



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA

Corso di Dottorato in SCIENZE E TECNOLOGIE PER
L'AMBIENTE E IL TERRITORIO (STAT)

Curriculum: Scienze del Mare
XXXIV ciclo

Distribuzione e concentrazione della contaminazione da microplastiche in specie ittiche destinate al consumo umano. (Mar Ligure 2018-2021)

Dottorando: *Alessandro Capone*
Tutore: *Prof. Mario Petrillo*

INDICE

Riassunto.....	Pag.4
<u>CAPITOLO 1: Introduzione.....</u>	Pag.7
1.1) Introduzione.....	Pag.7
1.2) Scopo del lavoro.....	Pag.8
1.3) La plastica.....	Pag.9
1.4) Il Marine litter.....	Pag.10
1.4.1) Le microplastiche.....	Pag.12
1.4.2) Meccanismi di trasporto e degradazione del marine litter.....	Pag.16
1.5) Effetti ambientali.....	Pag.18
1.5.1) Interazioni con specie animali marine.....	Pag.19
1.5.2) Trasporto di microinquinanti.....	Pag.21
1.6) Effetti socio-economici.....	Pag.23
1.7) Normative.....	Pag.24
1.8) Protocollo monitoraggio del marine litter.....	Pag.26
1.9) Stato dell'arte.....	Pag.29
1.10) Inquadramento areale.....	Pag.31
1.11) Descrizione dell'area di studio.....	Pag.33
1.12) Descrizione delle specie prese in esame	Pag.35
1.13) Progetto #PlasticLess e dispositivo SeaBin.....	Pag.53
1.13.1) Introduzione al progetto.....	Pag.53
1.13.2) Area di studio.....	Pag.55
1.13.3) Procedura di campionamento.....	Pag.56

<u>CAPITOLO 2: Materiali e metodi</u>	Pag.60
2.1) Raccolta dei campioni.....	Pag.60
2.2) Preparazione dei campioni e prima raccolta dati.....	Pag.61
2.3) Analisi dei contenuti stomacali dei campioni.....	Pag.64
2.4) Analisi delle microplastiche.....	Pag.66
2.5) Sorting, conteggio e classificazione.....	Pag.67
2.6) Sorgenti di errore e contaminazione.....	Pag.68
 <u>CAPITOLO 3: Risultati</u>	Pag.69
3.1) Risultati ricavati dal dispositivo SeaBin.....	Pag.69
3.2) Distribuzione di μ P nei contenuti stomacali.....	Pag.78
3.2.1) Risultati della presenza di μ P in <i>Trachurus mediterraneus</i>	Pag.78
3.2.2) Risultati della presenza di μ P in <i>Scomber colias</i>	Pag.84
3.2.3) Risultati della presenza di μ P in <i>Auxis rochei</i>	Pag.90
3.2.4) Risultati della presenza di μ P in <i>Sarpa salpa</i>	Pag.96
3.2.5) Risultati della presenza di μ P in <i>Sphyraena sphyraena</i>	Pag.100
3.2.6) Risultati della presenza di μ P in <i>Pagellus erythrinus</i>	Pag.104
3.2.7) Risultati della presenza di μ P in <i>Spicara maena</i>	Pag.109
3.2.8) Risultati della presenza di μ P in <i>Serranus cabrilla</i>	Pag.114
3.2.9) Risultati della presenza di μ P in <i>scorpaena scrofa</i>	Pag.120
3.2.10) Risultati della presenza di μ P in <i>Mugil cephalus</i>	Pag.124
3.2.11) Risultati analisi delle particelle rinvenute.....	Pag.130
 <u>CAPITOLO 4: Discussioni</u>	Pag.131
4.1) SeaBin in relazione all'andamento meteorologico	Pag.131
4.2) SeaBin in relazione della presenza di μ P in <i>Mugil cephalus</i>	Pag.140
4.3) Discussione risultati delle analisi della distribuzione di μ P.....	Pag.144

4.4) Discussione delle analisi delle μP rinvenute.....	Pag.154
---	---------

<u>CAPITOLO 5: Conclusioni</u>	Pag.155
---	---------

Considerazioni finali	Pag.159
------------------------------------	---------

BIBLIOGRAFIA	Pag.161
---------------------------	---------

Dati dei campioni analizzati	Pag.167
---	---------

Riassunto

Lo scopo di questo lavoro è stato quello di analizzare i rapporti esistenti tra le microplastiche e lo stock ittico di alcune delle più frequenti specie ittiche del Mar Ligure, al fine di valutare la presenza, la concentrazione e la distribuzione di fibre, frammenti ed eventuali microsfere, attraverso l'analisi dei contenuti stomacali degli individui prelevati durante il periodo di monitoraggio, tra novembre 2018 e novembre 2021.

Per questo studio sono stati presi in considerazione 588 esemplari, per un totale di 10 specie ittiche campionate in ambienti differenti, all'interno di un areale prospiciente un tratto di costa da Albisola a Cogoleto.

Parallelamente è stato svolto uno studio nell'ambito del Progetto #PlasticLess, in collaborazione con Lifegate che ha visto la gestione ed analisi dati di un dispositivo SeaBin collocato all'interno della Marina di Varazze.

L'analisi di quanto contenuto negli stomaci ha consentito di verificare l'allarmante presenza di elementi estranei (fibre soprattutto e frammenti,) in circa un quarto degli organismi campionati.

Dei 588 esemplari analizzati, ripartiti tra le varie specie considerate in questo studio, il 7% sarebbe interessato dall'ingestione di fibre mentre il 18 % dalla sola ingestione di frammenti.

Non è stato possibile osservare se tale fenomeno possa essere responsabile o meno della morte di individui, tuttavia, l'assenza di frammenti di grosse dimensioni nei contenuti stomacali, suggerirebbe una riduzione del numero e delle dimensioni dei frammenti, la quale potrebbe essere legata all'azione muscolare dello stomaco, in grado di ridurre le microplastiche ingerite in frazioni facilmente evacuabili.

Il riconoscimento della composizione chimica effettuata attraverso l'analisi degli spettri di assorbimento IR delle plastiche ingerite, ha permesso di individuare due principali tipi a bassa densità: polietilene (PE) e polipropilene (PP).

Le analisi di laboratorio hanno evidenziato come il polietilene (PE) sia il materiale plastico più diffuso, seguito dal polipropilene (PP). Entrambi questi materiali, in virtù della loro bassa densità, permanerebbero nello strato d'acqua più superficiale, restando più a lungo a disposizione di piccoli predatori pelagici.

Dal precedente studio condotto durante il progetto di tesi magistrale sugli individui di *Engraulis encrasicolus*, è stato confermato come i risultati ottenuti, correlati alle informazioni relative alla biologia della specie in questione, lascerebbero presumere che gli individui di questa specie predino volontariamente i frammenti, selezionando quelli trasparenti e bianchi, confondendoli probabilmente con le loro prede naturali.

Tale specie è da considerarsi una, se non la principale preda di *Trachurus mediterraneus*, *Scomber colias*, e *Auxis rochei*, i quali potrebbero essere interessati da questa forma di inquinamento a seguito dell'ingestione di piccoli clupeidi, tale comportamento giustificerebbe anche la prevalenza di queste due colorazioni di frammenti rispetto ad altre.

Solamente per quanto riguarderebbe la specie *Mugil cephalus* sarebbe ipotizzabile una predazione volontaria e diretta delle microplastiche flottanti sullo strato superficiale dell'acqua in ambiente portuale.

Le fibre tessili sono presenti in numero marcatamente maggiore rispetto ai frammenti di plastica, situazione che potrebbe essere generata probabilmente da una più intensa filtrazione passiva tramite le branchiospine piuttosto che secondo rapporti trofici di predazione. Al contrario dei frammenti, tra queste dominano i colori scuri, soprattutto il blu ed il nero, in quanto potenzialmente potrebbe

rappresentare la reale maggior presenza in ambiente marino di queste colorazioni.

Per quanto riguarda il dispositivo SeaBin, è stato osservato come durante i mesi autunnali l'accumulo di detriti sia causato per la maggior parte dal trasporto fluviale, accentuato dai frequenti piovvaschi, mentre durante il periodo primaverile ed estivo tale accumulo sarebbe imputabile ad altre forme di inquinamento diretto.

Il rinvenimento di microplastiche in alcuni campioni di *Mugil cephalus* prelevati in prossimità del dispositivo SeaBin, mostrerebbero la presenza nei contenuti stomacali di una forma di inquinamento analoga a quella rinvenuta all'interno del dispositivo, confermando come la presenza nell'area portuale di una tipologia di microplastica possa effettivamente esporre questa specie alla forma di inquinamento in questione.

A seguito dei risultati che hanno mostrato l'allarmante presenza di fibre e frammenti di origine plastica, il futuro approccio al problema dovrebbe consistere nella ricerca delle fonti di provenienza di questi materiali, al fine di programmare azioni preventive atte a limitare, se possibile, la produzione e dispersione di tali materiali.

I risultati di tale lavoro hanno mostrato che colori come il verde, il giallo e il rosso siano meno presenti nei contenuti stomacali delle specie analizzate. Sarebbe opportuno, soprattutto dal punto di vista ecologico, limitare per quanto possibile la produzione industriale delle plastiche, ed incentivarne la produzione verso l'impiego di colori meno individuabili dai pesci.

CAPITOLO 1: Introduzione

1.1) Introduzione

I rifiuti di materie plastiche costituiscono un attuale problema di interesse globale, soprattutto per quanto riguarda gli ecosistemi marini.

Tale problema interessa e coinvolge mari e oceani: praticamente a tutte le latitudini ed a tutte le profondità, a causa di correnti atmosferiche e marine, avviene il trasporto oltre che di acque e nutrienti anche di rifiuti di ogni genere intorno al globo.

Oggi, consapevoli della situazione, l'attenzione della ricerca scientifica in questo ambito, è rivolta alla distribuzione ed alla quantificazione dell'entità dell'inquinamento da plastiche e microplastiche.

In particolare la presenza di microplastiche negli ecosistemi marini ha risvegliato l'interesse scientifico dell'ultimo decennio (Avio *et al.* 2015).

Tra i principali motivi che muovono l'interesse nei confronti di questo fenomeno, vi sono indubbiamente le implicazioni interne agli ecosistemi che sorgono principalmente nei confronti della fauna marina e degli esseri viventi ad essa correlata.

La minaccia diretta che grava su un ecosistema dal quale l'uomo trae gran parte delle sue risorse alimentari, preoccupa fortemente l'opinione pubblica, che di recente ha iniziato ad interessarsi a questa tematica, stimolando la ricerca scientifica e avviando azioni politiche atte ad affrontare questo problema ambientale.

1.2) Scopo del lavoro

Negli ultimi anni, nell'ambito della conservazione e protezione degli ecosistemi marini, l'interesse si è spostato verso l'inquinamento da materiale plastico ed in particolare da Microplastiche, prodotte come tali o provenienti dalla degradazione di oggetti di maggiore dimensione.

Queste costituiscono al giorno d'oggi una delle principali minacce per la salute degli ecosistemi marini e pertanto, gran parte degli sforzi sono concentrati proprio nello studio delle modalità di formazione e dispersione delle microplastiche e nella attuazione di provvedimenti e tecnologie atti a limitarne l'impatto.

Sul Mar Mediterraneo si affacciano numerosi paesi, tutti densamente popolati e con attività commerciali ed industriali fortemente sviluppate, produttrici di enormi quantità di rifiuti.

L'impatto antropico di questi paesi sulla biosfera è ovviamente elevato, specialmente a livello delle linee di costa e di conseguenza sul mare.

I dati raccolti e le numerose pubblicazioni dimostrano infatti un'elevata presenza sia di plastiche che di microplastiche, in tutto il bacino Mediterraneo.

Questo progetto di tesi si pone come obiettivo quello di analizzare i rapporti esistenti tra le microplastiche e alcune delle più frequenti specie ittiche del Mar Ligure, al fine di valutare la presenza, la concentrazione e la distribuzione di fibre, frammenti e microsfele, attraverso l'analisi dei contenuti stomacali

1.3) La plastica

Dalla sua invenzione nei primi anni del secolo scorso, la plastica ha subito successivamente molteplici perfezionamenti che l'hanno portata, per via di caratteristiche legate alla facilità dei suoi processi di lavorazione, a diventare in pochi anni un materiale indispensabile e largamente impiegato nei più svariati settori. La sua produzione ha visto un notevole crescendo dagli anni 50 in poi, aumentando di pari passo con il forte incremento demografico che ne ha ovviamente innalzato la domanda; è stato stimato che solo nell'anno 2014 la produzione abbia raggiunto i 311 milioni di tonnellate, segnando un trend di crescita annuo del 4% (Plastics Europe, 2015).

Oltre ai grandi benefici che la plastica ha portato alla società, essa ha determinato però un sensibile incremento del volume dei rifiuti prodotti, che, se non smaltiti correttamente, creano enormi problemi ambientali.

Il termine plastica viene impiegato per definire la classe più ampia di polimeri artificiali. La maggior parte delle plastiche viene ricavata dal petrolio: circa il 10% del greggio estratto diventa plastica.

Le plastiche di uso più comune, riassunte nella tabella 1, sono classificate in base alla loro densità. Dalla densità dipende la possibilità di galleggiare o meno, fatto che permette di distinguere tra plastica di fondo e plastica flottante nella colonna d'acqua.

			DENSITA' g/cm ³
		Polietilentereftalato	1,38
	 	Polietilene 2 = bassa densità 4 = alta densità	0,91-0,97
		Polivinilcloruro	1,40-1,45
		Polipropilene	0,86-0,96
		Polistirolo	0,96-1,04

Tab. 1: Classificazione delle plastiche e relativa densità.

Un'ulteriore distinzione viene effettuata in base alle dimensioni della plastica ed alla sua appartenenza a tre differenti classi dimensionali.

In base a questo vengono divise in:

- Macroplastiche: >5 mm
- Microplastiche: da 333 µm a 5 mm
- Nanoplastiche: < 333 µm

1.4) Il Marine litter

Negli ultimi decenni la plastica è stata prodotta ed utilizzata dall'uomo con sempre più frequenza, tanto che ad oggi, questo materiale è diventato il maggior detrito antropogenico inquinante presente negli oceani (Law *et al.*, 2010).

La plastica rappresenta il 60 -80% di tutti i rifiuti presenti nei mari europei.

I rifiuti marini normalmente più abbondanti sono costituiti infatti principalmente da plastica e gomma, seguono poi metallo, legno, vetro e materiali tessili.

Con il termine di “marine litter” si definisce qualsiasi materiale solido persistente (durevole) prodotto dall’uomo e abbandonato nell’ambiente marino (UNEP). Si tratta di rifiuti risultanti da attività umane che si svolgono sia a terra che in mare, il cui ultimo destino è quello di accumularsi nell’ambiente marino (Alcaro, 2013).

Una classificazione dei detriti marini secondaria alla determinazione del materiale è invece basata sulla tipologia di attività che ha generato i rifiuti stessi.

Tale classificazione consente di attribuire una sorgente all’inquinamento, cosa indispensabile per attuare future misure precauzionali atte ad arginare il fenomeno dell’inquinamento dei mari.

Tra le attività da cui questi rifiuti originano vi sono quelle principalmente terrestri, come lo scorretto smaltimento dei rifiuti urbani e lo smaltimento illecito di rifiuti industriali, i quali da soli contribuirebbero per l’80% all, inquinamento dei mari. Solamente il 20% è attribuibile ad attività marittime o strettamente legate all’utilizzo della costa, come l’abbandono illegale di materiale durante le attività ricreative sulla costa, il trasporto marittimo e la pesca (Fig.1) (Jambeck *et al.*, 2015). La pesca professionale è in buona parte responsabile del fenomeno: attrezzature come reti, nasse, lenze, piombi, galleggianti, funi e cassette in polistirolo possono essere accidentalmente smarrite o talvolta volontariamente abbandonate.



Fig 1: Ghost net, materiale da pesca abbandonato

Al giorno d'oggi, la quantità di plastica che viene regolarmente riciclata equivale a meno del 5%; il 40 per cento finisce in discarica mentre un terzo raggiunge gli oceani. E' stato stimato che circa 8 milioni di tonnellate di plastica ogni anno raggiungono i mari, diventando così marine litter: ne risulta che nei mari e negli oceani del globo, galleggiano attualmente oltre 270 mila tonnellate di plastica, equivalenti a circa 5.250 mila miliardi di frammenti di plastica.

I maggior quantitativi di plastiche che costituiscono il marine litter sono riversati in mare da Cina e da nazioni meno industrializzate come Filippine, Thailandia, Indonesia e Vietnam, che a causa dell'assenza di politiche restrittive sulla raccolta e smaltimento dei rifiuti contribuiscono da sole a fornire circa il 60% della plastica che finisce negli oceani (McKinsey, 2015).

Il marine litter non è limitato solamente alle acque circostanti i maggiori paesi produttori di rifiuti: per via di correnti oceaniche ed atmosferiche esso è presente in tutti i mari del mondo e in tutti gli oceani, persino in aree remote, lontano dalle fonti e dal contatto umano (Ryan, 2015).

1.4.1) Le microplastiche

In seguito alla problematica dell'inquinamento da plastica si è iniziato ad affrontare più recentemente anche il tema delle microplastiche.

La presenza di microplastiche ed il loro potenziale impatto sulla fauna selvatica e sulla salute umana ha fatto rivolgere negli ultimi anni l'attenzione pubblica e scientifica sull'argomento (Betts, 2008).

Anche se non esplicitamente di Microplastiche, i primi a parlare di piccoli frammenti plastici furono Carpenter and Smith, che nel 1972 segnalavano la presenza di "pellets e frammenti di plastica" per una concentrazione media di

circa 3500 particelle/km² in campioni superficiali nel Mar dei Sargassi occidentale (Carpenter *et al.*, 1972).

Le microplastiche sono frammenti di dimensioni comprese tra 5 mm e 330 µm provenienti dalla degradazione chimica, fisica, meccanica o biologica in opera durante le fasi di trasporto verso il mare di rifiuti plastici di dimensioni maggiori, da materiali abrasivi e cosmetici e da prodotti costituiti da materiale tessile (Fig. 2).

Le principali microplastiche presenti negli ecosistemi marini sono costituite da:

- Frammenti
- Microsfere
- Fibre tessili

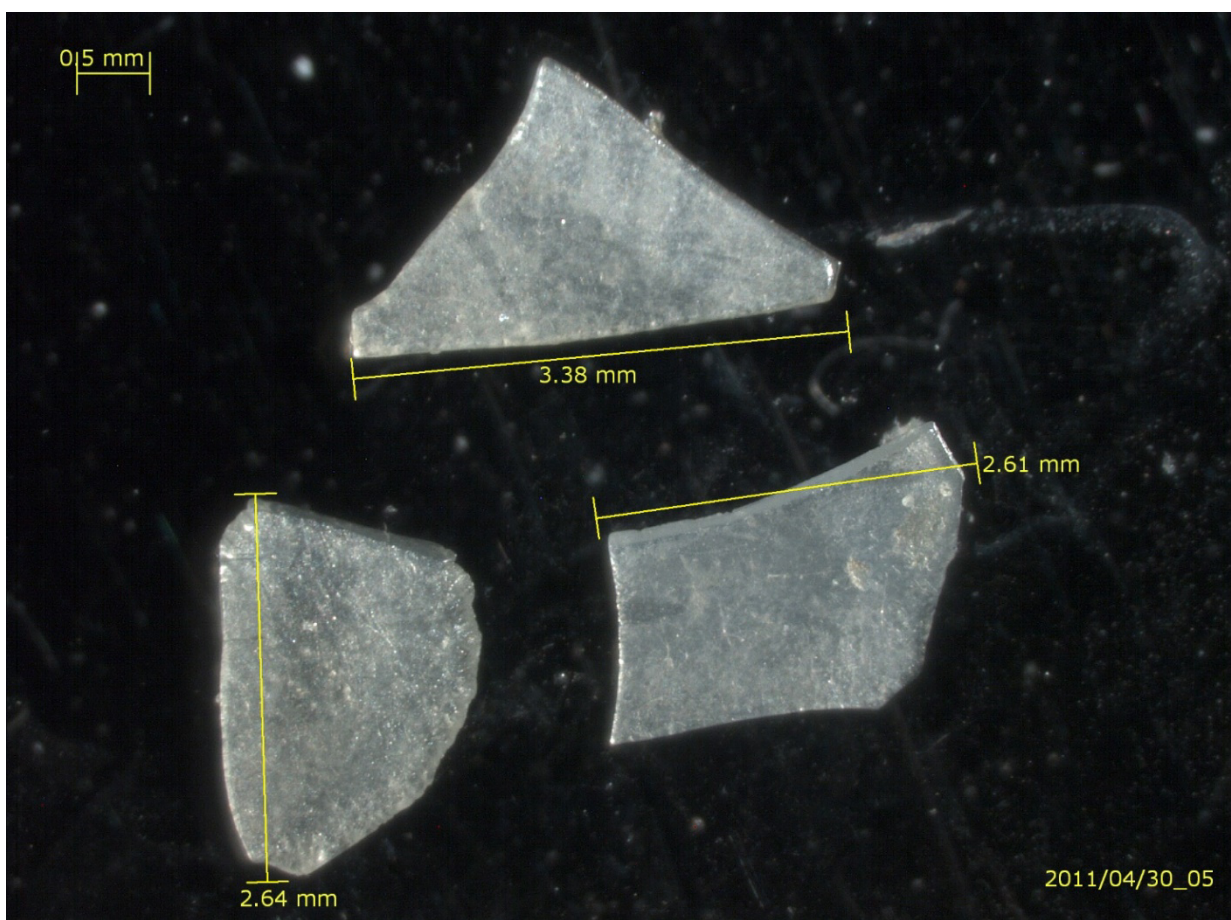


Fig.2: Microplastica – Frammento

Questi processi sono alla base dello smaltimento di un materiale di rifiuto, che, nel caso della plastica, necessita dai due ai trecento anni per degradarsi totalmente.

Le microsfele sono plastiche di forma sferica e di dimensioni medie di 0,5 mm: vengono impiegate principalmente in prodotti per l'igiene personale, come creme scrub, saponi, o in paste lavamani per via delle loro proprietà abrasive (Fig.3).

A causa delle loro minime dimensioni, tali particelle non vengono trattenute dai sistemi di depurazione delle acque, finendo così direttamente in corsi d'acqua e poi in mare.

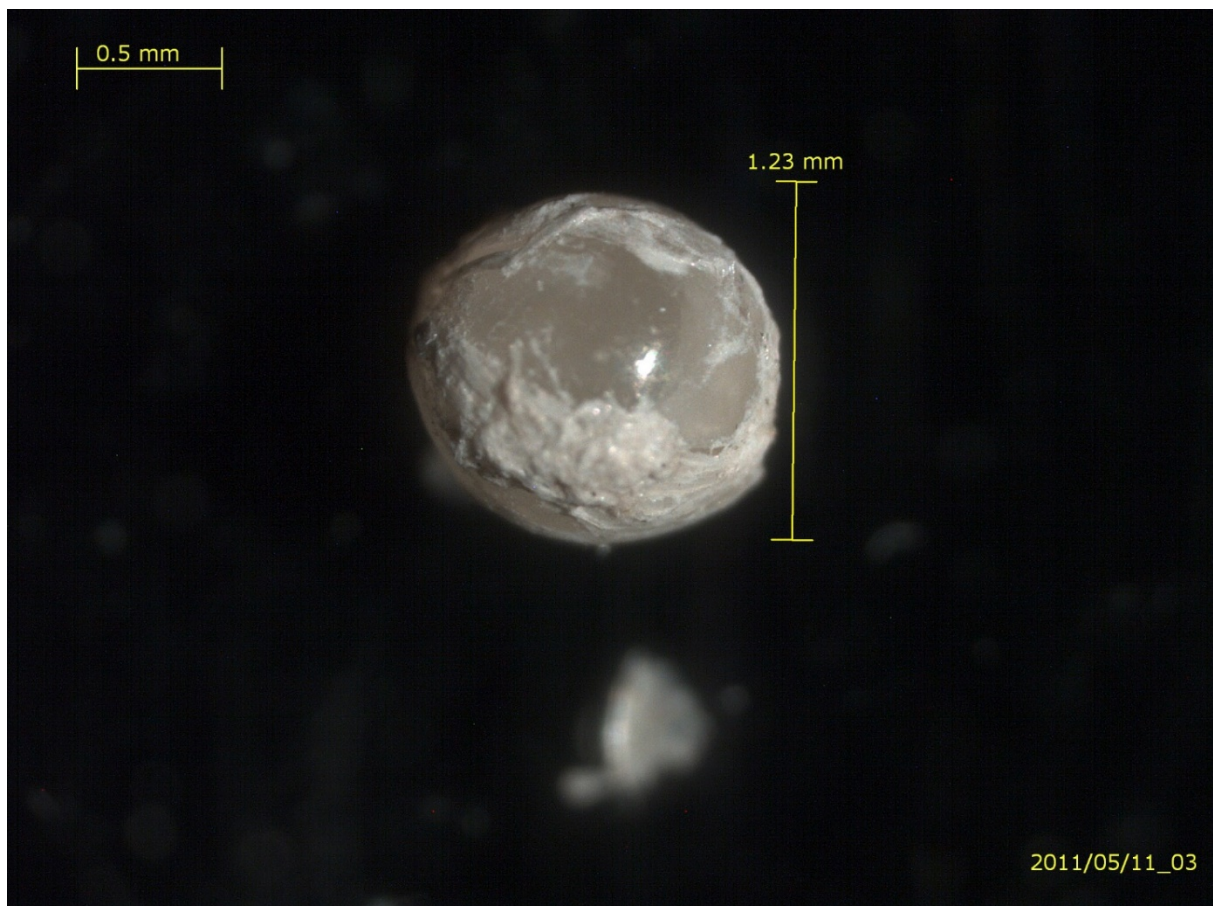


Fig.3: Microplastica – Microsfera

L'ulteriore pericolosità delle microsfere è data dal fatto che possono trattenere anche a lungo sulla loro superficie molecole appartenenti ai prodotti detergenti e cosmetici nei quali erano originariamente impiegate.

Diverse aziende si stanno già impegnando ad eliminare le microsfere dai propri prodotti, in quanto messe al bando già da numerose nazioni come per esempio gli Stati Uniti d'America.

Le fibre tessili (Fig. 4), costituite in prevalenza da Nylon e Poliestere, provengono dal lavaggio degli indumenti in ambiente domestico.

I filtri delle lavatrici non riescono a trattenere queste minute fibre che così possono finire in mare in enormi quantità.

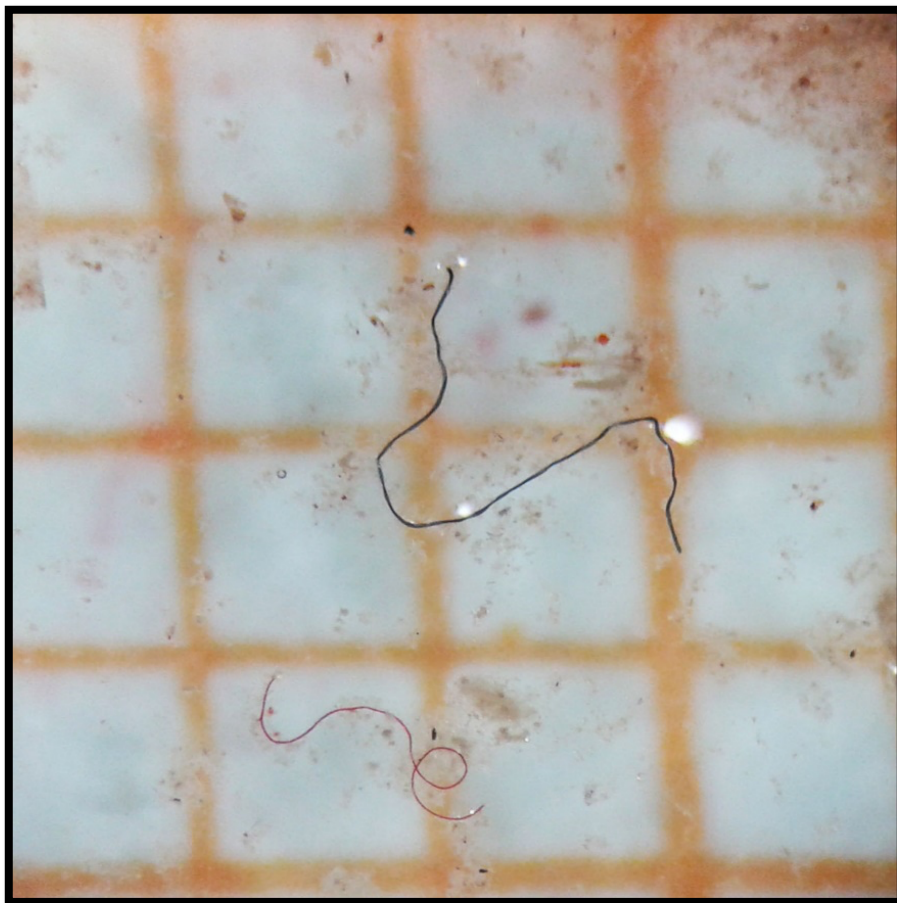


Fig.4: Microplastica - Fibre tessili

Le microplastiche possono essere considerate come una “fase” in cui un rifiuto plastico si trova, scomposto e disperso in più parti di minori dimensioni, e pertanto più disponibile ad entrare in contatto con le catene trofiche di animali più piccoli, a loro volta preda di organismi superiori e così via.

Una classificazione delle microplastiche viene effettuata sulla base della loro forma, e le differenzia in microplastiche primarie e microplastiche secondarie.

Le microplastiche primarie, di cui fanno parte i microbeads, sono tutte quelle plastiche che vengono realizzate appositamente di dimensioni ridotte per assolvere al meglio la loro funzione. Possono presentarsi in forme appiattite, cilindriche, sferoidali o discoidali.

Le microplastiche secondarie invece derivano dalla disgregazione di rifiuti plastici di maggiori dimensioni, responsabili della produzione sia di frammenti che di fibre tessili.

1.4.2) Meccanismi di trasporto e degradazione del marine litter

I rifiuti prodotti dall'uomo anche se smaltiti correttamente possono trasformarsi in rifiuto marino.

I materiali plastici, noti principalmente per la loro leggerezza, possono essere trasportati a lungo da vento ed acque di ruscellamento, raggiungendo spesso come ultima destinazione il mare; la galleggiabilità di gran parte di loro ne determina un ulteriore spostamento sulla superficie marina e spesso un accumulo anche a distanze notevoli rispetto al punto in cui sono stati prodotti (Fig. 5).

Le caratteristiche di resistenza della plastica, ne rendono particolarmente lunga l'esistenza e quindi il tempo necessario al suo totale smaltimento, permettendo

pertanto una maggiore permanenza e disponibilità del materiale in ambiente marino.

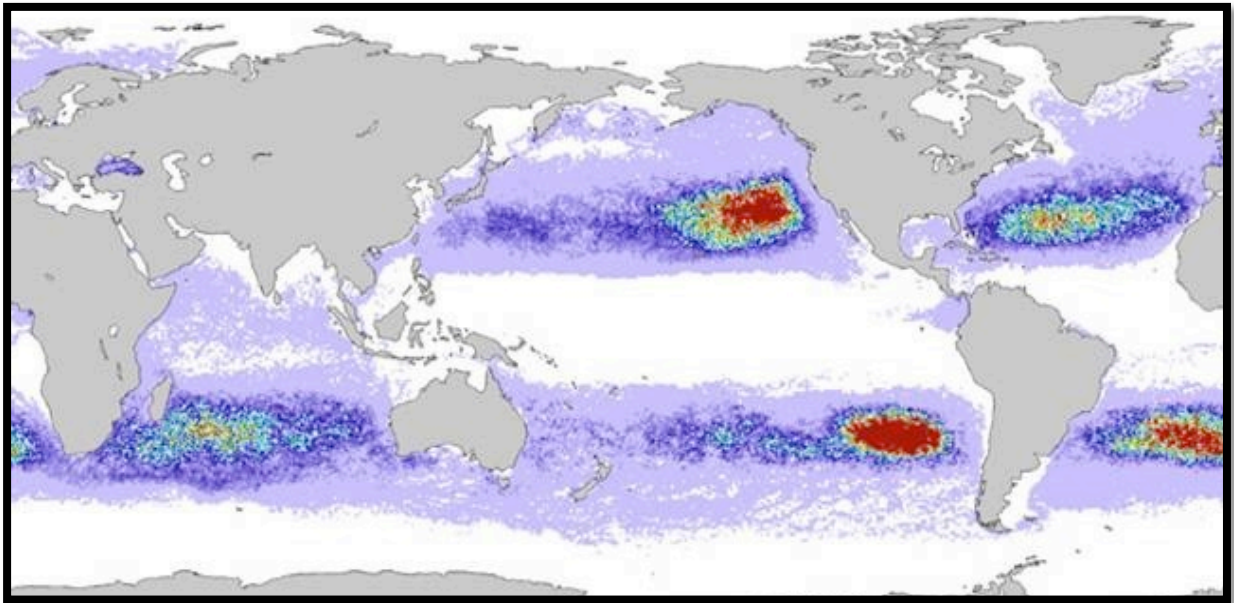


Fig.5: Principali aree di accumulo del Marine litter

I rifiuti più pesanti affondano ed il loro processo di smaltimento avviene in seguito all'usura del materiale con sabbie e detriti trasportati da correnti sottomarine. Anche le plastiche flottanti appesantendosi possono finire sul fondale, a causa solitamente dell'infiltrazione di acqua tra gli spazi interstiziali del materiale o in seguito allo sviluppo sulla superficie di organismi incrostanti come alghe, spugne, o piccoli crostacei, tale fenomeno è noto con il nome di fouling.

Durante il processo di trasporto il marine litter va incontro a meccanismi di degradazione di tipo chimico, fisico, meccanico o biologico che scompongono progressivamente il detrito in parti di dimensioni minori rispetto quelle iniziali.

Rispetto ai materiali naturali, i materiali sintetici come plastica, gomma e tessuti, sebbene ne siano interessati, sono molto più resistenti rispetto ai materiali naturali alla biodegradazione, solitamente provocata da microorganismi come funghi e batteri.

La loro decomposizione richiede perciò un periodo di tempo molto lungo ed avviene principalmente ad opera di urti fisico-meccanici, talvolta agevolati da processi chimici, biologici o meteorologici.

Il tasso di degradazione risulta infatti fortemente accelerato da alti valori di temperatura e di umidità.

Altro fattore che può interferire sui processi di degradazione delle plastiche è la fotodegradazione, ovvero la degradazione del materiale ad opera dell'energia luminosa del sole.

Le microplastiche in ambiente marino si distribuiscono in base alla loro densità, occupandone sia la superficie, sia la colonna d'acqua e sia il fondale.

A causa delle loro ridotte dimensioni sono ovviamente più soggette ai meccanismi di trasporto ad opera delle correnti superficiali, sottomarine ed abissali, e pertanto la loro dispersione risulta maggiore rispetto al marine litter di dimensioni superiori.

1.5) Effetti ambientali

A partire dal 1960 è stato riscontrato un aumento delle pubblicazioni scientifiche inerenti il tema dell'inquinamento degli ecosistemi marini ad opera di materiale plastico galleggiante. Una buona parte di questi lavori si è occupata principalmente delle interazioni tra la presenza di plastiche e alcune specie animali marine.

E' ormai più che confermato che le microplastiche costituiscono un problema globale per gli ecosistemi acquatici marini (Eriksen *et al.*, 2013).

1.5.1) Interazioni con specie animali marine

Gli effetti più evidenti e quindi più noti sono quelli procurati dalle macroplastiche su organismi di dimensioni superiori, noti sono infatti gli studi effettuati su specie come con l'albatro di Laysan (*Phoebastria immutabilis* Rothschild, 1893) a nord-ovest delle Hawaii (Kenyon e Kridler, 1969), o quelli riguardanti foche della specie *Callorhinus ursinus* (Linnaeus, 1758) impigliate in ghost nets nelle isole Pribilof (Fowler, 1987).

I rifiuti solidi più grossolani, per via di particolarità nella forma o nella colorazione, attirano predatori come rettili marini, uccelli marini, pesci o mammiferi, che scambiandoli per prede facili se ne nutrono.

La maggior parte di questi animali, come nel caso dei cetacei odontoceti, essendo anosmatici, non sono in grado di percepire i sapori, pertanto risulta molto difficile per loro poter distinguere materiali plastici, come buste della spesa, dalle loro prede naturali come i molluschi cefalopodi (Fig.6).

La morte sopraggiunge per soffocamento o per inedia, quest'ultima può avvenire perché l'animale con lo stomaco pieno di rifiuti solidi riceve un senso di sazietà



Fig 6: contenuto stomacale di *Ziphius cavirostris* (G. Cuvier, 1823)

che non lo spinge a cercare cibo e a nutrirsi (Ryan, 1988).

Una ulteriore minaccia costituita dal marine litter nei confronti della fauna marina consiste nell'impigliamento: attrezzi da pesca, reti o nasse perse o volutamente abbandonate note col nome di "ghost nets", possono continuare a svolgere anche in

seguito la loro funzione di pesca, catturando pesci ed auto innescandosi per attirarne degli altri, avviando così una vera e propria reazione a catena che coinvolgerà sempre più organismi.

L'ingestione di microplastiche può invece interessare sia piccoli predatori attivi, che le selezionano specificatamente confondendole per le loro prede naturali, sia piccoli o grandi animali filtratori che se ne nutrono accidentalmente nuotando nella colonna d'acqua alla ricerca di nutrimento. Partendo dai livelli trofici più bassi, uno studio di Matthew Cole *et al.* del 2013, atto a determinare l'impatto delle microplastiche sullo zooplancton, ha dimostrato utilizzando marcatori fluorescenti, come il problema coinvolga questi organismi, i quali selezionano appositamente le particelle plastiche più fini, (in maggior parte microsfele) per nutrirsi (Fig.7).

Accumuli di microplastiche conseguenti a forme di predazione attiva sono stati osservati anche in fasi larvali di numerose specie ittiche (Lönnstedt *et al.*, 2016).

Lo zooplancton di cui anche gli stadi larvali delle specie marine fanno parte, è alla base della catena alimentare. I meccanismi di predazione che si innescano secondo rapporti trofici, contribuiscono al trasferimento delle microplastiche e dei contaminanti che su di esse possono essere presenti, talvolta fino ad interessare anche gli esseri umani (Bocio *et al.*, 2007).

Anche animali di dimensioni superiori sono soggetti all'ingestione di microplastiche, in particolare cetacei misticeti, che durante le attività di foraggiamento filtrano grossi volumi d'acqua nei quali sono spesso presenti anche detriti plastici.

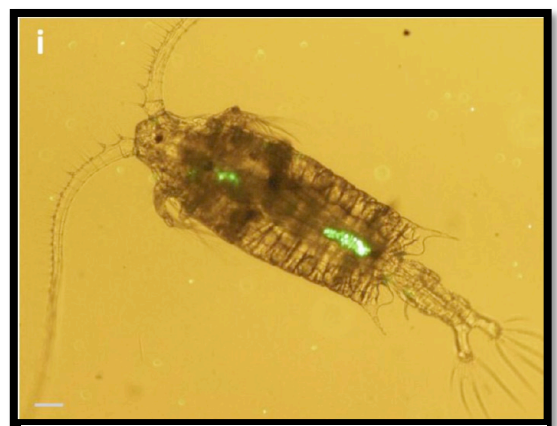


Fig7: Ingestione di microsfele in copepode *Centropages typicus* (Krøyer, 1849.)

I cetacei mysticeti per via delle dimensioni del loro apparato digerente sono più facilitati nell'eliminazione fisica delle particelle, essendo esposti ad una ingestione di maggiori quantitativi, risultano però essere tra i soggetti più interessati negativamente a questa forma di inquinamento.

Il loro abbondante tessuto grasso permette inoltre ai numerosi composti inquinanti legati alle microplastiche di permanere ed accumularsi nell'organismo.

1.5.2) Trasporto di microinquinanti

L'esposizione a plastiche e microplastiche e la loro ingestione da parte degli organismi marini costituisce un ruolo significativo nell'accumulo di sostanze contaminanti (Hammer *et al.*, 2012), e questo fatto non fa che accrescere l'interesse verso lo studio del loro potenziale impatto ecotossicologico.

Le microplastiche, inserendosi in catena alimentare tramite rapporti trofici di predazione che interessano gli organismi marini dal più basso al più alto livello della catena trofica, possono rilasciare le sostanze inquinanti di cui sono composte o che trasportano sulla loro superficie una volta all'interno degli organismi.

Infatti, quando la contaminazione interessa per primi gli organismi planctonici, che costituiscono il fondamento di ogni rete alimentare marina, questa si propaga rapidamente a tutti i sistemi superiori, diffondendosi dai produttori primari sino ai secondari, per poi arrivare a raggiungere i grandi predatori.

Questi fenomeni di trasferimento di una sostanza inquinante, noti col nome di meccanismi di bioaccumulo e biomagnificazione (Fig.8), possono condurre ad un'amplificazione anche in maniera esponenziale delle concentrazioni di sostanze organiche inquinanti negli organismi che si trovano ai vertici della catena

alimentare, fino talvolta ad interessare anche gli esseri umani (Connolly and Pedersen, 1988).

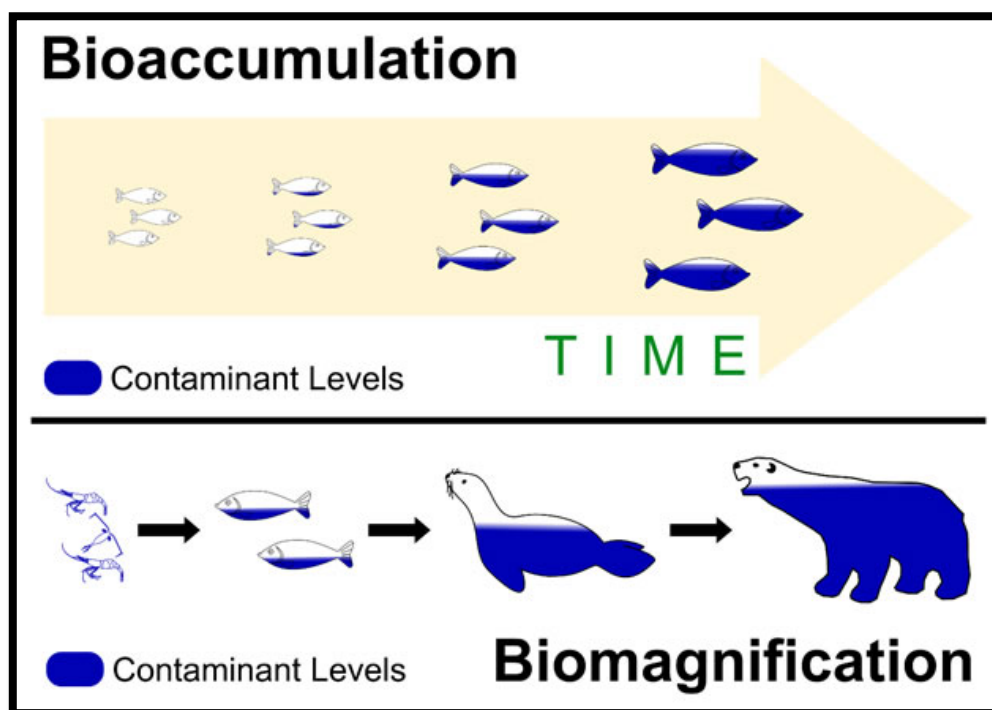


Fig.8: Meccanismi di Bioaccumulo e Biomagnificazione

Le sostanze inquinanti che più frequentemente interessano l'accumulo in organismi marini sono gli inquinanti organici persistenti, costituiti principalmente da ftalati, PCBs, IPA, organoclorine e metalli pesanti, tutti poco solubili in acqua e quindi in grado di aderire preferenzialmente sulla superficie delle micro particelle. (Ashton *et al.*, 2010; Seltenrich, 2015).

Gli ftalati sono una famiglia di sostanze chimiche organiche sintetizzate a partire da metanolo o etanolo; utilizzate per diverse applicazioni industriali ed aggiunte nei processi di realizzazione di alcune plastiche per migliorarne modellabilità e flessibilità, esse costituiscono le sostanze più tossiche che le microplastiche sono in grado di trasportare, tanto che la Direttiva 2005/84/CE ne impone nei prodotti plastici di uso comune una concentrazione inferiore allo 0,1%.

Le proprietà di bioaccumulo e biomagnificazione sono state ben documentate in uno studio eco tossicologico effettuato nel santuario Pelagos su biopsie prelevate da 19 diversi esemplari di balenottera comune (*Balaenoptera physalus* Linnaeus, 1758.) che hanno quantitativi di ftalati stimati in media a circa 45 ng/g di grasso.

Anche le concentrazioni dei contaminanti organo clorurati confermano l'elevata esposizione dei cetacei ai composti liposolubili assunti tramite la dieta.

Le concentrazioni più elevate sia di PCB totali che di DDT sono state riscontrate nei tessuti grassi di *Stenella ceruleoalba* Meyen, 1833 (Fossi, 2013).

La maggior parte delle sostanze chimiche individuate sulla superficie delle microplastiche rinvenute come marine litter sono classificate come interferenti del sistema endocrino ed inibitori dei meccanismi riproduttivi, in grado perciò di influenzare negativamente organismi marini e minare la successiva vitalità della popolazione (Teuten *et al.*, 2009).

1.6) Effetti socio-economici

La perdita di biodiversità costituisce già di per sé la perdita di una risorsa di inestimabile valore, seppur non sempre monetizzabile.

Vi sono tuttavia ulteriori effetti negativi diretti e indiretti che un eccessivo incremento dei rifiuti plastici lungo i litorali e negli ecosistemi marini può portare all'uomo.

Gli effetti diretti possono essere costituiti dai danni che il marine litter può provocare alla salute e sicurezza delle persone, come ferite causate da oggetti taglienti, trasmissione di malattie da parte di rifiuti contaminati, o imprigionamento di subacquei e bagnanti in attrezzature da pesca abbandonate.

Gli effetti indiretti sono costituiti da una riduzione degli introiti per le località che basano la loro economia sul turismo stagionale, a seguito della decrescente attrattività dei luoghi, dovuto alla presenza di rifiuti solidi lungo i litorali e sulla superficie del mare (Fig.9).

La presenza di rifiuti plastici, oltre a presentare un pericolo per le attività marine, causa problemi estetici intaccando fortemente il settore del turismo (Murray, 2009).

Le attività di pulizia dei mari e dei litorali possono costituire inoltre un esborso economico non sempre sostenibile dai piccoli comuni costieri.



Fig.9: Rifiuti plastici sul litorale

1.7) Normative

Allo scopo di monitorare distribuzione e quantità del marine litter vengono condotti vari programmi di monitoraggio a livello mondiale, ma i dati vengono acquisiti con metodologie diverse, per cui risultano difficilmente coordinabili tra loro; inoltre la raccolta dati non sempre viene condivisa, portando un ulteriore intralcio nell'acquisizione di una visione d'insieme.

I risultati sono fortemente influenzati dalle variazioni del sito di campionamento del periodo in cui questo è stato effettuato, dal metodo adoperato, e dal tipo di compartimento ambientale esaminato (spiaggia, colonna d'acqua, superficie fondale).

Per ovviare a questa problematica e raccogliere informazioni in grado di fornire un quadro chiaro della situazione è indispensabile fare affidamento su una legislazione chiara in materia ed adoperare un protocollo comune.

Il primo passo per ambire ad un miglioramento della situazione del fenomeno del marine litter è l'applicazione delle normative a riguardo.

La legislazione nazionale in materia di inquinamento fa riferimento a Direttive Europee riportanti le disposizioni generali a cui attenersi.

Le principali Direttive da tenere in considerazione sono:

- Packaging and Packaging Waste Directive (94/62/EC). Impartisce disposizioni riguardanti la gestione della produzione degli imballaggi.
- Landfill Directive (99/31/EC). Regola la gestione e le caratteristiche delle discariche di rifiuti solidi sulla terraferma.
- Port Reception Facilities Directive (2000/59/EC). Impone la predisposizione, all'interno delle aree portuali, di specifiche zone dedicate alla raccolta e allo smaltimento sia dei rifiuti prodotti a bordo delle navi che di quelli recuperati accidentalmente durante le attività di pesca.
- Waste Framework Directive (2008/98/EC). Direttiva che impone, ai paesi in cui tale regolamento viene recepito, di disporre di una migliore gestione del rifiuto solido prodotto tramite l'incentivo di operazioni di riciclo, riuso, smaltimento, recupero e riduzione nella produzione.

- Marine Strategy Framework Directive (MSFD) (2008/56/EC). Direttiva per la gestione dei mari europei, Recepita in Italia con il D.lgs.n.190 del 2010.
Essa prende in considerazione mediante un approccio ecosistemico tutte le problematiche legate alla qualità del mare.
Impone agli stati europei di elaborare una strategia marina in grado di valutare continuamente lo stato ambientale, al fine di raggiungere entro il 2020 un livello definito di “buono ambientale” tale da ridurre sensibilmente gli effetti negativi sull’ambiente marino.
Per monitorare tale progresso la strategia marina individua una serie di indicatori qualitativi per il monitoraggio dei rifiuti marini: il marine litter è uno di questi.

La Marine strategy prevede il monitoraggio di:

- Rifiuti spiaggiati
- Rifiuti sul fondo
- Rifiuti in superficie
- Rifiuti nella colonna d’acqua

1.8) Protocollo monitoraggio del marine litter

Il monitoraggio dei rifiuti spiaggiati viene realizzato seguendo le linee guida dettate dal protocollo di monitoraggio ARPA della Regione Toscana.

L’applicazione della metodologia permette di stimare per ogni zona l’abbondanza di detrito plastico espressa in “items” o numero di oggetti, per unità di superficie di spiaggia.

I siti individuati per il monitoraggio dovrebbero essere rappresentativi dell'abbondanza e della composizione dei rifiuti e selezionati in maniera casuale.

Il campionamento viene eseguito mediante il metodo dei transetti, percorrendo la spiaggia in modo sistematico, ortogonalmente alla linea di costa dalla battigia fino al sistema dunale o alla vegetazione o ai manufatti.

Il punto iniziale e finale di ogni unità di campionamento viene registrato tramite coordinate GPS.

In ciascuna spiaggia deve essere individuata almeno una unità di campionamento di lunghezza pari a 100m; se vengono valutate più unità di campionamento su di una medesima spiaggia che non abbia soluzioni di continuità, la distanza minima di separazione tra le unità deve essere almeno di 50 m.

Durante questo procedimento viene effettuato anche il riconoscimento e la classificazione dei rifiuti spiaggiati utilizzando una specifica scheda di rilevamento, sulla quale è stato riportato il numero totale di oggetti appartenenti a ciascuna categoria di rifiuto (codice ID OSPAR). Le linee guida OSPAR prevedono 115 diverse categorie di classificazione dei rifiuti spiaggiati, a loro volta raggruppate in 9 macrocategorie (Carta, Ceramica, Gomma, Legno, Metallo, Plastica, Sanitari, Tessuti, Vetro).

Nell'ambito dell'attuazione della Strategia Marina (D.Lgs 190/2010) per il censimento dei rifiuti spiaggiati, i protocolli ministeriali di riferimento consigliano la realizzazione dei monitoraggi con frequenza stagionale (4 volte l'anno), o almeno biennale (2 campagne l'anno, una primaverile e una autunnale).

(Protocollo per l'esecuzione di attività di monitoraggio dei rifiuti marini ARPAT – Progetto SMILE)

Per quanto riguarda il monitoraggio dei rifiuti presenti su fondo marino, questo si distingue in monitoraggio di acque poco profonde e monitoraggio di acque profonde.

Il monitoraggio della densità dei rifiuti marini nelle aree costiere poco profonde prevede come metodo impiegato quello del transetto lineare, effettuato durante le ispezioni subacquee visive tramite immersioni o snorkeling.

I transetti hanno un'estensione di 100 metri di lunghezza e si sviluppano ortogonalmente dalla battigia verso il largo, seguendo una cima metrata stesa sul fondo ad una profondità compresa tra 0 metri ed un massimo di 20 metri, lungo la quale il subacqueo dovrà compiere osservazioni per un'ampiezza di 8 metri.

Per il monitoraggio dei rifiuti sul fondo marino lo strumento di campionamento è una rete a strascico, in grado di operare in tutte le aree e a tutte le profondità, tra 10 e 800 m.

I punti di campionamento nell'area di indagine seguono uno schema di campionamento stratificato in base alla profondità e il numero di cale in ogni strato è proporzionale all'area di ognuno di essi.

Tale metodo permette di quantificare una stima delle abbondanze in kg/km² o in num/km².

Il protocollo di monitoraggio del marine litter prevede il campionamento sia dello strato superficiale che della colonna d'acqua.

Per il campionamento dello strato superficiale viene utilizzata una rete tipo "manta", dotata di maglia di circa 330 µm, in grado di campionare grandi volumi d'acqua e trattenere il materiale d'interesse.

La rete viene calata dall'imbarcazione ed assicurata tramite una cima ad una distanza di 50-70 m. Viene trascinata in galleggiamento ad una velocità compresa tra 1 e 2 nodi lungo transetti ortogonali alla costa di lunghezza minima di 20 Km, fuori dalla scia dell'imbarcazione ed in senso opposto alla corrente, per evitare un'alterazione del valore reale di abbondanza delle microplastiche.

Il campionamento lungo la colonna d'acqua viene eseguito utilizzando un retino conico standard da plancton WP-2 oppure Bongo con vuoto di maglia 330-500µm, munita di flussometro, di un peso e di un bicchiere raccoglitore finale.

La rete viene calata lentamente da un'imbarcazione ferma fino alla massima profondità (evitando il contatto con il fondo) e subito salpata obliquamente ad una velocità inferiore ai 2 nodi, ripetendo l'operazione almeno tre volte per sito.

1.9) Stato dell'arte

Il Mar Mediterraneo, per via della sua forma semichiusa, costituisce un bacino considerato ad elevato rischio di inquinamento, in particolare da plastica.

Ad aggravare ciò vi è il fatto che molte tra le più densamente popolate città degli stati Mediterranei si affacciano proprio su questo mare; le sue rive ospitano infatti il 7% della popolazione mondiale e la popolazione presente negli stati bagnati dalle sue acque ammonta a circa 450 milioni di persone.

Come ovvia conseguenza di questo sovrappopolamento vi è un elevato impatto antropico che comprende diverse forme di inquinamento tra cui quella relativa all'immissione in ecosistema marino di grossi quantitativi di rifiuti plastici.

Rappresenta inoltre una delle vie marittime più trafficate al mondo, nel Mar Mediterraneo passa infatti circa il 19% del traffico marittimo mondiale.

Sebbene già a partire dal 1980 si intraveda una crescita delle pubblicazioni scientifiche sull'inquinamento da marine litter, nel Mediterraneo le conoscenze riguardo l'entità e distribuzione del fenomeno rimangono ancora piuttosto scarse.

I risultati hanno ormai accertato un'elevata presenza di rifiuti plastici, i quali risultano la tipologia di rifiuto più abbondante tra quelli di origine antropica concentrata prevalentemente nel settore nord-occidentale del bacino.

Nell'intero bacino Mediterraneo, la quantità dei soli rifiuti plastici flottanti è stimata intorno a 23.150 tonnellate (Eriksen *et al.*, 2014).

I risultati ottenuti da una campagna ARPAT effettuata dalla regione Toscana con lo scopo di monitorare le microplastiche presenti sullo strato superficiale del settore alto Tirrenico del bacino occidentale del Mar Mediterraneo mostrano la presenza media di 1 μ P per 4 m² di acqua.

Un monitoraggio condotto durante la campagna di pesca a strascico MEDITS (MEDiterranean Trawl Survey) effettuata da ARPAT in Liguria, Toscana e Lazio durante l'estate del 2013, con lo scopo di monitorare la presenza ed abbondanza dei rifiuti presenti sui fondali marini profondi ha riscontrato una media di circa 2 kg/km² di rifiuti pescati ad ogni cala della rete campionatrice.

I rifiuti sono stati suddivisi a seconda della loro natura antropica o non antropica. Il 68% in peso di tutto il rifiuto campionato è costituito da legname, corrispondente a circa 232 kg.

Dei rifiuti di origine antropica raccolti il 25% è costituito da oggetti metallici, circa il 10% da vetro, mentre la plastica ne costituisce da sola il 38%.

Per quanto riguarda la concentrazione di microplastiche negli organismi marini di interesse alimentare, uno studio ha rivelato la presenza e la distribuzione di microplastiche in varie specie di pesci raccolti lungo il Mar Adriatico, ulteriori analisi hanno indicato il polietilene come polimero predominante (65%) nello stomaco dei pesci analizzati.

1.10) Inquadramento areale

Il Mediterraneo è il più ampio bacino semichiuso della Terra, la sua superficie approssimativa è di 2,51 milioni di km², una lunghezza totale delle linea di costa di 46000 km ed una profondità media intorno ai 1500 m. Da un punto di vista oceanografico viene definito come un bacino di concentrazione, in quanto l'evaporazione, approssimativamente 1 m l'anno per unità di superficie, supera la quota guadagnata attraverso le precipitazioni e l'apporto fluviale, determinando una più elevata salinità delle masse d'acqua rispetto ai bacini circostanti, con un valore che oscilla da 36,2 a 39 ‰.

Il Mar Mediterraneo possiede come punto di ricircolo principale delle acque lo stretto di Gibilterra, in cui si raggiunge una profondità di circa 300 metri. Tale soglia è indispensabile per permettere alle acque atlantiche superficiali (AW) più fredde, più ossigenate e meno salate provenienti dall'oceano Atlantico di accedere nel bacino, lasciando fuoriuscire l'acqua levantina intermedia (LIW). La poca profondità del fondale in prossimità dello stretto, rappresenta un grosso ostacolo all'ingresso in circolo delle acque oceaniche profonde (DW).

La circolazione delle masse d'acqua all'interno de bacino Mediterraneo è regolata in modo tale che l'Acqua Atlantica superficiale viaggi verso est. Il flusso di ritorno, costituito da Acqua Levantina Intermedia, scorre ad una profondità compresa tra i 200 e i 600 m, al di sotto di entrambe circola l'Acqua Profonda.

Le masse d'acqua intermedie e quelle profonde vengono prodotte durante l'inverno nel Golfo del Leone e a nord del Mar Adriatico in risposta ad un elevato raffreddamento superficiale ad opera di venti continentali.

Dal punto di vista della disponibilità di nutrienti il Mar Mediterraneo è considerato un mare generalmente oligotrofico, pertanto piuttosto povero di elementi inorganici indispensabili per i produttori primari (fig.10).

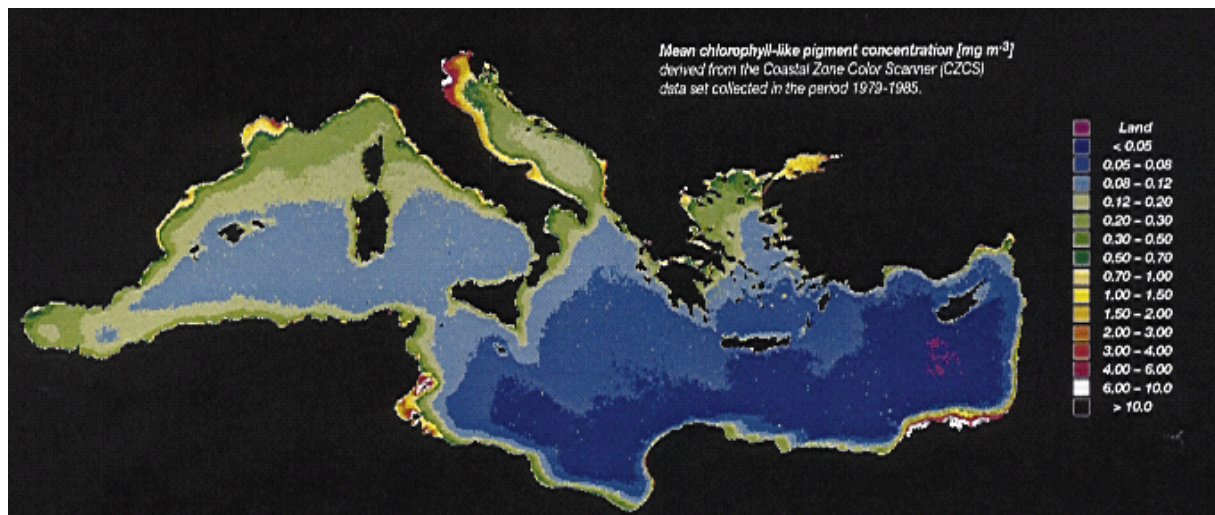


Fig.10: Rilevamento satellitare che mostra la produttività nel Mar Mediterraneo tramite la concentrazione di pigmenti clorofilliani

Il Mar Ligure occupa la porzione più settentrionale del bacino Mediterraneo Occidentale.

Collegato ad est al Mar Tirreno attraverso il Canale di Corsica, si estende per circa 50.000 km², sviluppandosi nella direzione nordest-sudovest. I suoi confini geografici sono costituiti a nord dalle coste della Liguria e della Provenza e a sud dalla Corsica.

La piattaforma continentale è molto ridotta specialmente nei settori occidentali, la scarpata risulta pertanto molto accentuata e le batimetriche degradano rapidamente i fino ad una profondità massima di 2700 m.

Il Mar Ligure si trova sottoposto all'influsso da sud-ovest dell'azione diretta del Libeccio, il quale causa forti mareggiate prevalentemente nei settori orientali; lo Scirocco invece, proveniente da sud-est, porta importanti precipitazioni temporalesche più concentrate sulla riviera di ponente.

Durante la stagione invernale il Mar Ligure è inoltre interessato da venti freddi e secchi come Tramontana e Maestrale che influenzano fortemente la circolazione di tutto il Mediterraneo Occidentale (Dominio Pelagico. Il santuario dei cetacei Pelagos).

Nonostante le sue dimensioni ridotte, il Mediterraneo ha una complessità molto elevata per quanto riguarda caratteristiche e dinamiche marine, equiparabili ad un oceano. Per questa ragione esso viene considerato un valido laboratorio per studiare gli eventi e gli sviluppi che a scala globale interessano i maggiori oceani.

1.11) Descrizione dell'area di studio

Per lo svolgimento di questo progetto sono stati impiegati campioni prelevati in un tratto di costa di circa 13,5 km (7,30 NM) compresi tra i comuni di Albisola e Cogoletto (Fig.11).

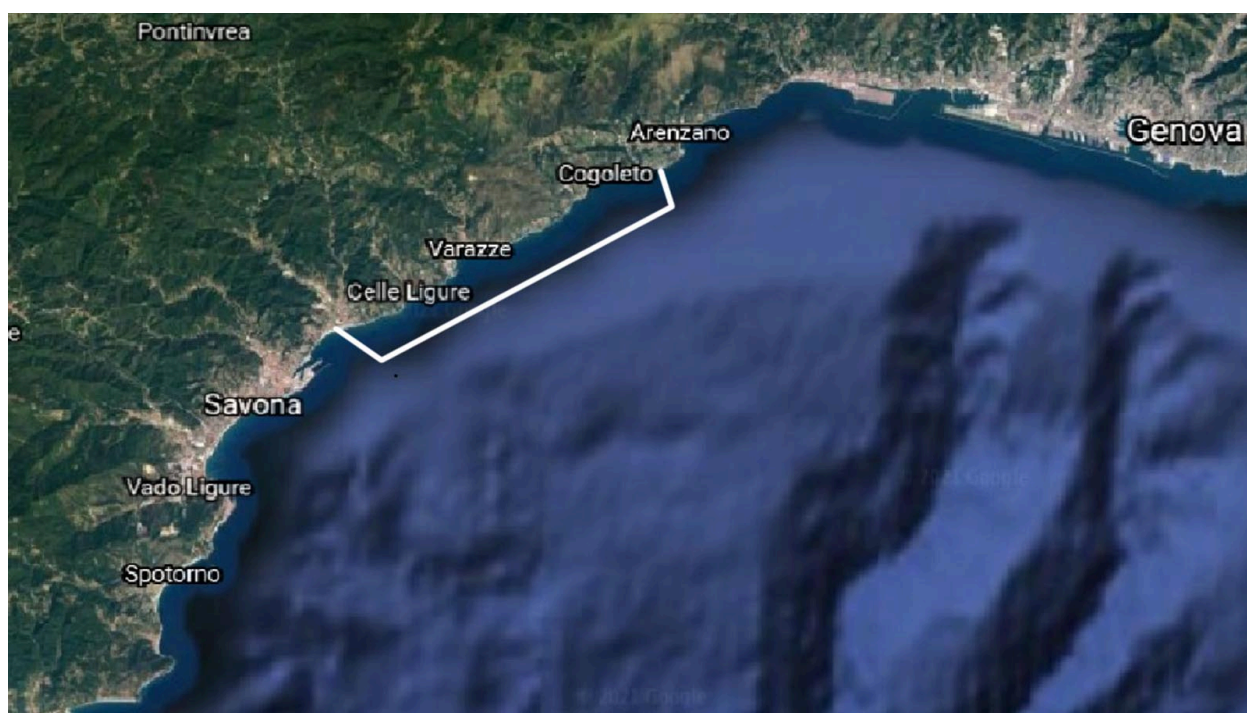


Figura 11: Area di studio

I campioni relativi allo studio del contenuto di microplastiche in specie prettamente costiere sono stati prelevati nel tratto di costa antistante il Comune di Varazze (SV) evidenziato in figura 12, in prossimità dell'imboccatura del porto.

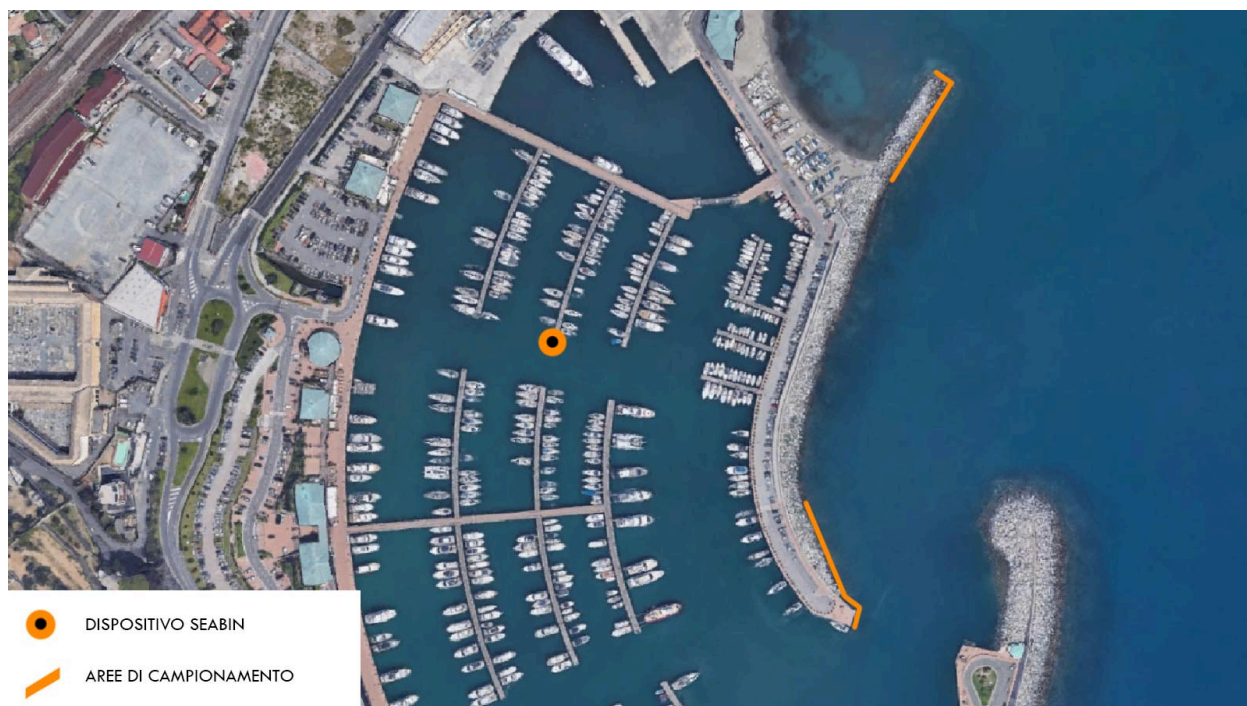


Figura 12: Area di studio per specie costiere

I campioni di specie pelagiche, e quelle tipiche di ambienti di profondità sono stati prelevati lungo il medesimo tratto di costa, ad una distanza massima di 3 NM dai prospicienti comuni di Albisola, Celle Ligure, Varazze e Cogoleto (Fig.13)



Figura 13: Area di studio specie pelagiche e di profondità

1.12) Descrizione delle specie prese in esame

Di seguito vengono descritte le principali caratteristiche delle specie prese in considerazione, le modalità di prelievo del campione, l'importanza della specie ai fini dello studio in questione ed il quantitativo di individui prelevati.

Mugil cephalus (Linneo, 1758)



Figura 14: Mugil cephalus

Mugil cephalus (Fig.14), cefalo comune o muggine, è una specie appartenente alla famiglia Mugilidae, è stato preso in considerazione in questo studio in quanto considerata una specie frequente ed abbondante durante tutto l'arco dell'anno, in prossimità della costa, e specialmente all'interno delle aree portuali, dove individui di taglie diverse coesistono contemporaneamente; durante i periodi presi in esame erano pertanto presenti sia individui giovanili che adulti.

Tale specie ha riservato una duplice valenza, essendo stato preso in considerazione sia come strumento di osservazione delle microplastiche all'interno dell'area portuale che come unica specie di pesce rinvenuta all'interno del dispositivo SeaBin (Fig.15).



Figura 15: Individui di Mugil cephalus rinvenuti all'interno del dispositivo SeaBin

Il cefalo si nutre prevalentemente di alghe, organismi planctonici e detriti che grazie alla forma del suo apparato boccale preleva dalla superficie dell'acqua; probabilmente anche a causa della loro voracità, delle scarse preferenze in termini di foraggiamento, e della ricca disponibilità trofica delle aree in cui vive, questa specie possiede un rapido tasso di crescita.

Per tale ragione e per la sua abitudine a vivere in branco è stato impiegato in questo studio, in quanto probabile campionatore di grossi volumi d'acqua all'interno delle aree portuali.

Questa specie possiede un areale molto vasto, è presente infatti in tutte le acque tropicali e temperate calde del mondo.

È una specie eurialina, in grado di sopportare ampie variazioni di salinità, tanto che si ritrova regolarmente in acque marine, dolci o salmastre ed è in grado di tollerare anche ambienti inquinati. Vive in banchi, abitudine propria principalmente degli esemplari più giovani. Lo si incontra soprattutto dove ci sono fondi duri o manufatti, ma non disdegna neanche i fondali completamente molli, purché la profondità dell'acqua sia sufficientemente scarsa.

La maturità sessuale viene raggiunta tra il secondo ed il terzo anno d'età quando il pesce raggiunge una taglia di circa 30 cm. per i maschi e di 35 cm per le femmine. Il periodo riproduttivo va da febbraio ad aprile.

Gli esemplari di *Mugil cephalus* possiedono un corpo allungato dal color argenteo, con dorso poco convesso ed appiattito in prossimità del capo. Le pinne pettorali sono ampie, così come le ventrali. Possiede due pinne dorsali: la prima è composta da 4 raggi spinosi, la seconda più morbida, formata da molti raggi sottili. La pinna caudale è forcuta e ampia e la linea laterale risulta poco visibile. La bocca è priva di denti; internamente presenta uno stomaco molto muscoloso ed un lungo intestino.

Per questa specie sono stati campionati 212 esemplari, di questi 181 di taglia compresa tra i 3 cm e i 14 cm, mentre i rimanenti 31 esemplari compresi tra i 15,5 e 36 cm.

Gli individui più piccoli sono stati prelevati mediante l'uso di un guadino all'interno dell'area portuale di Marina di Varazze, nelle immediate vicinanze del dispositivo SeaBin in 23 occasioni differenti; quelli di dimensioni maggiori sono stati invece campionati grazie all'impiego di un rezzaglio a mano, sempre all'interno dell'area portuale in 9 occasioni.

Trachurus mediterraneus (Steindachner, 1758)



Figura 16: Trachurus mediterraneus

Trachurus mediterraneus o sugarello maggiore (Fig.16), è una specie appartenente alla famiglia dei carangidi, ampiamente distribuita in tutto il Mediterraneo e nell'Oceano Atlantico orientale.

La particolarità di questa specie è la presenza di una linea laterale molto marcata, dotata di scutelli molto larghi ed estesa lungo quasi tutto il dorso. La livrea è argentea, iridescente, con riflessi sul verde. I fianchi sono argentei e possiede una macchia nera sulla parte posteriore dell'opercolo branchiale.

Le pinne dorsali sono grigie, quella anale e le ventrali biancastre, le pettorali e le ventrali grigio-verdognolo. Solitamente raggiunge le dimensioni di circa 30 cm, tuttavia alcuni esemplari possono anche superare di poco i 50 cm.

Vive in banchi molto estesi, in prossimità della costa, la sua dieta è basata principalmente da altri pesci di dimensioni inferiori, tuttavia non disdegna anche crostacei e piccoli cefalopodi.

Questa specie è stata presa in considerazione per questo studio, per via delle sue abitudini trofiche.

Per via della sua notevole abilità natatoria, muovendosi e cacciando in grossi banchi in prossimità della costa, è stato preso in considerazione in quanto possibile predatore attivo del detrito plastico in sospensione nella colonna d'acqua. Inoltre, essendo in grado di predare attivamente pesci, tra i quali piccoli esemplari di *Engraulis encrasicolus*, è possibile riscontrare eventuali forme di bioaccumulo del detrito plastico trasferite in catena alimentare secondo rapporti trofici di predazione.

Per questa specie sono stati prelevati 106 campioni in 15 differenti occasioni di campionamento.

Tutti gli individui sono stati prelevati durante battute di pesca sportiva da natante, all'interno delle 3 miglia da costa in un'area prospiciente i comuni di Albisola, Celle ligure, Varazze, Cogoleto.

Per la pesca di questa specie è stata impiegata la tecnica del Sabiki.

Scomber colias (Gmelin 1789)



Figura 17: *Scomber colias*

Scomber colias (Fig.17), comunemente chiamato Lanzardo o Cavalla è un pesce appartenente alla famiglia degli sgombridi, diffuso sia in Oceano Atlantico che nel Mar Mediterraneo.

Il corpo è allungato ed affusolato, la bocca a punta ed il peduncolo caudale è piuttosto sottile.

La pinna caudale è fortemente bilobata mentre delle due pinne dorsali, quella posteriore è seguita da 5 piccole pinne stabilizzatrici che terminano sul peduncolo caudale, opposte ad esse si trovano simmetricamente altre 5 pinnette tra la pinna anale e la caudale.

Ha una colorazione simile a quella dello sgombro (*Scomber scombrus*), caratterizzata da una livrea argentea sul ventre e verdastra, alternata a bande verticali più scure lungo il dorso.

L'occhio di grandi dimensioni è la caratteristica che più lo differenzia dallo sgombro, assieme ad alcune macchie grigiastre che lo attraversano longitudinalmente.

Gli esemplari di *Scomber colias* possono eccezionalmente raggiungere una lunghezza di 50 cm ed una longevità di 17 anni.

La maturità sessuale viene raggiunta al raggiungimento dei 24 – 30 cm di lunghezza e la riproduzione avviene tra i mesi di marzo ed agosto, periodo in cui *S. colias* si avvicina a costa

Possiede abitudini gregarie e nuota in grossi banchi per nutrirsi prevalentemente di piccoli pesci pelagici.

Vorace predatore attivo, per via delle sue abitudini trofiche simili anche a quelle del sugarello *Trachurus mediterraneus*, è stato considerato come specie di interesse in questo studio, in quanto capace di ingerire intenzionalmente frammenti di plastica o subirne le conseguenze a seguito dell'ingestione tramite predazione di individui già contenenti plastiche nei contenuti stomacali, come ad

esempio piccoli esemplari di *Engraulis encrasicolus* dei quali generalmente questa specie si nutre.

Per questa specie sono stati prelevati 42 campioni in 7 differenti occasioni di campionamento.

Tutti gli individui sono stati prelevati durante battute di pesca sportiva da natante, all'interno delle 3 miglia da costa in un'area prospiciente i comuni di Albisola, Celle Ligure, Varazze, Cogoleto.

Per la pesca di questa specie sono state impiegate le tecniche del Sabiki, dello spinning e della traina leggera.

Auxis rochei (Lacepède 1800)



Figura 18: Auxis rochei

Auxis rochei (Fig.18), comunemente noto come tombarello è un pesce pelagico della famiglia degli sgombridi.

È piuttosto abbondante in tutti i mari e si può trovare sia in acque costiere che a largo, molto comune nel mar Mediterraneo.

Possiede un aspetto molto simile al tonno, da cui si distingue per le dimensioni che non superano il mezzo metro, per le due pinne dorsali separate ampiamente, le pettorali molto corte e per i disegni neri irregolari sul dorso, più simili a quelli dello sgombro.

La livrea, quasi totalmente priva di scaglie, possiede una colorazione bluastra, che sfuma nel grigio sul ventre e sui fianchi. Di dimensioni abbastanza contenute, può raggiungere i 50 cm di lunghezza e il chilo e mezzo di peso.

La riproduzione avviene durante i mesi estivi, vive in grossi banchi e si nutre principalmente di piccoli Clupeidi.

Proprio per queste ultime due caratteristiche è stata individuata come specie target ai fini di questo studio.

Risultando una risorsa piuttosto abbondante specialmente tra i mesi di ottobre e novembre, e, vista la voracità tipica di questa specie, nonché la sua predilezione trofica per *Engraulis encrasicolus*, potrebbe interessare fenomeni di bioaccumulo del detrito plastico.

Per questa specie sono stati prelevati 30 esemplari in 6 differenti occasioni di campionamento.

Tutti gli individui sono stati prelevati durante battute di pesca sportiva da natante, all'interno delle 3 miglia da costa in un'area prospiciente i comuni di Albisola, Celle Ligure, Varazze, Cogoleto.

Per la pesca di questa specie sono state impiegate le tecniche dello spinning e della traina leggera.

Sarpa salpa (Linneo, 1758)



Figura 19: Sarpa salpa

Sarpa salpa (Fig.19), è un pesce appartenente alla famiglia degli sparidi.

Dalle abitudini strettamente costiere, questa specie è ampiamente diffusa in tutto il Mediterraneo, ove è presente sia in ambiente roccioso, che sabbioso fino ad una profondità di circa 50 metri. La presenza di questa specie risulta abbondante anche nelle praterie di *Posidonia oceanica*.

Come tutti gli sparidi, possiede la tipica forma appiattita lateralmente, ha un peduncolo caudale piuttosto sottile e pinna caudale forcuta con lobi appuntiti.

Gli occhi, di colore giallognolo, risultano essere piccoli rispetto alle proporzioni dell'animale e la bocca, anch'essa piccola, è dotata di robusti denti taglienti.

La livrea è argentea, attraversata orizzontalmente da 10-12 bande dorate ed una macchia nera è presente in prossimità dell'attaccatura delle pinne pettorali.

Di dimensioni solitamente contenute entro i 30 cm per 1 kg di peso, può eccezionalmente raggiungere i 50 cm e i 3 kg.

Vive a bassi fondali, in banchi di medie dimensioni, Possiede abitudini predatorie principalmente erbivore, tuttavia occasionalmente si nutre anche di piccoli invertebrati.

La salpa è una specie ermafrodita proterandrica, nasce maschio per poi mutare di sesso all'aumentare di età e dimensioni, la riproduzione avviene durante i mesi autunnali.

L'interesse nei confronti di questa specie ai fini di tale studio è dato dalla possibilità di ricercare la presenza di materiali plastici nei contenuti stomacali di specie gregarie costiere, che vivono interagendo col fondale in differenti substrati, in grado pertanto di campionare vaste porzioni di territorio prospiciente la costa.

Per questa specie sono stati prelevati 31 esemplari in 7 differenti occasioni di campionamento.

Tutti gli individui sono stati prelevati durante battute di pesca sportiva da terra, in prossimità del molo sopraflutto del porto di Marina di Varazze.

Per la pesca di questa specie sono state impiegate le tecniche della canna fissa, impiegando come esca una pastura appositamente realizzata.

Sphyraena sphyraena (Linneo, 1758)



Figura 10: *Sphyraena sphyraena*

Sphyraena sphyraena (Fig. 20) o luccio di mare, è un pesce appartenente alla famiglia Sphyraenidae, molto diffuso nelle aree costiere del mar Mediterraneo. Possiede una forma allungata molto accentuata che gli conferiscono ottime abilità natatorie.

La livrea, di color argenteo ventralmente e blu scuro dorsalmente, è attraversata in prossimità della linea laterale da una banda orizzontale di colore giallo-verde. Ha occhi piuttosto grandi e sviluppati ed una bocca allungata munita di denti molto affilati.

Raramente individui di questa specie raggiungono il metro di lunghezza.

Sphyraena sphyraena possiede abitudini trofiche piscivore, è un ottimo predatore; si nutre prevalentemente di clupeidi ma talvolta attacca anche pesci di dimensioni nettamente maggiori, come sugarelli ed individui giovanili della sua stessa specie, nonché piccoli molluschi e crostacei.

Sphyraena sphyraena è un predatore attivo, e per tale caratteristica è stato considerato importante ai fini di questo studio, la presenza di frammenti plastici

nei suoi contenuti stomacali, evidenzerebbe una predazione volontaria del detrito nelle zone costiere prospicienti all'area portuale.

Per questa specie sono stati prelevati 18 esemplari in 9 differenti occasioni di campionamento.

Tutti gli individui sono stati prelevati durante battute di pesca sportiva da terra, in prossimità del molo sopraflutto del porto di Marina di Varazze.

Per la pesca di questa specie è stata impiegata le tecniche dello spinning.

Scorpaena scrofa (Linneo, 1758)



Figura 21: Scorpaena scrofa

Scorpaena scrofa (Fig. 21), o scorfano rosso è un pesce appartenente alla famiglia Scorpaenidae, molto simile per forma e dimensioni allo scorfano bruno *Scorpaena porcus*.

Questo pesce è ampiamente diffuso in ambiente oceanico così come anche nel mar Mediterraneo, dove vive su fondali prevalentemente rocciosi ad una profondità tra i 20 e i 200 metri.

Di abitudini piuttosto costiere, risulta essere una presenza costante su secche, relitti, e coralligeno. Gli esemplari giovanili, di piccole dimensioni popolano moli e coste rocciose anche a batimetriche nettamente inferiori.

Possiede un corpo tozzo, di un colore rossastro che lo aiuta nel mimetizzarsi nell'ambiente coralligeno, allo stesso scopo ha appendici cutanee carnose su mento, fianchi e occhi.

La testa è massiccia, con occhi molto grandi e sviluppati, le pinne sono molto carnose ed una macchia scura risulta molto evidente sulla pinna velenifera dorsale.

La colorazione varia dal rosso acceso all'arancione, al rosa e al giallo.

Può raggiungere eccezionalmente dimensioni importanti, fino 50 cm di lunghezza e 4 kg di peso, tuttavia mediamente gli esemplari costieri hanno dimensioni più contenute.

Possiede abitudini molto territoriali e non è raro che attacchi altri individui solo per proteggere il suo areale.

La sua tecnica predatoria è basata sul mimetismo, gli individui in caccia infatti, restano immobili, scattando solamente al passaggio di una preda.

La riproduzione di *Scorpaena scrofa* avviene durante i mesi estivi tra giugno ed agosto.

Una presenza di frammenti plastici nei suoi contenuti stomacali, evidenzierebbe una predazione volontaria del detrito in prossimità dei fondali delle zone costiere.

Per questa specie sono stati prelevati 14 esemplari in 7 differenti occasioni di campionamento.

Tutti gli individui sono stati prelevati durante battute di pesca sportiva da natante, all'interno delle 3 miglia da costa, in un'area prospiciente i comuni di Albisola, Celle Ligure, Varazze, Cogoleto, ad una profondità compresa tra gli 8 e gli 80 metri, su fondali prevalentemente rocciosi, nonché su secche e relitti.

Per la pesca di questa specie sono state impiegate tecniche di pesca verticali come bolentino, jigging e slowpitch.

Spicara maena (Linneo, 1758)



Figura 22: *Spicara maena*

Spicara maena (Fig.22), comunemente chiamata menola, è un pesce della famiglia dei Centracanthidi, piuttosto abbondante nel mar Mediterraneo.

Vive in banchi in prossimità di fondali di basse profondità, sia su substrati rocciosi, che ghiaiosi e posidonieti.

In questa specie è evidente un marcato dimorfismo sessuale, per quanto riguarda forma e dimensioni, il maschio possiede un corpo più alto con una incavatura abbastanza accentuata in prossimità degli occhi, mentre le femmine e gli individui giovanili appaiono più slanciati.

La pinna dorsale è costituita da raggi spinosi ed occupa quasi tutta la superficie del dorso, ventrali e pettorali sono piuttosto grandi ed appuntite, mentre nella caudale è accentuata una forma forcata.

La livrea possiede colorazioni molto vistose. Ventralmente argentea, lungo il dorso possiede invece una tonalità verde-bluastro con la presenza di piccoli puntini blu elettrico ed una caratteristica macchia nera rettangolare all'altezza della porzione terminale delle pinne pettorali.

Solitamente gli individui di questa specie non superano i 25 cm di lunghezza, si nutre prevalentemente di zooplancton e piccoli organismi bentonici.

Questa specie mostra una forma di ermafroditismo proteroginico e si riproduce durante l'estate.

L'interesse nei confronti di questa specie ai fini di tale studio è dato dalla possibilità di ricercare la presenza di materiali plastici nei contenuti stomacali di specie gregarie costiere, che vivono interagendo col fondale in differenti substrati, in grado pertanto di campionare vaste porzioni di differenti tipologie di territorio a medie-basse profondità.

Per questa specie sono stati prelevati 39 esemplari in 15 differenti occasioni di campionamento.

Tutti gli individui sono stati prelevati durante battute di pesca sportiva da natante, all'interno delle 3 miglia da costa, in un'area prospiciente i comuni di Albisola, Celle Ligure, Varazze, Cogoleto, ad una profondità compresa tra i 16 e i 45 metri, su fondali prevalentemente rocciosi, nonché su secche e relitti.

Per la pesca di questa specie sono state impiegate tecniche di pesca verticali come bolentino e sabiki.

Serranus cabrilla (Linneo, 1758)



Figura 23: Serranus cabrilla

Serranus cabrilla (Fig.23), comunemente chiamata Perchia, è un pesce appartenente alla famiglia dei serranidi diffuso lungo le fasce costiere oceaniche e molto abbondante anche nel Mar Mediterraneo.

Vive su fondali rocciosi, ghiaiosi e sulle praterie di posidonia oceanica fino ad una profondità di anche 500 m.

Serranus cabrilla possiede un corpo allungato, ricoperto da scaglie molto piccole, ha un muso appuntito che termina con una bocca molto ampia dotata di piccoli denti, gli occhi sono molto grandi e sviluppati così come la pinna dorsale, composta da 10 spine appuntite, la pinna caudale risulta invece essere morbida e poco forcuta.

La livrea mostra una colorazione piuttosto vistosa con un fondo bruno chiaro, striato verticalmente da 7-8 bande marroncine ed altre 2-3 strisce orizzontali arancioni.

Solitamente non raggiunge dimensioni superiori ai 25 cm, tuttavia in casi eccezionali può arrivare a 40 cm di lunghezza.

Si tratta una specie piuttosto territoriale ed aggressiva, in grado di predare anche prede di taglia poco inferiore alla sua. La sua alimentazione è basata principalmente da piccoli pesci, cefalopodi e crostacei.

Questa specie si produce durante tutta la primavera fino all'inizio dell'estate.

Per via delle abitudini predatorie attive di questa specie e per la sua massiccia presenza sui medio-bassi fondali rocciosi dell'area interessata è stato preso in considerazione al fine di questo studio, per valutare presenza e concentrazione di detrito plastico in corrispondenza del fondale delle aree prese in analisi.

Per questa specie sono stati prelevati 55 esemplari in 16 differenti occasioni di campionamento.

Tutti gli individui sono stati prelevati durante battute di pesca sportiva da natante, all'interno delle 3 miglia da costa, in un'area prospiciente i comuni di Albisola, Celle ligure, Varazze, Cogoleto, ad una profondità compresa tra gli 8 e gli 80 metri, su fondali prevalentemente rocciosi, nonché su secche e relitti.

Per la pesca di questa specie sono state impiegate tecniche di pesca verticali come bolentino e sabiki.

Pagellus erythrinus (Linneo, 1758)



Figura 24: *Pagellus erythrinus*

Pagellus erythrinus o pagello fragolino (Fig. 24) è un pesce appartenente alla famiglia degli sparidi.

Si tratta di una specie piuttosto diffusa nel Mar Mediterraneo, comune in area costiera, vive su fondali sabbiosi e ghiaiosi ad una profondità compresa tra i 20 e i 150 m.

L'aspetto è quello tipico degli sparidi con un corpo alto e compresso lateralmente con muso acuto e fronte rettilinea. La sua livrea appare rosea sul dorso e gradualmente vira ad una colorazione argentea sul ventre. Si nutre di invertebrati e piccoli pesci, è in grado di raggiungere anche i 60 cm di lunghezza.

Questa specie mostra ermafroditismo proterogino e si riproduce in primavera ed in estate.

Il pagello fragolino vive in banchi poco numerosi all'interno dei quali si nutre grufolando gli organismi presenti in prossimità del fondale.

Per tale caratteristica trofica potrebbe essere un valido indice della presenza di detrito plastico su fondali molli e ghiaiosi di media profondità.

Per questa specie sono stati prelevati 41 esemplari in 12 differenti occasioni di campionamento.

Tutti gli individui sono stati prelevati durante battute di pesca sportiva da natante, all'interno delle 3 miglia da costa, in un'area prospiciente i comuni di Albisola, Celle Ligure, Varazze, Cogoleto, ad una profondità compresa tra i 26 e i 45 metri, su fondali fangosi, ghiaiosi ed in prossimità di secche e relitti.

Per la pesca di questa specie sono state impiegate tecniche di pesca verticali come bolentino, sabiki, jigging e slowpitch.

1.13) Progetto #PlasticLess e dispositivo SeaBin

Dalla terza settimana di settembre 2018, fino alla fine di agosto 2019, per una durata di 46 settimane, parallelamente al lavoro principale, ho avuto la possibilità di affiancare uno studio nato a partire dal progetto #PlasticLess, patrocinato da Lifegate, in collaborazione con Volvoautoitalia e Poralu Marine.

Tale studio, piuttosto affine alle tematiche affrontate nel progetto principale, prevedeva l'analisi dei dati ricavati da un SeaBin installato all'interno del porto turistico di Marina di Varazze (SV).

1.13.1) Introduzione al progetto

SeaBin (Fig.25) è un dispositivo ideato da una startup Australiana, che, installato lungo le banchine portuali, contribuisce a ripulirne le acque.

Mediante un continuo flusso, l'acqua superficiale viene convogliata all'interno di un capiente cestino, trascinando con sé ogni detrito flottante, attirato dalla

corrente da esso generata e trattenendo all'interno di una rete a maglia fine qualsiasi detrito di dimensioni superiori ai 2 mm



Figura 25: Dispositivo SeaBin

All'interno del SeaBin vengono perciò raccolti prevalentemente rifiuti di tipo vegetale come foglie o rami, materiale plastico di vario genere ed accidentalmente organismi marini.

Le aree portuali sono considerate aree ad elevato impatto antropico, in cui purtroppo, fattori come la biodiversità e l'abbondanza di specie passano in secondo piano rispetto alle attività umane.

La maggior parte del detrito plastico presente negli oceani proviene dall'incuranza delle attività umane, le aree portuali rappresentano quindi quella fragile interfaccia tra la terraferma e gli ecosistemi marini.

Pertanto è indispensabile considerare i porti come aree tampone, in cui risulta necessario interrompere la catena dell'inquinamento; ostacolare qui la propagazione dei rifiuti è essenziale per evitarne la propagazione in mare aperto.

Ben note sono le fonti di disturbo ed alterazione di questi ambienti, tra queste, le principali sono rappresentate dall'inquinamento acustico generato dal transito delle imbarcazioni, quello luminoso, provocato da un costante funzionamento degli impianti di illuminazione, quello tellurico, provocato dalle attività svolte dai cantieri navali ed infine quello causato dallo sversamento accidentale di sostanze come idrocarburi, oli e prodotti legati alla nautica, in grado di alterare gli aspetti fisico-chimici delle acque.

1.13.2) Area di studio

Tale dispositivo è stato installato nell'agosto del 2018 all'interno dell'area portuale di Varazze (Fig.26), più precisamente nella porzione terminale del pontile B1DM, B2DT, appositamente a 30 metri in corrispondenza dello sbocco a mare di un corso d'acqua (Rio Cucco), per buona parte tombato, il quale raccoglie anche le acque ruscellanti di un limitrofo rio di dimensioni minori (Rio Tanon).

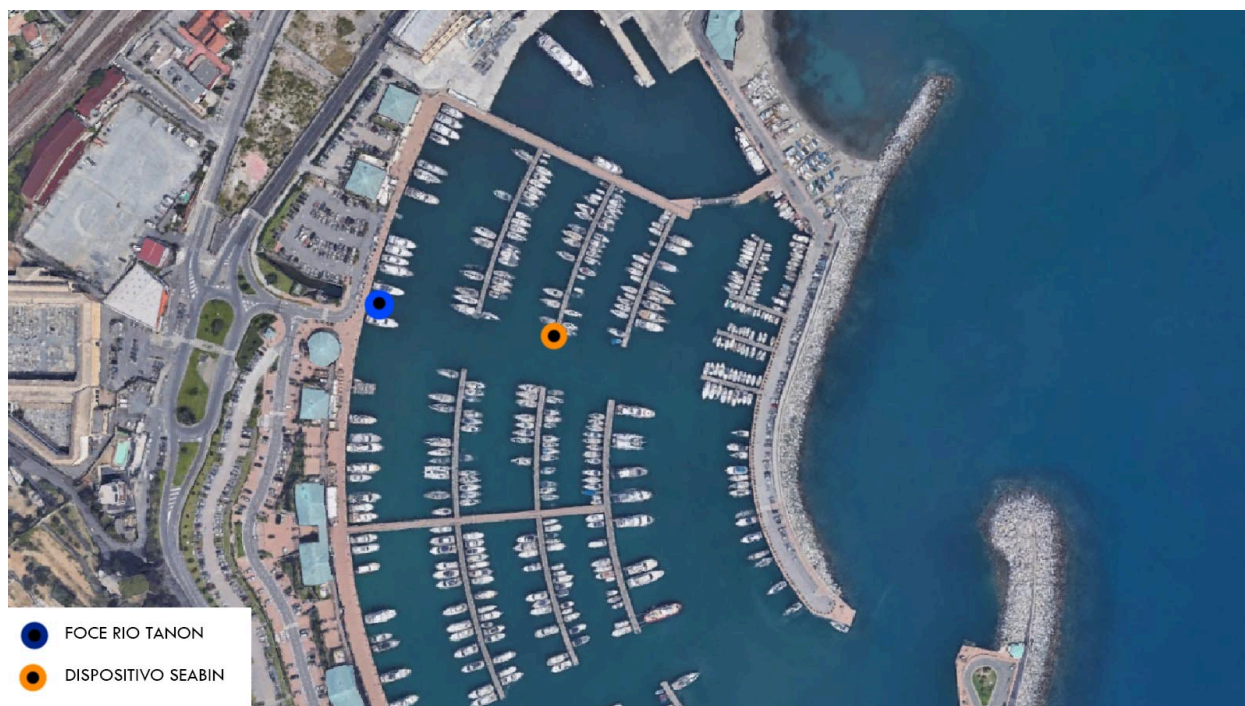


Figura 26: Collocazione dispositivo SeaBin

Il posizionamento del SeaBin in questa particolare zona del porto è stato programmato a seguito di un approfondito studio delle correnti e collocato laddove più necessario, in tale posizione infatti, contribuisce anche all'intercettazione del detrito trasportato nel bacino dai due corsi d'acqua, i quali, oltre ad immettere in porto prevalentemente detriti di origine vegetali provenienti dal soprastante bacino idrografico, trasportano e convogliano anche materiale plastico raccolto durante il loro corso.

1.13.3) Procedura di campionamento

Per quanto riguarda la gestione e la manutenzione del dispositivo, questo è stato svuotato e lavato con cadenza settimanale ed il contenuto raccolto, è stato prelevato per essere successivamente separato, classificato, pesato ed analizzato.



Figura 27: Detrito vegetale



Figura 28: Detrito plastico



Figura 29: Frazione Microplastica

Al fine di effettuare una caratterizzazione del rifiuto, questo è stato suddiviso in detrito vegetale (Fig.27), detrito plastico (Fig.28, Fig.29) e massa animale (Fig.30, Fig.31), in seguito, le specie rinvenute sono state identificate e quantificate.

In tutte le occasioni, durante la settimanale manutenzione sono stati rinvenuti all'interno del SeaBin, prevalentemente due specie animali. Trattasi di cefali comuni (*Mugil cephalus*), di taglie comprese tra i 3 e i 15 cm (Fig.30) e crostacei appartenenti alla specie *Palaemon elegans* (Fig.31).



Figura 30: *Palaemon elegans*



Figura 31: *Mugil cephalus*

Essendo queste specie abituali frequentatrici delle aree portuali, considerate molto tolleranti agli stress ambientali, nella maggior parte delle occasioni gli animali sono stati rinvenuti in piena salute e pertanto liberati al momento della raccolta del contenuto del SeaBin.

Gli esemplari di *Mugil cephalus* rinvenuti all'interno del SeaBin non sono stati analizzati, in quanto le microplastiche presenti nei contenuti stomacali potrebbero derivare dal detrito ingerito accidentalmente all'interno del SeaBin, a causa dell'elevata concentrazione di microplastiche già presenti nel cestino.

Solamente in tre occasioni sono stati rinvenuti cefali morti anche in avanzato stato di putrefazione all'interno del SeaBin ed indagini più approfondite hanno rivelato una abbondante presenza di microplastiche nei loro contenuti stomacali, tuttavia non è possibile affermare che questi individui siano stati risucchiati dal SeaBin già morti o comunque indeboliti dall'ingestione accidentale di plastica.

Il continuo monitoraggio del SeaBin è stato condotto al fine di ottenere dati in grado di permettere di rilevare eventuali significative fluttuazioni della presenza di detrito plastico in relazione al principale studio, finalizzato a stimare la concentrazione di plastiche e microplastiche all'interno dei contenuti stomacali delle specie ittiche prelevate nelle aree circostanti.

Mugil cephalus è infatti una delle specie considerata rilevante per stimare la presenza di microplastiche negli ambienti costieri e portuali; il confronto con i dati ricavati dal progetto #PlasticLess possono avere una notevole ricaduta sullo studio principale.

In tabella 2 sono riportati i dati raccolti a partire dalla sesta settimana dall'installazione del dispositivo.

W	P.TOT	P. VEG	P.PLAST	P. ORG
39	1036	528,6	496,1	10,9
40	920,8	781,1	127,5	12,2
41	1113	860,8	248,6	3,9
42	1484	1343,4	138,5	2,2
43	1448	992,7	322,2	132,9
44	885,1	606,4	271,6	7,1
45	1045	748,8	288,5	7,3
46	710,7	563,7	137,9	9,1
47	1726	1171,7	526,5	27,8
48	830,2	671,7	152,1	6,4
49	582,4	477,5	99,1	5,8
50	1032	801,5	223,4	6,8
51	639,1	543,1	92,7	3,3
52	916,1	816,8	97,6	1,7
1	976,1	621,1	286,7	68,3
2	1157	979,3	163,1	14,7
3	595,3	472,7	115,7	6,9
4	662,1	565,8	92,1	4,2
5	551,5	418,1	107,5	25,9
6	365,1	318,8	42,9	3,4
7	734,6	624,3	108,4	1,9
8	409,4	314,7	88,9	5,8
9	430,3	297,1	131,6	1,6
10	513,2	343,2	41,4	128,6
11	497,5	337,8	136,9	22,8
12	322,3	241,6	71,9	8,8
13	346,3	274,8	66,9	4,6
14	327,4	277,5	42,1	7,8
15	1035	893,7	109,7	31,8
16	631,9	499,4	129,8	2,7
17	464,2	377,5	79,9	6,8
18	216,5	126,2	81,9	8,4
19	284,9	228,9	54,8	1,2

20	452,4	344,7	87,9	19,8
21	586,7	488,7	95,8	2,2
22	553,3	393,9	155,7	3,7
23	926,4	682,8	186,8	56,8
24	415,7	296,6	117,9	1,2
25	330,7	204,7	97,1	28,9
26	567,6	344,9	189,9	32,8
27	384,9	246,7	117,4	20,8
28	643,1	351,9	287,8	3,4
29	350,3	177,7	165,8	6,8
30	435,6	174,8	257,9	2,9
31	416,1	215,7	163,7	36,7
32	647,8	118,5	522,2	7,1

Tabella 2: Dati raccolti durante il periodo di osservazione. Il peso è espresso in grammi

Le informazioni ricavate dal dispositivo SeaBin sono poi state messe in relazione con i dati Arpal inerenti i valori di precipitazioni cumulate rilevati dalla vicina stazione meteorologica di Savona – Leon Pancaldo, al fine di effettuare delle correlazioni tra andamento delle precipitazioni e quantitativi di rifiuti rinvenuti all'interno dell'area portuale ed osservare così con quale entità le influenze climatiche possano avere ricadute sugli ambienti portuali.

CAPITOLO 2: Materiali e metodi

2.1) Raccolta dei campioni

In questo progetto sono stati analizzati 588 esemplari appartenenti a 10 differenti specie ittiche.

Di seguito sono rappresentate (tab.3) le specie prese in esame con il relativo numero di campioni analizzati.

SPECIE	TOT
Trachurus mediterraneus	106
Scomber colias	42
Auxis rochei	30
Mugiul cephalus	212
Sarpa salpa	31
Sphyraena sphyraena	18
Pagellus erythrinus	41
Spicara maena	39
Serranus cabrilla	55
Scorpaena scrofa	14

Tabella 3: Numero individui per specie

Questi campioni rappresentano il pescato proveniente da 84 prelievi effettuati tra novembre 2018 e novembre 2021 attraverso diverse tecniche di pesca ed in ambienti volutamente differenti, al fine di osservare variazioni del fenomeno a scala locale per ogni areale individuato.

Per ogni specie, tecniche di pesca e siti di prelievo sono descritti approfonditamente assieme alle caratteristiche biologiche nel paragrafo 1.12.

2.2) Preparazione dei campioni e prima raccolta dati

La maggior parte dei campioni prelevati sono stati analizzati entro poche ore, la rimanente parte è stata conservata in sacchetti per alimenti riportanti la data della battuta di pesca e congelata in freezer per essere poi analizzata successivamente.

L'analisi dei campioni è stata svolta durante tutta la durata del progetto

Una prima fase ha previsto la raccolta di dati inerenti le caratteristiche morfologiche degli individui e la registrazione in tabelle Excel dei dati ricavati.

Di ogni esemplare è stato valutato il peso tramite bilancia tecnica al decimo di grammo (Fig.32) e misurata la lunghezza approssimata per difetto a 0,5 cm con l'impiego di un ittiometro (Fig.33).



Figura 32: Pesatura dei campioni



Figura 33: Misurazione dei campioni

Successivamente, si è proceduto, tramite l'estrazione, la valutazione visiva e la determinazione del peso delle gonadi mediante una bilancia elettronica di precisione; a determinare, quando possibile, il sesso e lo stadio di maturità sessuale degli individui.

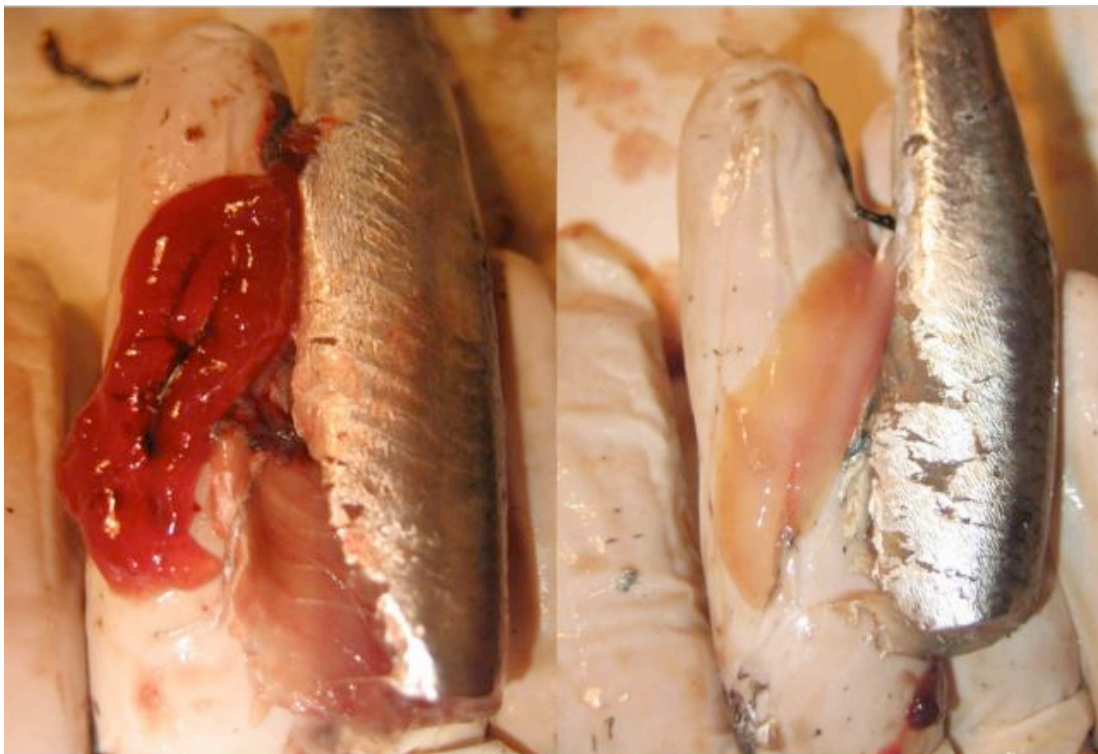


Figura 34: Determinazione del sesso e stima dello stadio di maturità sessuale

In ultimo la procedura ha previsto il prelievo dello stomaco da ogni esemplare (Fig.35), l'asciugatura su carta assorbente per 5 minuti e la determinazione del peso sulla bilancia elettronica "Mettler Toledo®" con sensibilità 0,00001 g.

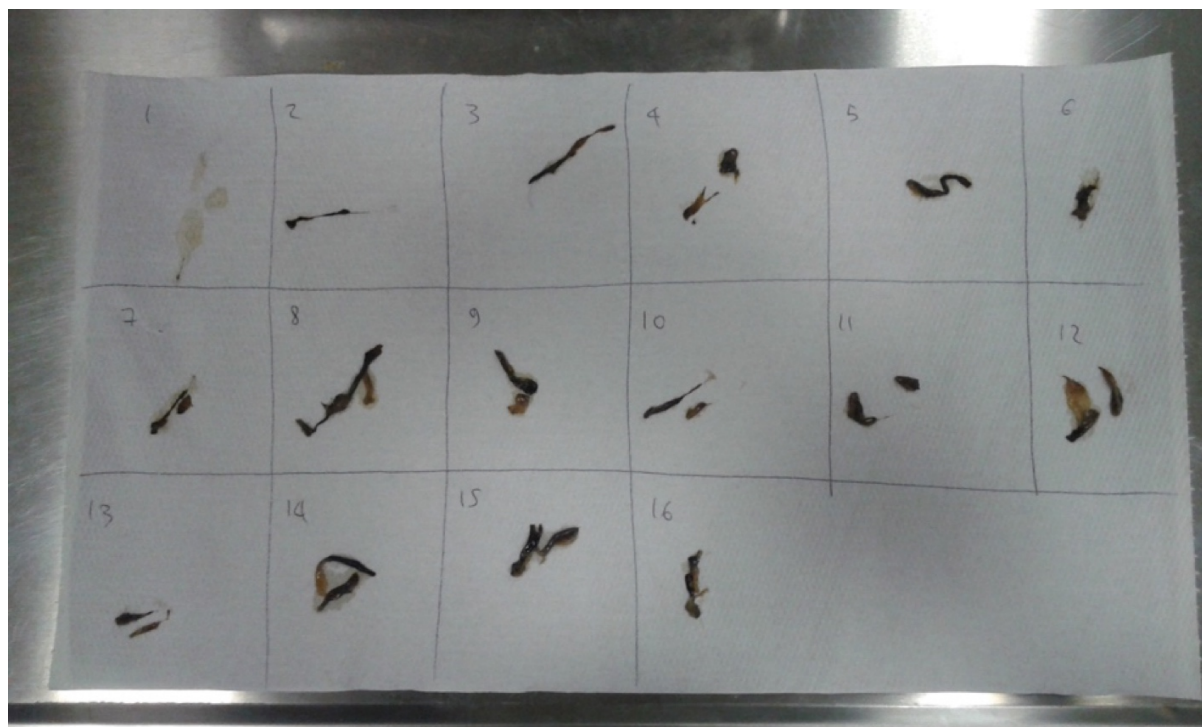


Figura 35: Procedura di asciugatura dello stomaco

2.3) Analisi dei contenuti stomacali dei campioni.

Gli stomaci raccolti, qualora precedentemente avessero subito un processo di conservazione tramite congelamento, sono stati lasciati nelle provette a scongelare per qualche minuto a temperatura ambiente, prima di procedere all'identificazione di microplastiche nel loro interno.

Gli stomaci prelevati dalle provette sono stati sciacquati con una spruzzetta contenente alcool al 70%, in modo da eliminare eventuali residui artificiali o naturali che, durante le precedenti fasi di lavorazione dei campioni, avrebbero potuto inquinare il preparato e falsare i risultati dell'analisi.

Lo stomaco è stato disposto su una capsula petri (Fig.36), sulla quale era stato precedentemente tracciato un reticolo di 4x4 quadrati da 1 cm di lato ciascuno, in modo da suddividere l'area totale in 16 aree di minor dimensione, così da avere punti di riferimento durante le osservazioni allo stereoscopio e procedere ad una osservazione più sistematica ed organizzata del campione.

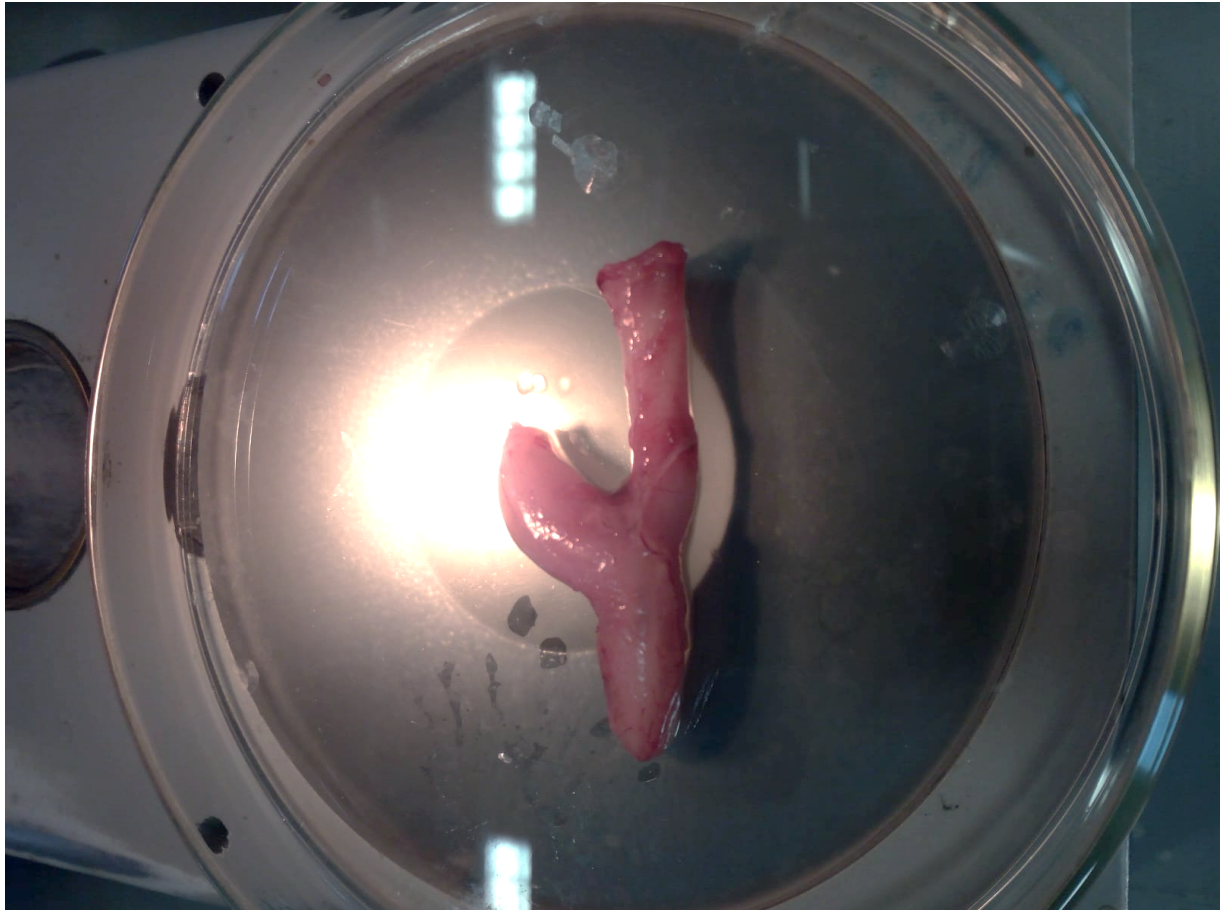


Figura 36: Stomaco di Trachurus mediterraneus

Osservando il campione sotto lo stereoscopio binoculare "Zeiss® Stemi DV4" e il microscopio Bresser biolux NV con ingrandimento da 8x a 32x, e aiutandosi con pinzetta e bisturi, si è proceduto delicatamente alla perforazione ed apertura dello stomaco.

L'intero contenuto viene estratto dal sacco tramite accurato risciacquo con alcool al 70% e l'involucro vuoto viene lasciato ad asciugare su carta assorbente per 5 minuti e pesato subito dopo sulla bilancia elettronica.

Il valore ricavato, sottratto al peso dello stomaco asportato dal pesce, fornisce il peso del solo contenuto stomacale.

Quanto estratto viene distribuito il più omogeneamente possibile in corrispondenza dei 16 quadrati della capsula petri ed esaminato per individuare i frammenti di materiale plastico eventualmente contenuti.

Il tempo di osservazione allo stereoscopio dei contenuti stomacali è stato fissato a 10 minuti; durante questo arco di tempo, partendo dall'ingrandimento minore fino a quello maggiore, si è proceduto con l'osservazione di tutti i quadrati, al prelievo con pinzette delle fibre, delle microsfele e dei frammenti rinvenuti.

Prima del loro trasferimento in un'apposita boccetta di vetro opportunamente etichettata e contenente un piccolo quantitativo di alcool 70%, ogni frammento è stato misurato e fotografato.

I ritrovamenti di μP sono stati registrati nel documento Excel, in corrispondenza del codice identificativo del singolo esemplare, unitamente a tipologia e colore dei residui artificiali rinvenuti.

2.4) Analisi delle microplastiche

Per identificare la natura chimica dei diversi frammenti di materiale plastico rinvenuti all'interno dei contenuti stomacali esaminati, si è proceduto all'analisi spettroscopica dei singoli corpuscoli individuati.

Questa indagine è stata svolta nel Laboratorio di Chimica Analitica dell'Università di Genova, con la gentile collaborazione del Dottor Walter Sgroi, tecnico analista del Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale.

L'applicazione del metodo di analisi a spettroscopia IR a trasformata di Fourier (FT-IR) ha consentito di caratterizzare il materiale dei frammenti plastici rinvenuti,

utilizzando lo spettrometro FT-IR “Perkin Elmer® Spectrum 65”, mentre non è stato possibile individuare la natura chimica delle numerose minute fibre tessili ingerite dai pesci.

Per ogni frammento di μP , è stato prodotto uno spettro di assorbimento che ha consentito di risalire alla tipologia di plastica di cui esso è costituito.

2.5) Sorting, conteggio e classificazione

Tutti i dati ricavati dalle varie procedure di analisi sono stati raccolti in un documento in formato Excel, sul quale in seguito sono state condotte le successive valutazioni.

Nel documento sono state registrate le seguenti voci:

- Data del campione
- Numero identificativo
- Lunghezza
- Peso
- Sesso
- Peso delle gonadi (g)
- Peso dello stomaco comprensivo del contenuto gastrico (g)
- Peso dello stomaco vuoto (g)
- Peso calcolato del solo contenuto gastrico (g)
- Tipologia di μP rilevata nel campione: fibra tessile, frammento
- Colore della μP : blu, rosso, verde, nero, bianco, trasparente
- Eventuale presenza di Anisakis

2.6) Sorgenti di errore e contaminazione

Durante le varie procedure è stata prestata molta attenzione al rischio di possibili contaminazioni del campione.

Per limitare al massimo questo rischio, durante tutte le operazioni sono stati indossati guanti in nitrile e camice bianco da laboratorio.

Ogni strumento è stato accuratamente sciacquato in acqua successivamente all'analisi di ogni campione, in modo da evitare ogni genere di contaminazione, sia su pinzette che direttamente sulla capsula petri, legata all'osservazione dell'individuo precedente.

Prima di procedere all'apertura degli stomaci, ogni campione è stato sciacquato con alcool 70% per eliminare l'eventuale presenza di eventuali μP sulla parete esterna dello stomaco.

Talvolta assieme ai contenuti stomacali sono stati rinvenuti materiali organici che possono facilmente essere scambiati per microplastiche, prime fra tutte, le scaglie degli stessi pesci che durante la cattura vengono ingerite accidentalmente. Altra fonte di incertezza è dovuta al ritrovamento, in alcuni individui, di grossi quantitativi di gusci carbonatici (ad es., *Creseis* spp e *Limacina* spp) parzialmente digeriti Fig. 37).

In alcuni campioni sono stati rinvenuti frammenti di materiale vegetale e detriti silicatici o carbonatici che in una prima fase sono stati considerati microplastiche.

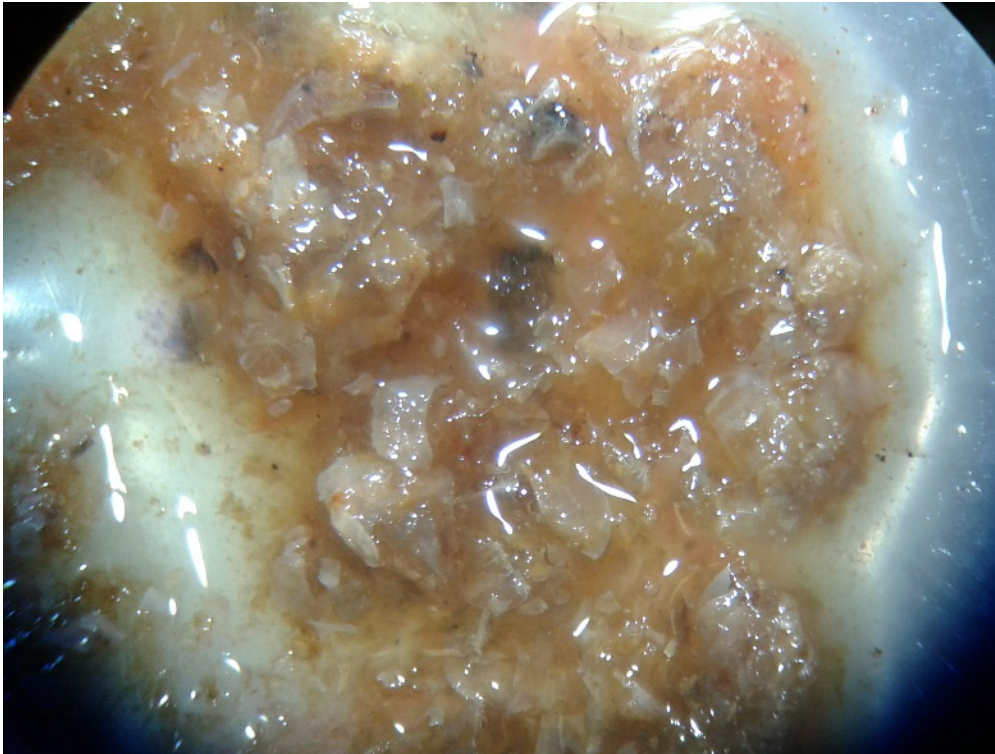


Figura 37: Gusci carbonatici parzialmente digeriti nel contenuto stomacale di Sarpa salpa

CAPITOLO 3: Risultati

3.1) Risultati ricavati dal dispositivo SeaBin.

Il dispositivo è stato seguito dal 23/09/2018 al 01/09/2019 ricavando un data set in grado di mostrare, durante le 46 settimane prese in esame, le fluttuazioni temporali mensili del contenuto di materiali rinvenuti all'interno del SeaBin.

Prendendo in considerazione ogni mese, nella seguente tabella (Tab.4) sono apprezzabili le quantità espresse in grammi di detrito rinvenuto mensilmente, nella prima colonna per ogni mese è indicato il totale, ripartito poi nelle tre categorie in cui il rifiuto è stato classificato e di cui il quantitativo è osservabile nelle colonne a destra.

	TOT	TOT VEG	TOT PLAST	TOT ORGAN
SETTEMBRE	1956,4	1309,7	623,6	23,1
OTTOBRE	4930,3	3803,3	980,9	146,1
NOVEMBRE	4311,5	3155,9	1105	50,6
DICEMBRE	3169,3	2638,9	512,8	17,6
GENNAIO	3390,6	2638,9	657,6	94,1
FEBBRAIO	2060,6	1675,9	347,7	37
MARZO	1763,3	1219,7	381,8	161,8
APRILE	2340,8	1945,4	348,5	46,9
MAGGIO	1418	1077,3	304,5	36,2
GIUGNO	2482,1	1862	556,2	63,9
LUGLIO	1926,3	1148,2	692,2	85,9
AGOSTO	1849,8	686,7	1109,6	53,5

Tabella 4: Grammi totali dei detriti raccolti mensilmente

La maggior concentrazione di detrito (considerato per ora nella sua totalità) è stata rinvenuta tra i mesi di ottobre e di gennaio (Fig. 38), in corrispondenza di eventi piovosi anche di notevole intensità, che proprio in questi mesi sono soliti colpire il ponente Ligure e quindi l'area interessata.

Durante il mese di ottobre 2018 è stato registrato il più alto quantitativo di materiale raccolto, con un peso totale di 4930 g. Occorre precisare che durante il mese di ottobre si è abbattuto un violento nubifragio che ha sicuramente contribuito all'accumulo di detriti all'interno della Marina di Varazze, pregiudicandone l'agibilità per diversi giorni.

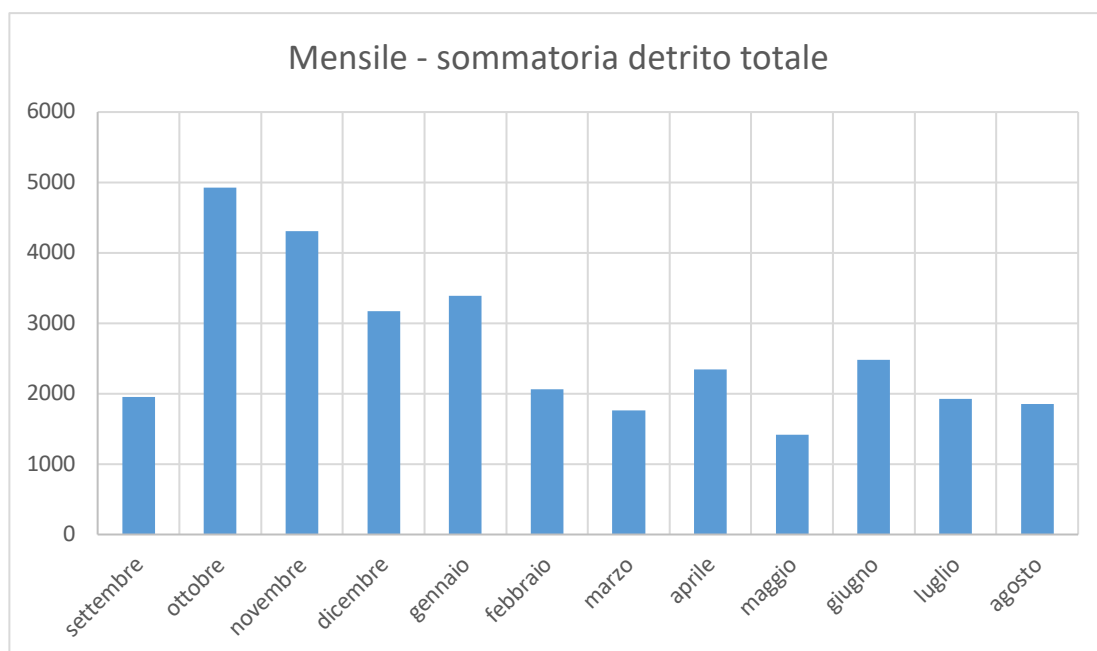


Figura 38: Detrito totale mensile cumulato

La porzione vegetale del detrito rappresenterebbe la principale porzione rinvenuta all'interno del dispositivo, non solo durante il mese di ottobre, quando questo valore si è attestato a 3803 g, ma praticamente in quasi tutti i mesi presi in esame (Fig.39).

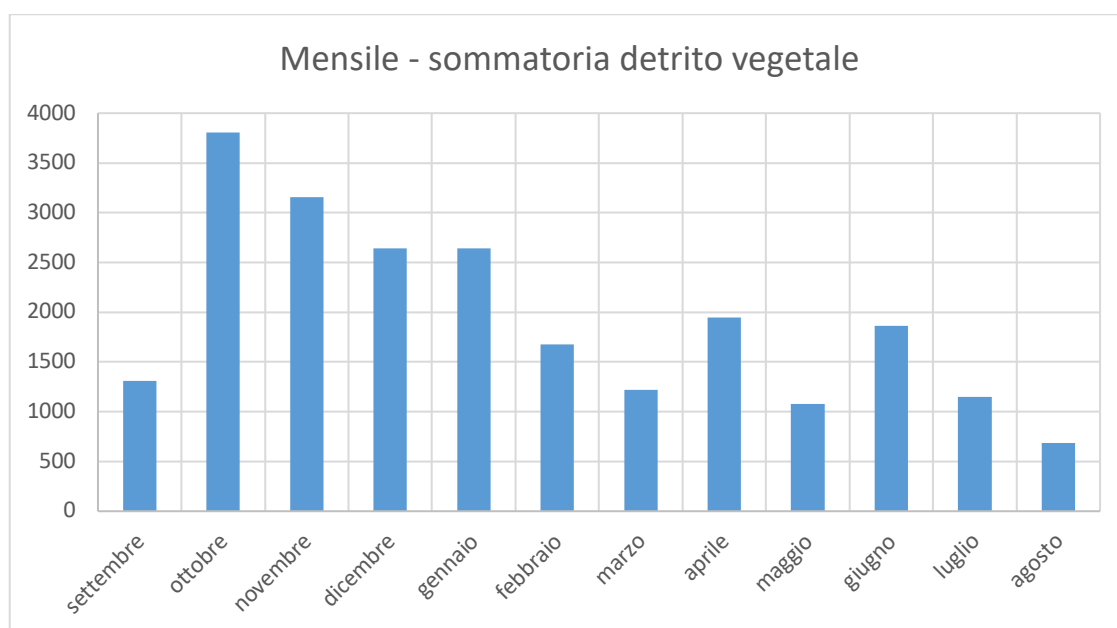


Figura 39: Detrito vegetale mensile cumulato

Durante questi mesi (da ottobre a gennaio) anche il detrito plastico, inclusa la frazione microplastica, ha costituito una parte importante dell'accumulo (Fig. 40), Sempre durante il mese di ottobre sono stati registrati elevati quantitativi di plastica (980,9 g), terzo più alto quantitativo di materiale plastico, inferiore solamente ai mesi di novembre ed agosto.

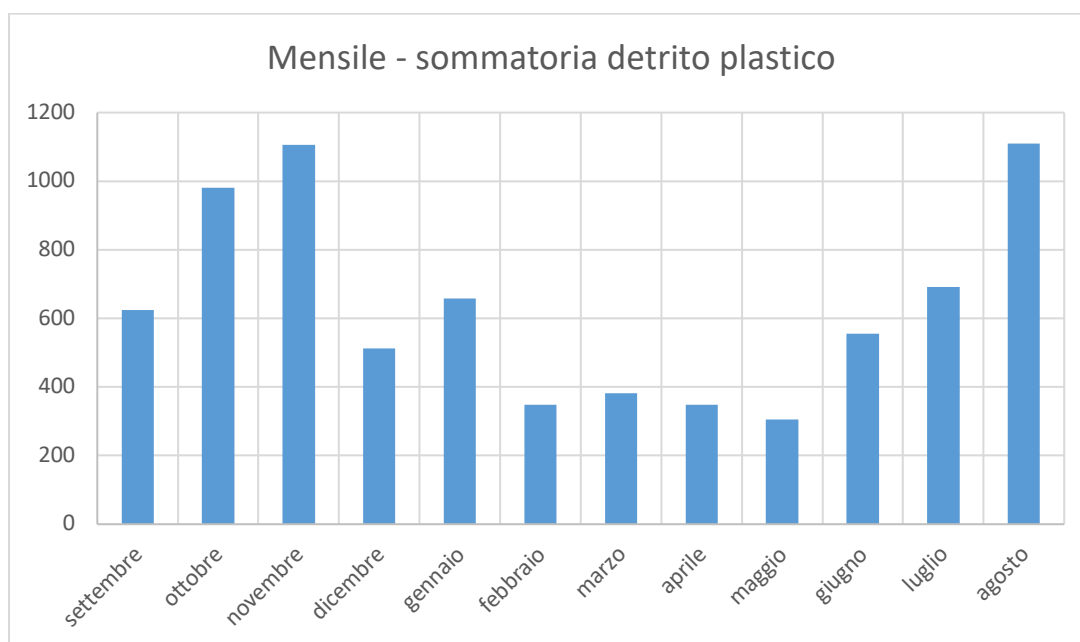


Figura 40: Detrito plastico mensile cumulato

Sono stati finora illustrati i risultati frutto della distribuzione cumulata del detrito classificato nelle tre categorie analizzate, di seguito invece sono stati analizzati i quantitativi medi di detrito nelle tre categorie classificate durante il corso dei mesi presi in esame (Tab.5).

	MED TOT	MED VEG	MED PLAST	MED ORGAN
SETTEMBRE	978,2	654,85	311,8	11,55
OTTOBRE	1232,575	950,825	245,225	36,525
NOVEMBRE	1077,875	788,975	276,25	12,65
DICEMBRE	792,325	659,725	128,2	4,4
GENNAIO	847,65	659,725	164,4	23,525
FEBBRAIO	515,15	418,975	86,925	9,25

MARZO	440,825	304,925	95,45	40,45
APRILE	585,2	486,35	87,125	11,725
MAGGIO	354,5	269,325	76,125	9,05
GIUGNO	620,525	465,5	139,05	15,975
LUGLIO	481,575	287,05	173,05	21,475
AGOSTO	462,45	171,675	277,4	13,375

Tabella 5: Media mensile dei detriti raccolti

Anche qui l'andamento delle medie dei quantitativi espressi in grammi dei detriti raccolti per ogni categoria ricalca decisamente l'andamento cumulativo mensile. Nel suo complesso, vi è una diminuzione della presenza di detrito man mano che ci si avvicina verso i mesi primaverili ed estivi, confermando autunno ed inverno come i più interessati da questo fenomeno, con un picco di 1232,6 g di media durante il mese di ottobre (Fig.41).

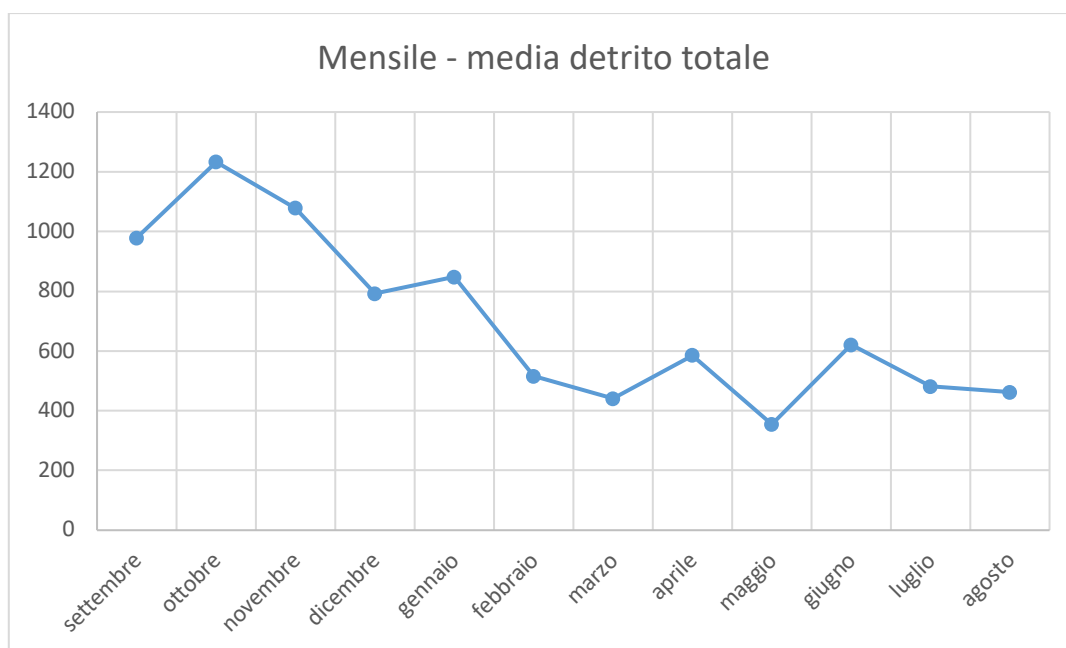


Figura 111: Media detrito totale mensile

Anche per quanto riguarda il detrito vegetale l'andamento è analogo a quello del detrito totale, di cui appunto ne costituisce la porzione più consistente (Fig. 42).

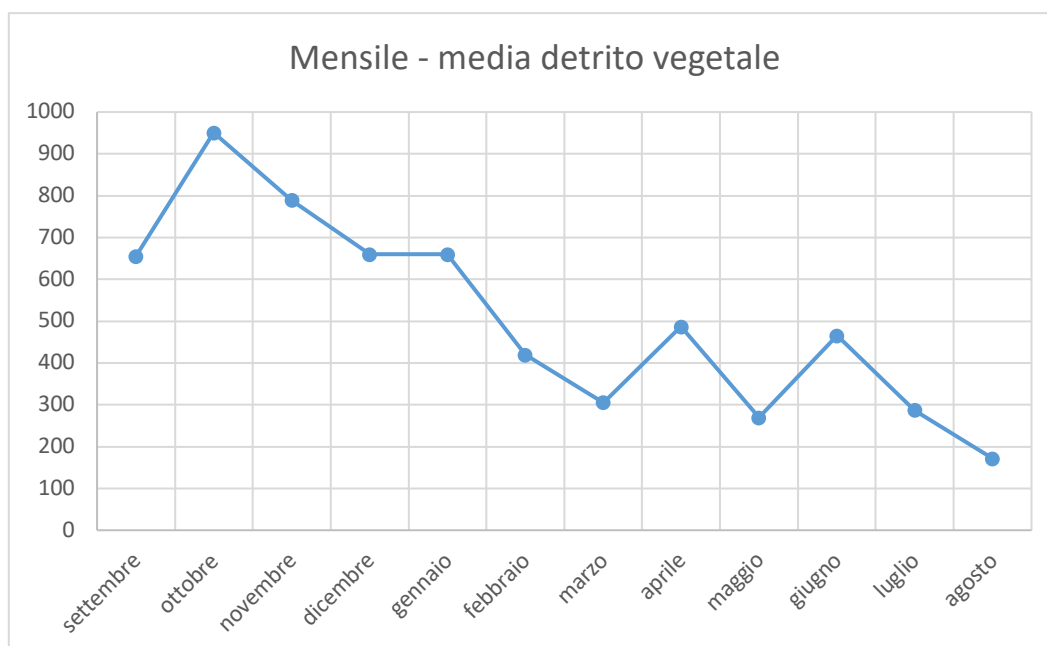


Figura 42: Media detrito vegetale mensile

La variazione più apprezzabile è stata riscontrata analizzando i dati riguardanti il detrito plastico, (Fig. 43) in cui appaiono evidenti due periodi dell'anno in cui la concentrazione aumenta sensibilmente.

Da settembre a novembre i valori si attestano sopra i 245 g mensili, per poi scendere e mantenersi a quantitativi molto più bassi tra i mesi di febbraio, marzo, aprile e maggio.

I mesi di giugno, luglio ed agosto vedono un'inversione del trend, il quale mostrerebbe come avvicinandosi al periodo estivo i quantitativi di plastiche rinvenute accresca sensibilmente, sino a raggiungere nel mese di agosto una media di 277,4 g a settimana ed un record cumulativo di 1109,6 g.

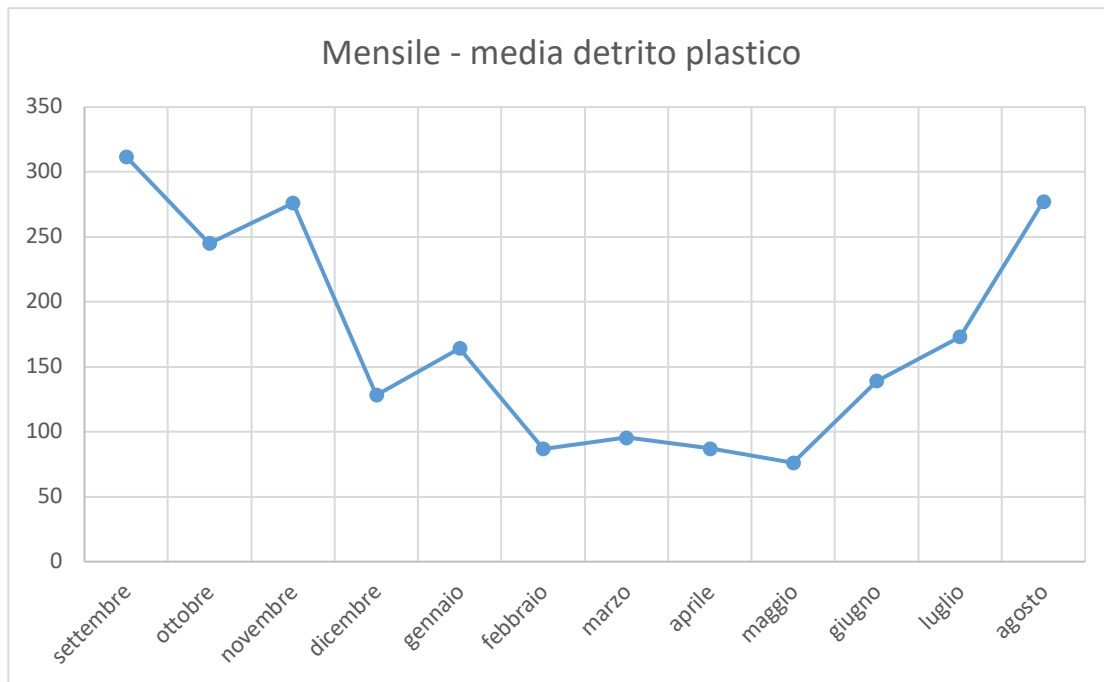


Figura 43: Media detrito plastico mensile

Per quanto riguarda il detrito organico totale, almeno quello macroscopicamente osservabile, esso era rappresentato prevalentemente da 2 specie animali: *Mugil cephalus* e un crostaceo appartenente alla specie *Palaemon elegans*, con occasionali rinvenimenti di *Nerocilia bivittata*, tutti gli individui sono stati rinvenuti per la maggior parte dei casi ancora in buono stato di salute e liberati nuovamente all'interno del porto.

La sommatoria del detrito totale, non evidenzierebbe importanti fluttuazioni, se non una distribuita casualità del fenomeno (Fig.44)

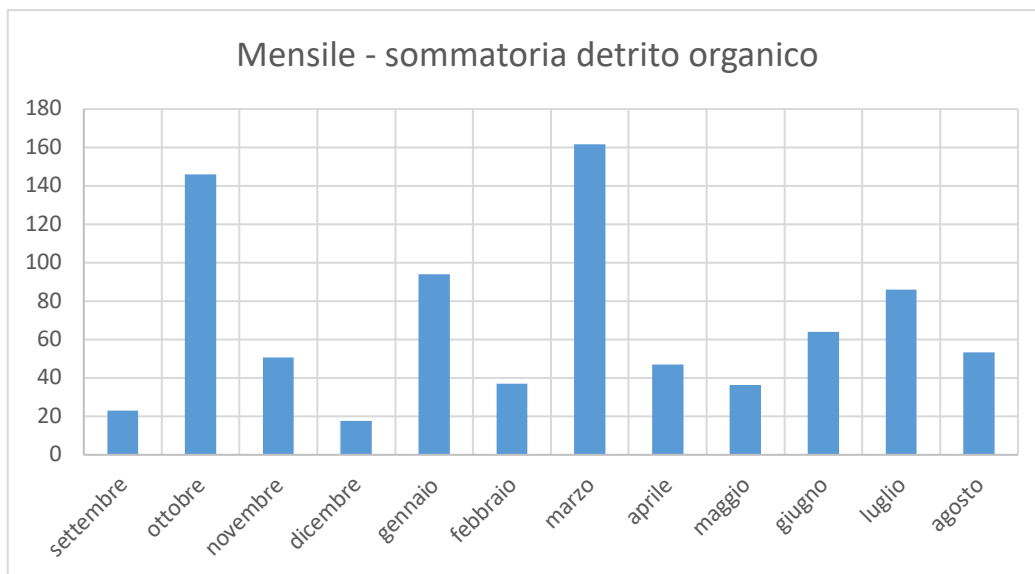


Figura 44: Detrito organico mensile cumulato

Il peso totale non rappresenterebbe un valore indicativo della quantità di materia organica in relazione al tempo di raccolta, più importanza è stata data al numero di individui rinvenuti (tab. 6)

	TOT	MUGIL CEPHALUS	PALAEMON ELEGANS
SETTEMBRE	18	1	17
OTTOBRE	18	2	16
NOVEMBRE	38	4	34
DICEMBRE	18	1	17
GENNAIO	36	8	28
FEBBRAIO	19	9	10
MARZO	21	2	19
APRILE	30	6	24
MAGGIO	26	2	24
GIUGNO	25	6	19
LUGLIO	18	3	15
AGOSTO	12	5	7
TOT	279	49	230

Tabella 6: Conteggio organismi animali rinvenuti

In totale, durante l'intero periodo preso in esame, all'interno del SeaBin sono stati conteggiati 279 individui, di questi, 49 appartenenti alla specie *Mugil cephalus* e 230 individui appartenenti alla specie *Palaemon elegans*, rispettivamente il 18% e l'82% (Fig. 45).

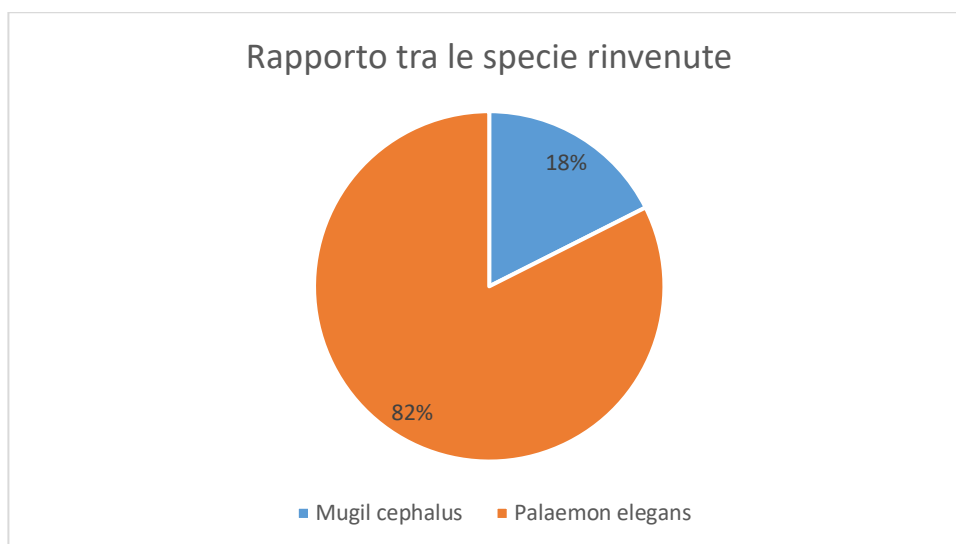


Figura 45: Rapporto percentuale tra le specie rinvenute

Dalla precedente tabella sono stati ricavati i seguenti grafici, i quali anche qui mostrerebbero una distribuzione piuttosto casuale del fenomeno (Fig. 46).

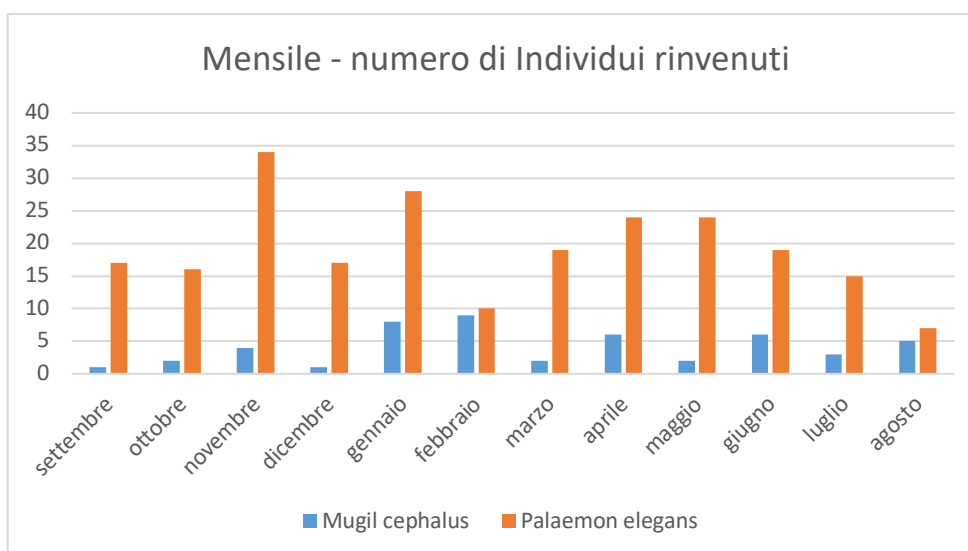


Figura 46: Distribuzione mensile degli individui rinvenuti

I 49 individui di *Mugil cephalus* (18%) rinvenuti ancora vivi all'interno del SeaBin avevano tutti dimensioni comprese tra i 3 cm e i 6,5 cm, ad esclusione di un singolo individuo delle dimensioni di 15 cm apparentemente indebolito, deceduto poco dopo e al cui interno erano presenti 2 frammenti di plastica e diversi pezzetti di legno, di dimensioni variabili tra 0,5 mm e 1,2 cm.

La distribuzione della presenza di *Mugil cephalus* all'interno del SeaBin appare casuale, spiccano tra tutti i mesi di gennaio e febbraio, in cui sono stati raccolti rispettivamente 8 e 9 individui.

Per quanto riguarda la specie *Palaemon elegans*, sono stati rinvenuti 230 individui, rappresentanti l'82% del detrito organico.

Su questi ultimi individui non sono state condotte analisi morfometriche, in quanto la presenza di tali crostacei non risultata essere di particolare rilevanza ai fini del progetto.

3.2) Distribuzione di μ P nei contenuti stomacali.

Di seguito sono mostrati i risultati ottenuti dall'analisi dei contenuti stomacali dei campioni prelevati, suddivisi a seconda della specie.

3.2.1) Risultati della presenza di μ P in *Trachurus mediterraneus*.

Per questa specie sono stati presi in considerazione 106 esemplari in 15 differenti occasioni di campionamento, in un periodo compreso tra il 12/11/2018 e il 21/09/2021, raccogliendo una media di 7,06 esemplari a campionamento.

Dei 106 campioni analizzati 31 possedevano corpi estranei di natura plastica nei contenuti stomacali, di questi, 27 contenevano da una fino ad un massimo di 2 fibre, mentre 4 contenevano frammenti (Tab.7), pertanto è possibile desumere che il 29% dei campioni conterrebbe materiale plastico di natura generica nei contenuti stomacali, mentre il 71% dei campioni ne sarebbe privo.

uP	tot
null	75
frammenti	4
fibre	27

Tabella 7: Ripartizione μP nei campioni

Delle microplastiche rinvenute è espressa di seguito la ripartizione percentuale, la quale mostrerebbe che dei 106 campioni esaminati, solo il 4% risulterebbe aver ingerito microplastiche in forma di frammenti (Fig.47).

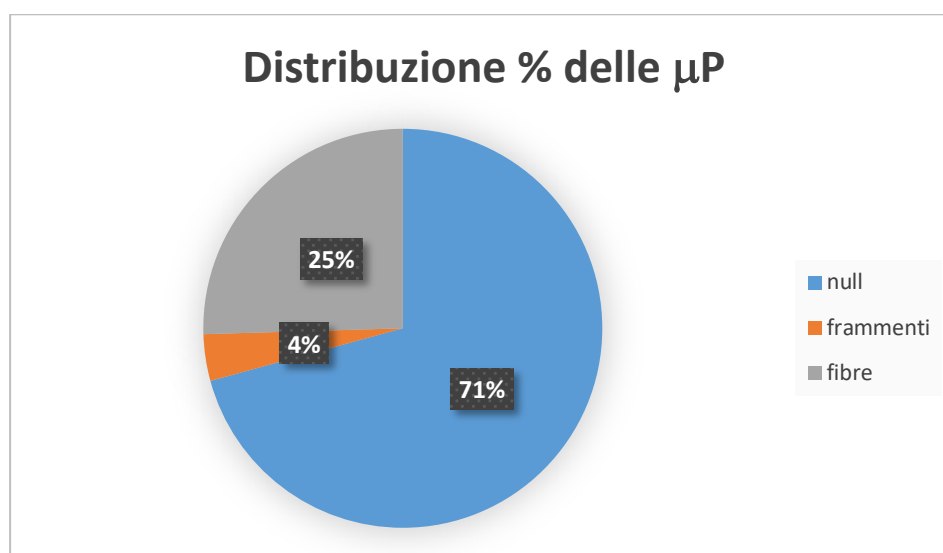


Figura 47: Distribuzione % delle microplastiche nei campioni di Trachurus mediterraneus

Per quanto riguarda le colorazioni rinvenute di fibre e frammenti, essi hanno mostrato la seguente distribuzione (Tab.8), evidenziando una marcata presenza di

fibre blu e nere rispetto alle altre colorazioni, nonché la presenza di una maggior parte di frammenti trasparenti.

		blu	rosso	verde	nero	bianco	trasparente
fibra	33	18	3	0	11	0	1
frammento	4	0	0	0	1	0	3

Tabella 8: Distribuzione delle differenti colorazioni di fibre e frammenti nei campioni

Tale distribuzione è rappresentata graficamente di seguito (Fig.48), in cui vengono confrontate le per tipologia e colorazioni le particelle rinvenute, mostrando come per il totale di fibre rinvenute il 55% fosse di colore blu, il 33% nero e rispettivamente 9% per la colorazione rossa e 3% per le fibre trasparenti.

Per quanto riguarderebbe i frammenti rinvenuti invece, il 75% avrebbe una colorazione trasparente, mentre il 15% nera.

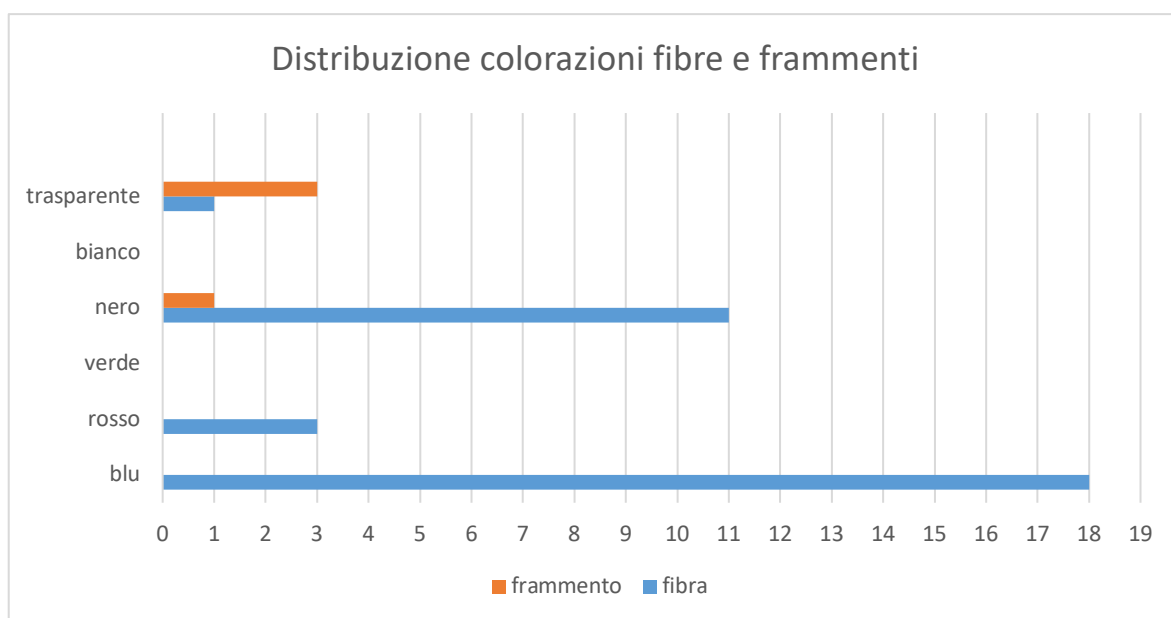


Figura 48: Distribuzione delle colorazioni di fibre e frammenti nei campioni di Trachurus mediterraneus

In base alle caratteristiche morfologiche di lunghezza e peso degli individui, è stato possibile osservare come la presenza di fibre e frammenti fossero distribuiti all'interno del campione in relazione a tali parametri.

Nella seguente tabella (Tab.9) sono espressi i valori medi di lunghezza, peso, peso totale dello stomaco, peso dello stomaco vuoto e peso del contenuto stomacale.

	Lung.	Peso	Peso stomaco tot	Peso Stomaco vuoto	Peso contenuto stomacale
MED	17,6	58,9	0,84462	0,47545	0,36917

Tabella 9: Valori di riferimento per Trachurus mediterraneus

Confrontando i valori di norma con quelli degli individui in cui è stata rilevata la presenza di microplastiche nei contenuti stomacali è apprezzabile come quest'ultimi si attestino al di sopra dei valori medi, indicando come ad una maggior dimensione e peso possa essere associabile una maggiore probabilità di rinvenimento di microplastiche nei contenuti stomacali (Tab.10).

	Lung.	Peso	Peso Stomaco tot	Peso Stomaco vuoto	Peso contenuto stomacale
MED TOT	18,5	61,3	0,87631	0,47689	0,39942
MED FIBRE	18,6	63,1	0,85191	0,50487	0,34704
MED FRAMM	17,9	49,0	1,04107	0,28807	0,75300

Tabella 10: Valori di riferimento per individui di Trachurus mediterraneus contenenti microparticelle

Gli individui contenenti microplastiche in forma generica si discostano dalla media per una lunghezza maggiore di circa 0,9 cm e per un peso superiore di 2,4 g.

Quelli contenenti fibre hanno una lunghezza media superiore di 1 cm e peso superiore di 4,2 g, mentre quelli contenenti frammenti possiedono dimensioni superiori di 0,3 cm e peso inferiore di 9,9 g (Tab.11).

	lung.	peso
MED	17,6	58,9
MED uP	18,5	61,3
MED FIBRE	18,6	63,1
MED FRAMM	17,9	49,0

Tabella 11: Valori di riferimento medi di lunghezza e peso

Tale proporzione tra lunghezza e peso di individui contenenti fibre e frammenti e lunghezza e peso medio del campione totale è descritta tramite la seguente rappresentazione grafica (Fig.49).

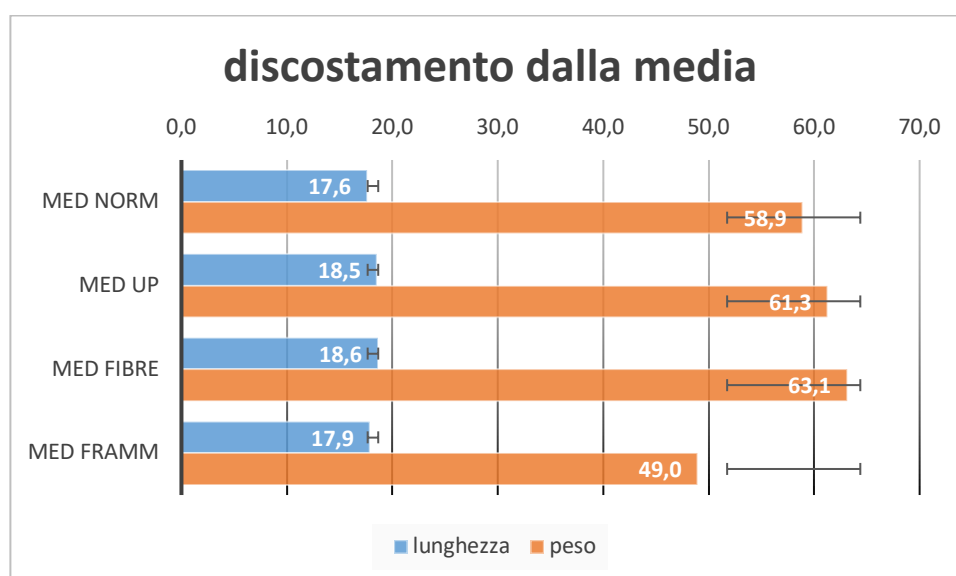


Figura 49: Variazioni dei valori di lunghezza e peso medio di individui contenenti microplastiche rispetto alla media di lunghezza e peso di tutti gli individui di Trachurus mediterraneus.

Per quanto riguarda il peso totale dello stomaco, il peso dello stomaco vuoto e del contenuto stomacale, anche qui sono apprezzabili dei significativi discostamenti rispetto alla media della totalità del campione (Tab.12).

Gli individui contenenti microplastiche in forma generica si discostano dalla media del campione per un peso totale dello stomaco maggiore di 0,03169 g, di 0,00144 g per quanto riguarda il peso dello stomaco vuoto, e di 0,03025 g per il solo contenuto stomacale.

Gli individui contenenti fibre possiedono un peso stomacale maggiore di 0,0079g rispetto alla media totale degli individui campionati, di 0,02942 g in più per quanto riguarda il peso del solo stomaco, e di 0,02213 g in meno per quanto riguarda il contenuto stomacale.

	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED norm	0,84462	0,47545	0,36917
MED uP	0,87631	0,47689	0,39942
MED FIBRE	0,85191	0,50487	0,34704
MED FRAMM	1,04107	0,28807	0,75300

Tabella 12: Valori di riferimento medi delle varie misurazioni condotte sullo stomaco

Per quanto riguarda i campioni all'interno dei cui stomaci sono stati rinvenuti frammenti, questi 4 individui hanno mostrato avere valori medi del peso totale dello stomaco superiore di 0,19645 g rispetto alla media del peso dello stomaco di tutti i campioni, un valore inferiore di 0,18738 g per il solo stomaco vuoto, e maggiore di 0,38383 di contenuto stomacale.

Tale proporzione tra peso totale dello stomaco, peso dello stomaco vuoto e del contenuto stomacale di individui contenenti fibre e frammenti e gli stessi indici considerati sulla totalità del campione è descritta tramite la seguente rappresentazione grafica (Fig.50).

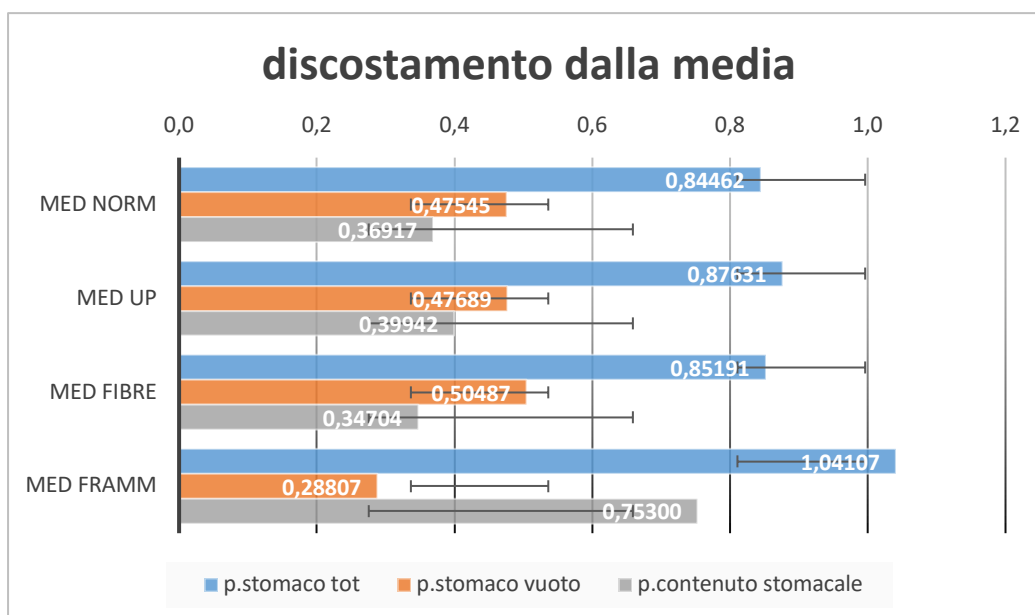


*Figura 50: Variazioni dei valori delle misurazioni condotte sullo stomaco di individui contenenti microplastiche rispetto alla media per gli stessi valori di tutti gli individui di *Trachurus mediterraneus*.*

3.2.2) Risultati della presenza di μ P in *Scomber colias*.

Per questa specie sono stati presi in considerazione 42 esemplari in 7 differenti occasioni di campionamento, in un periodo compreso tra il 12/11/2018 e il 01/11/2021, raccogliendo una media di 6 esemplari a campionamento.

Dei 42 campioni analizzati 14 possedevano corpi estranei di natura plastica nei contenuti stomacali, di questi, 11 contenevano da una fino ad un massimo di 2 fibre, mentre 3 contenevano frammenti (Tab.13), pertanto è possibile desumere che il 33% dei campioni conterrebbe materiale plastico di natura generica nei contenuti stomacali, mentre il 67% dei campioni ne sarebbe privo.

uP	tot
null	28
frammenti	3
fibre	11

Tabella 13: Ripartizione μP nei campioni

Delle microplastiche rinvenute è espressa di seguito la ripartizione percentuale, la quale mostrerebbe che dei 42 campioni esaminati, solo il 7% risulterebbe aver ingerito microplastiche in forma di frammenti (Fig.51).

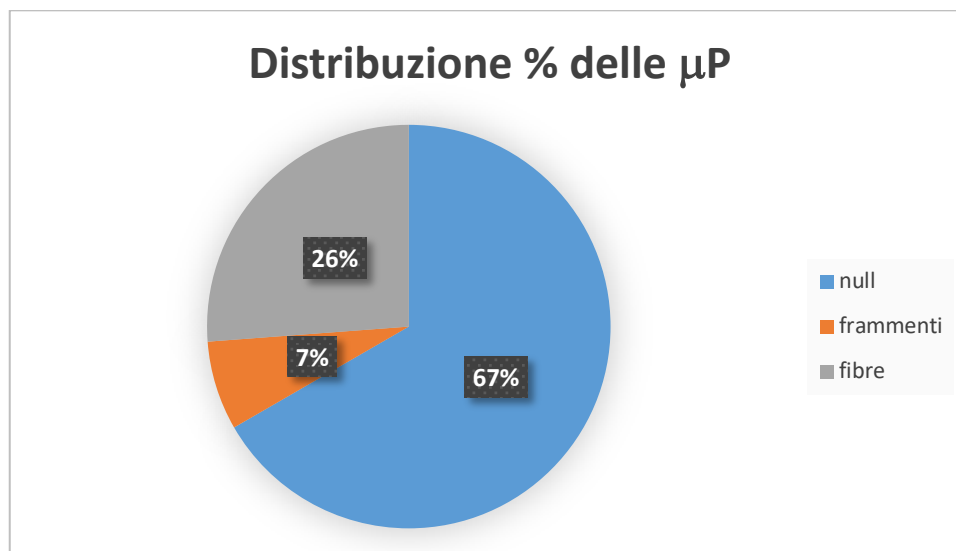


Figura 51: Distribuzione % delle microplastiche nei campioni di *Scomber colias*

Per quanto riguarda le colorazioni rinvenute di fibre e frammenti, essi hanno mostrato la seguente distribuzione (Tab.14), evidenziando una marcata presenza di fibre blu e nere rispetto alle altre colorazioni, nonché la presenza di soli frammenti trasparenti.

		blu	rosso	verde	nero	bianco	trasparente
fibra	17	11	1	0	5	0	0
frammento	3	0	0	0	0	0	3

Tabella 14: Distribuzione delle differenti colorazioni di fibre e frammenti nei campioni

Tale distribuzione è rappresentata graficamente di seguito (Fig.52), in cui vengono confrontate le per tipologia e colorazioni le particelle rinvenute, mostrando come per il totale di fibre rinvenute il 65% fosse di colore blu, il 29% nero e rispettivamente 6% rosse, assenti altre colorazioni.

Per quanto riguarderebbe i frammenti rinvenuti invece, è sono stati rinvenuti esclusivamente particelle trasparenti.

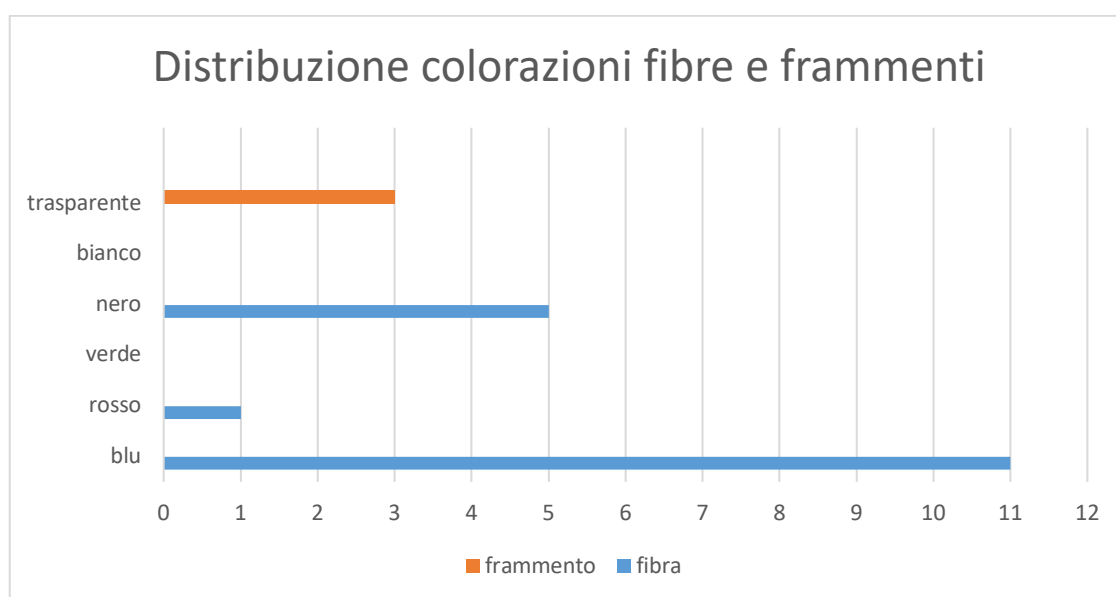


Figura 52: Distribuzione delle colorazioni di fibre e frammenti nei campioni di *Scomber colias*

In base alle caratteristiche morfologiche di lunghezza e peso degli individui, è stato possibile osservare come la presenza di fibre e frammenti fossero distribuiti all'interno del campione in relazione a tali parametri.

Nella seguente tabella (Tab.15) sono espressi i valori medi di lunghezza, peso, peso totale dello stomaco, peso dello stomaco vuoto e peso del contenuto stomacale.

	lung.	peso	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	26,1	161,1	3,68336	1,44566	2,23770

Tabella 15: Valori di riferimento per *Scomber colias*

Confrontando i valori di norma con quelli degli individui in cui è stata rilevata la presenza di microplastiche nei contenuti stomacali è apprezzabile come quest'ultimi si attestino al di sopra dei valori medi, indicando come ad una maggior dimensione e peso possa essere associabile una maggiore probabilità di rinvenimento di microplastiche nei contenuti stomacali (Tab.16).

	lung.	peso	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED uP	26,8	175,3	4,11821	1,54470	2,57351
MED FIBRE	24,7	128,5	2,64349	1,21792	1,42557
MED FRAMM	30,5	262,0	6,23063	2,06964	4,16099

Tabella 16: Valori di riferimento per individui di Scomber colias contenenti microparticelle

Gli individui contenenti microplastiche in forma generica si discostano dalla media per una lunghezza maggiore di circa 0,7 cm e per un peso superiore di 14,2 g.

Quelli contenenti fibre hanno una lunghezza media inferiore di 1,4 cm e peso inferiore di 32,6 g, mentre quelli contenenti frammenti possiedono dimensioni medie superiori di 4,4 cm e peso superiore di 100,9 g rispetto alla totalità del campione (Tab.17).

Questo mostrerebbe come le microplastiche sotto forma di frammenti potrebbero essere associate ad una maggiore taglia.

	lung.	peso
MED	26,1	161,1
MED uP	26,8	175,3
MED FIBRE	24,7	128,5
MED FRAMM	30,5	262,0

Tabella 17: Valori di riferimento medi di lunghezza e peso

Tale proporzione tra lunghezza e peso di individui contenenti fibre e frammenti e lunghezza e peso medio del campione totale è descritta tramite la seguente rappresentazione grafica (Fig.53).

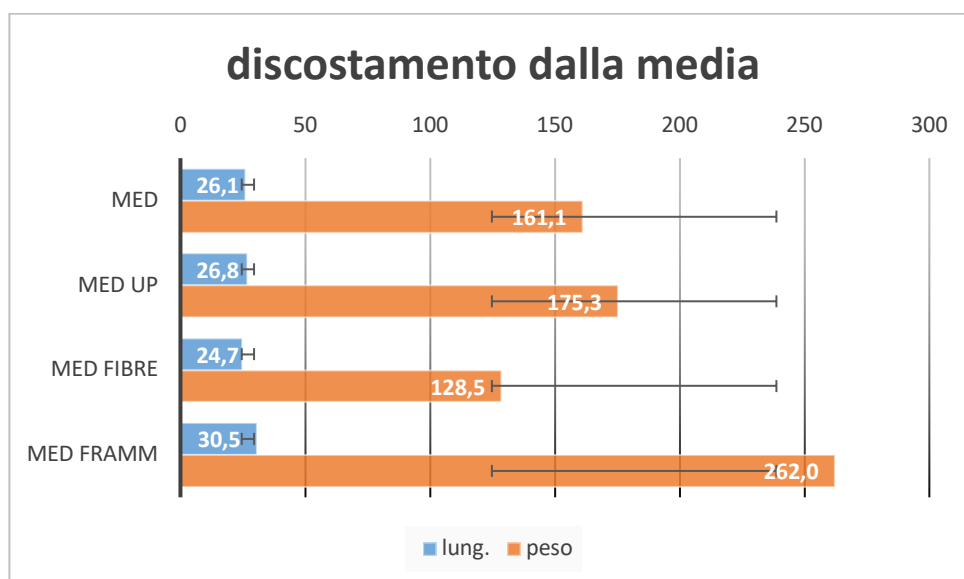


Figura 53: Variazioni dei valori di lunghezza e peso medio di individui contenenti microplastiche rispetto alla media di lunghezza e peso di tutti gli individui di Scomber colias.

Per quanto riguarda il peso totale dello stomaco, il peso dello stomaco vuoto e del contenuto stomacale, anche qui sono apprezzabili dei significativi discostamenti rispetto alla media della totalità del campione (Tab.18).

Gli individui contenenti microplastiche in forma generica si discostano dalla media del campione per un peso totale dello stomaco maggiore di 0,43485 g, maggiore di 0,09904 g per quanto riguarda il peso dello stomaco vuoto, e di 0,33581 g in più per il solo contenuto stomacale.

Gli individui contenenti solo fibre possiedono un peso stomacale mediamente inferiore di 1,03987 g rispetto alla media totale degli individui campionati, di 0,22774 g inferiore per quanto riguarda il peso del solo stomaco ed inferiore di 0,81213 g per il contenuto stomacale.

	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	3,68336	1,44566	2,2377
MED uP	4,11821	1,54470	2,57351
MED FIBRE	2,64349	1,21792	1,42557
MED FRAMM	6,23063	2,06964	4,16099

Tabella 18: Valori di riferimento medi delle varie misurazioni condotte sullo stomaco

Per quanto riguarda i campioni all'interno dei cui stomaci sono stati rinvenuti frammenti, questi 3 individui hanno mostrato avere valori medi del peso totale dello stomaco superiore di 2,54727 g rispetto alla media del peso dello stomaco di tutti i campioni, un valore superiore di 0,62398 g per il solo stomaco vuoto, e maggiore di 1,92329 per il contenuto stomacale.

Tale proporzione tra peso totale dello stomaco, peso dello stomaco vuoto e del contenuto stomacale di individui contenenti fibre e frammenti e gli stessi indici considerati sulla totalità del campione è descritta tramite la seguente rappresentazione grafica (Fig.54).

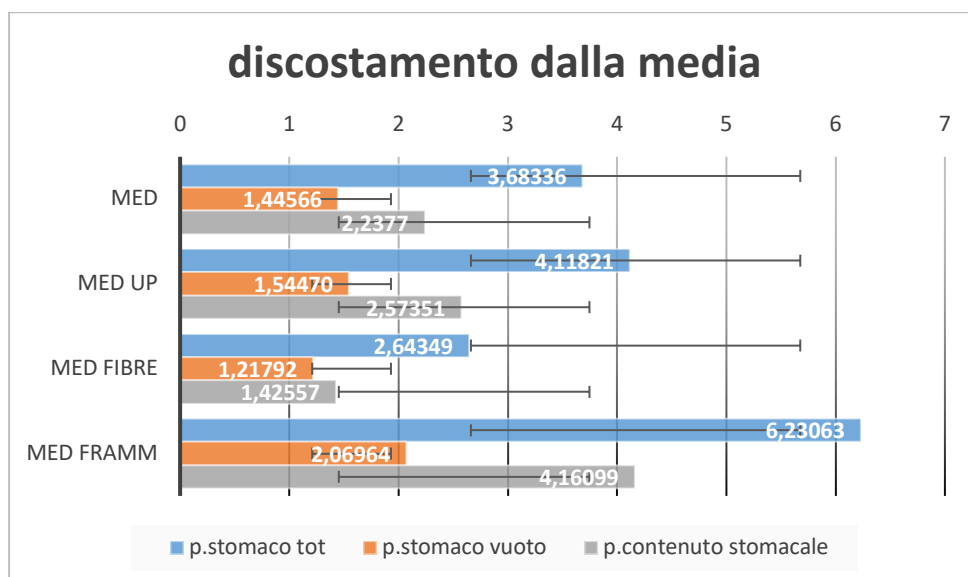


Figura 54: Variazioni dei valori delle misurazioni condotte sullo stomaco di individui contenenti microplastiche rispetto alla media per gli stessi valori di tutti gli individui di Scomber colias.

3.2.3) Risultati della presenza di μ P in Auxis rochei

Per questa specie sono stati presi in considerazione 30 esemplari in 6 differenti occasioni di campionamento, in un periodo compreso tra il 12/11/2018 e il 01/11/2021, raccogliendo una media di 5 esemplari a campionamento.

Dei 30 campioni analizzati 10 possedevano corpi estranei di natura plastica nei contenuti stomacali, di questi, 8 contenevano da una fino ad un massimo di 2 fibre, mentre 2 contenevano frammenti (Tab.19), pertanto è possibile desumere che il 33% dei campioni conterrebbe materiale plastico di natura generica nei contenuti stomacali, mentre il 67% dei campioni ne sarebbe privo.

uP	tot
null	20
frammenti	2
fibre	8

Tabella 19: Ripartizione μ P nei campioni

Delle microplastiche rinvenute è espressa di seguito la ripartizione percentuale, la quale mostrerebbe che dei 30 campioni esaminati, solo il 6% risulterebbe aver ingerito microplastiche in forma di frammenti (Fig.55).

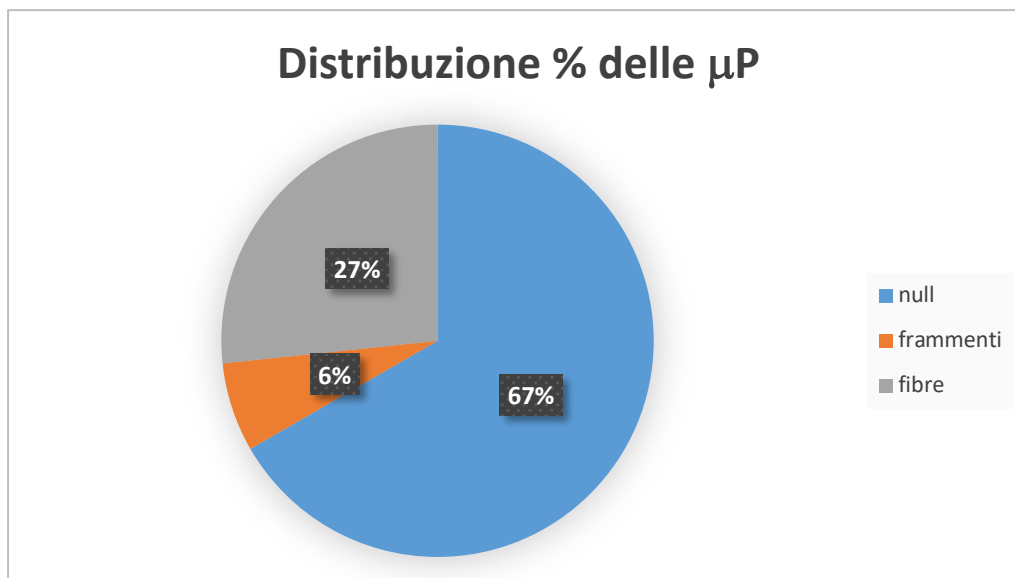


Figura 55: Distribuzione % delle microplastiche nei campioni di Auxis rochei

Per quanto riguarda le colorazioni rinvenute di fibre e frammenti, essi hanno mostrato la seguente distribuzione (Tab.20), evidenziando esclusivamente la presenza di fibre blu e nere, nonché la presenza di soli frammenti trasparenti.

		blu	rosso	verde	nero	bianco	trasparente
fibra	11	6	0	0	5	0	0
frammento	2	0	0	0	0	0	2

Tabella 20: Distribuzione delle differenti colorazioni di fibre e frammenti nei campioni

Tale distribuzione è rappresentata graficamente di seguito (Fig.56), in cui vengono confrontate per tipologia e colorazioni le particelle rinvenute, mostrando come per il totale di fibre rinvenute il 55% fosse di colore blu, mentre il 45% nero.

Per quanto riguarderebbe i frammenti rinvenuti invece, è sono stati rinvenuti esclusivamente particelle trasparenti.

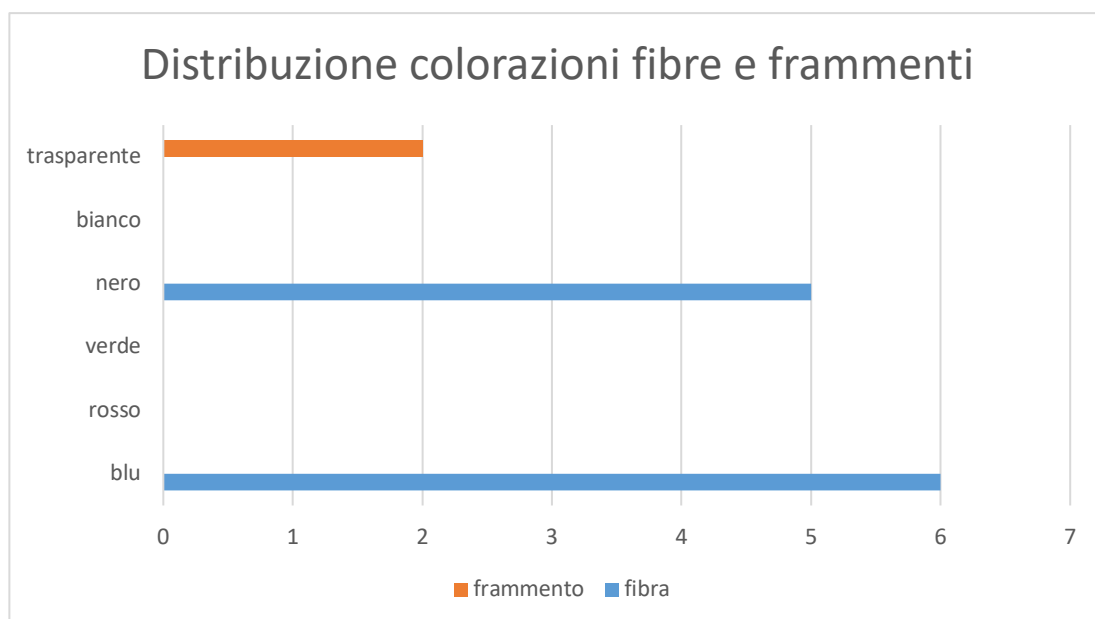


Figura 56: Distribuzione delle colorazioni di fibre e frammenti nei campioni di Auxis rochei

In base alle caratteristiche morfologiche di lunghezza e peso degli individui, è stato possibile osservare come la presenza di fibre e frammenti fossero distribuiti all'interno del campione in relazione a tali parametri.

Nella seguente tabella (Tab.21) sono espressi i valori medi di lunghezza, peso, peso totale dello stomaco, peso dello stomaco vuoto e peso del contenuto stomacale.

	lung.	peso	Peso stomaco tot	Peso Stomaco vuoto	Peso contenuto stomacale
MED	36,4	754,7	7,33866	3,71517	3,62349

Tabella 21: Valori di riferimento per Auxis rochei

Confrontando i valori di norma con quelli degli individui in cui è stata rilevata la presenza di microplastiche nei contenuti stomacali è apprezzabile come quest'ultimi si attestino al di sopra dei valori medi, indicando come ad una maggior dimensione e peso possa essere associabile una maggiore probabilità di rinvenimento di microplastiche nei contenuti stomacali (Tab.22).

	lung.	peso	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	36,4	754,7	7,33866	3,71517	3,62349
MED uP	35,9	735,5	7,71138	3,51029	4,20109
MED FIBRE	36,1	744,4	7,81775	3,69160	4,12615
MED FRAMM	35,3	700,0	7,28586	2,78503	4,50084

Tabella 22: Valori di riferimento per individui di Auxis rochei contenenti microparticelle

Gli individui contenenti microplastiche in forma generica si discostano dalla media per una lunghezza minore di circa 0,5 cm e per un peso superiore di 19,2 g.

Quelli contenenti soltanto fibre hanno una lunghezza media inferiore di 0,3 cm e peso inferiore di 10,3 g, mentre quelli contenenti frammenti possiedono dimensioni medie inferiori di 1,1 cm e peso inferiore di 54,7 g rispetto alla totalità del campione (Tab.23).

	lung.	peso
MED	36,4	754,7
MED uP	35,9	735,5
MED FIBRE	36,1	744,4
MED FRAMM	35,3	700,0

Tabella 23: Valori di riferimento medi di lunghezza e peso

Tale proporzione tra lunghezza e peso di individui contenenti fibre e frammenti e lunghezza e peso medio del campione totale è descritta tramite la seguente rappresentazione grafica (Fig.57).

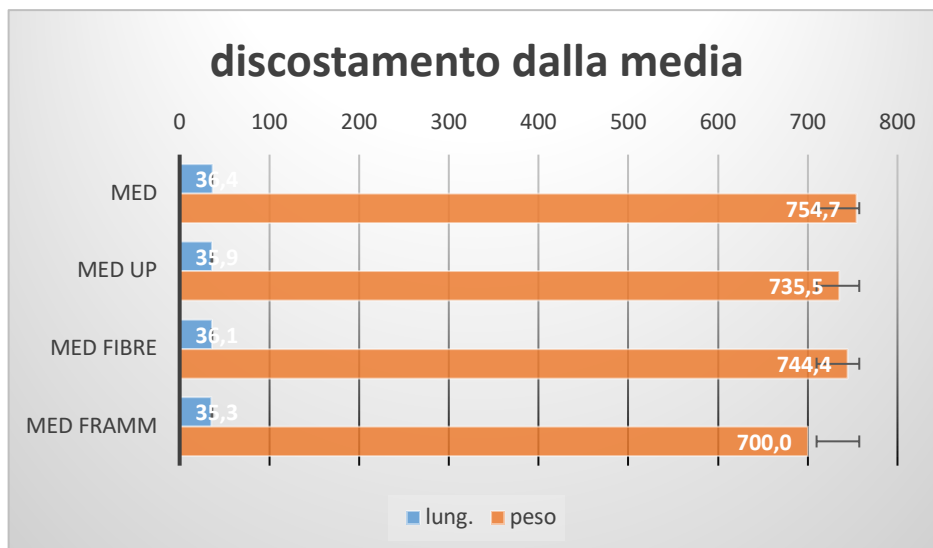


Figura 57: Variazioni dei valori di lunghezza e peso medio di individui contenenti microplastiche rispetto alla media di lunghezza e peso di tutti gli individui di Auxis rochei.

Per quanto riguarda il peso totale dello stomaco, il peso dello stomaco vuoto e del contenuto stomacale, anche qui sono apprezzabili discostamenti rispetto alla media della totalità del campione (Tab.24).

Gli individui contenenti microplastiche in forma generica si discostano dalla media del campione per un peso totale dello stomaco maggiore di 0,37272 g, minore di 0,20488 g per quanto riguarda il peso dello stomaco vuoto, e di 0,5776 g in più per il solo contenuto stomacale.

Gli individui contenenti solo fibre possiedono un peso stomacale mediamente superiore di 0,47909 g rispetto alla media totale degli individui campionati, di 0,02357 g inferiore per quanto riguarda il peso del solo stomaco e maggiore di 0,50266 g per il contenuto stomacale.

	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	7,33866	3,71517	3,62349
MED uP	7,71138	3,51029	4,20109
MED FIBRE	7,81775	3,69160	4,12615
MED FRAMM	7,28586	2,78503	4,50084

Tabella 24: Valori di riferimento medi delle varie misurazioni condotte sullo stomaco

Per quanto riguarda i campioni all'interno dei cui stomaci sono stati rinvenuti frammenti, questi individui hanno mostrato avere valori medi del peso totale dello stomaco inferiore di 0,05280 g rispetto alla media del peso dello stomaco di tutti i campioni, un valore inferiore di 0,93014 g per il solo stomaco vuoto, e maggiore di 0,87735 per il contenuto stomacale.

Tale proporzione tra peso totale dello stomaco, peso dello stomaco vuoto e del contenuto stomacale di individui contenenti fibre e frammenti e gli stessi indici considerati sulla totalità del campione è descritta tramite la seguente rappresentazione grafica (Fig.58).

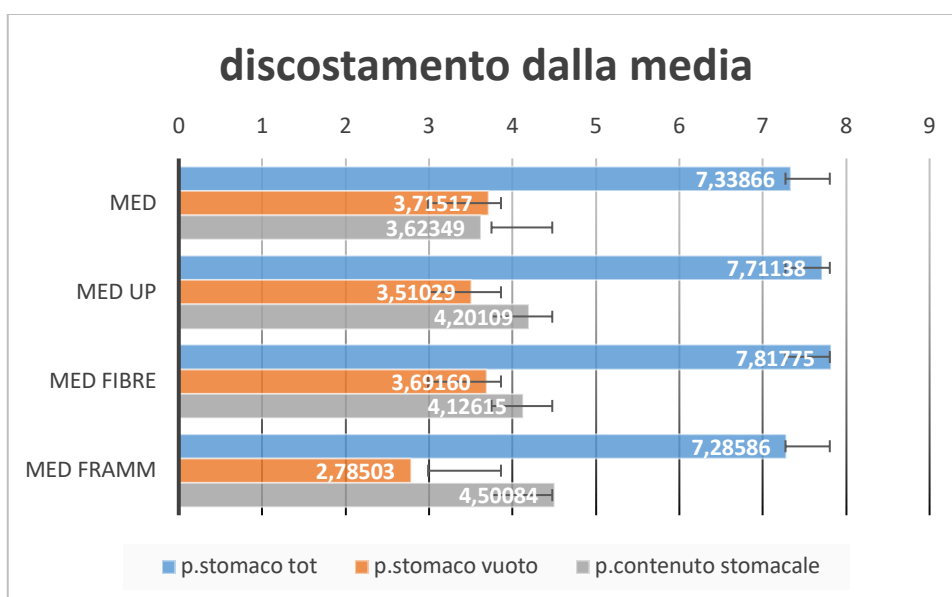


Figura 58: Variazioni dei valori delle misurazioni condotte sullo stomaco di individui contenenti microplastiche rispetto alla media per gli stessi valori di tutti gli individui di Auxis rochei.

3.2.4) Risultati della presenza di μ P in Sarpa salpa

Per questa specie sono stati presi in considerazione 31 esemplari in 7 differenti occasioni di campionamento, in un periodo compreso tra il 13/11/2018 e il 30/11/2020, raccogliendo una media di 4,42 esemplari a campionamento.

Dei 31 campioni analizzati 10 contenevano da una fino ad un massimo di 2 fibre, mentre in nessun campione sono stati rinvenuti frammenti (Tab.25), pertanto è possibile desumere che il 32% dei campioni conterrebbe materiale plastico sotto forma di fibre nei contenuti stomacali, mentre il 68% dei campioni ne sarebbe privo.

μ P	tot
null	21
frammenti	0
fibre	10

Tabella 25: Ripartizione μ P nei campioni

Per quanto riguarda le colorazioni delle fibre rinvenute, esse hanno mostrato la seguente distribuzione (Tab.26), evidenziando esclusivamente la presenza di fibre blu e nere, nonché la presenza di soli frammenti trasparenti.

		blu	rosso	verde	nero	bianco	trasparente
fibra	11	6	0	0	3	2	0

Tabella 26: Distribuzione delle differenti colorazioni delle fibre nei campioni

Tale distribuzione è rappresentata graficamente di seguito (Fig.59), in cui vengono confrontate per tipologia e colorazioni le fibre rinvenute, mostrando come di queste il 55% fosse di colore blu, il 27 % nero e il 18 % bianco.

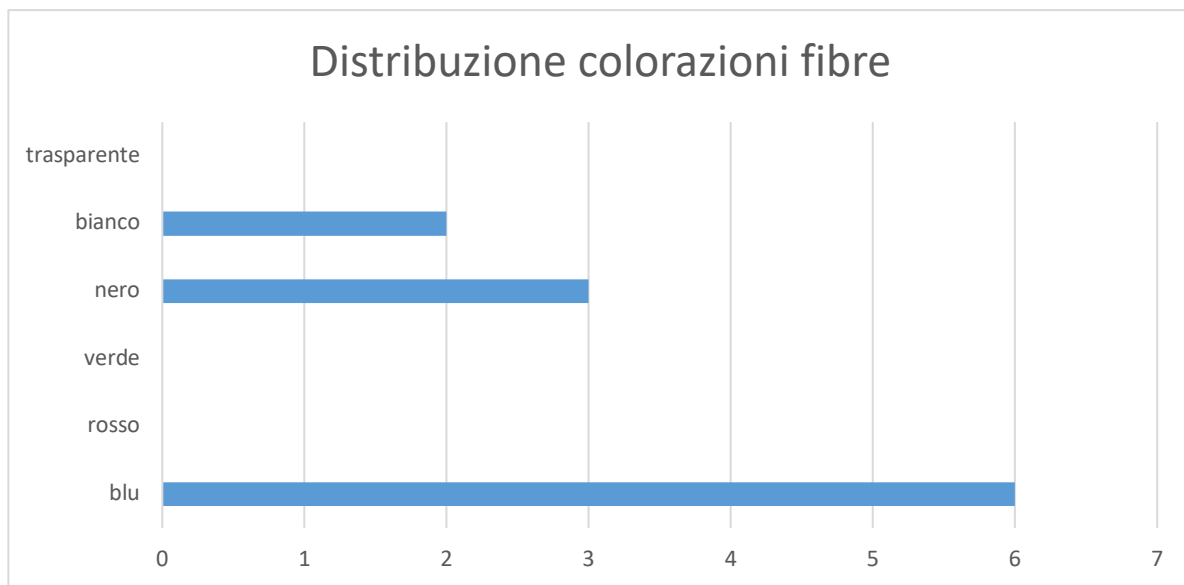


Figura 59: Distribuzione delle colorazioni di fibre e frammenti nei campioni di *Sarpa salpa*

In base alle caratteristiche morfologiche di lunghezza e peso degli individui, è stato possibile osservare come la presenza di fibre e frammenti fossero distribuiti all'interno del campione in relazione a tali parametri.

Nella seguente tabella (Tab.27) sono espressi i valori medi di lunghezza, peso, peso totale dello stomaco, peso dello stomaco vuoto e peso del contenuto stomacale.

	lung.	peso	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	13,6	45,2	1,66511	0,3287	1,33541

Tabella 27: Valori di riferimento per *Sarpa salpa*

Confrontando i valori di norma con quelli degli individui in cui è stata rilevata la presenza di microplastiche nei contenuti stomacali è apprezzabile come quest'ultimi si attestino al di sopra dei valori medi, indicando come ad una maggior dimensione e peso possa essere associabile una maggiore probabilità di rinvenimento di microplastiche nei contenuti stomacali (Tab.28).

	lung.	peso	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	13,6	45,2	1,66511	0,3287	1,33541
MED FIBRE	14,8	64,0	2,25134	0,45824	1,79310

Tabella 28: Valori di riferimento per individui di Sarpa salpa contenenti fibre

Gli individui contenenti microplastiche in forma di fibra si discostano dalla media per una lunghezza maggiore di circa 1,2 cm e per un peso superiore di 18,8 g. (Tab.29).

	lung.	peso
MED	13,6	45,2
MED FIBRE	14,8	64,0

Tabella 29: Valori di riferimento medi di lunghezza e peso

Tale proporzione tra lunghezza e peso di individui contenenti fibre e lunghezza e peso medio del campione totale è descritta tramite la seguente rappresentazione grafica (Fig.60).

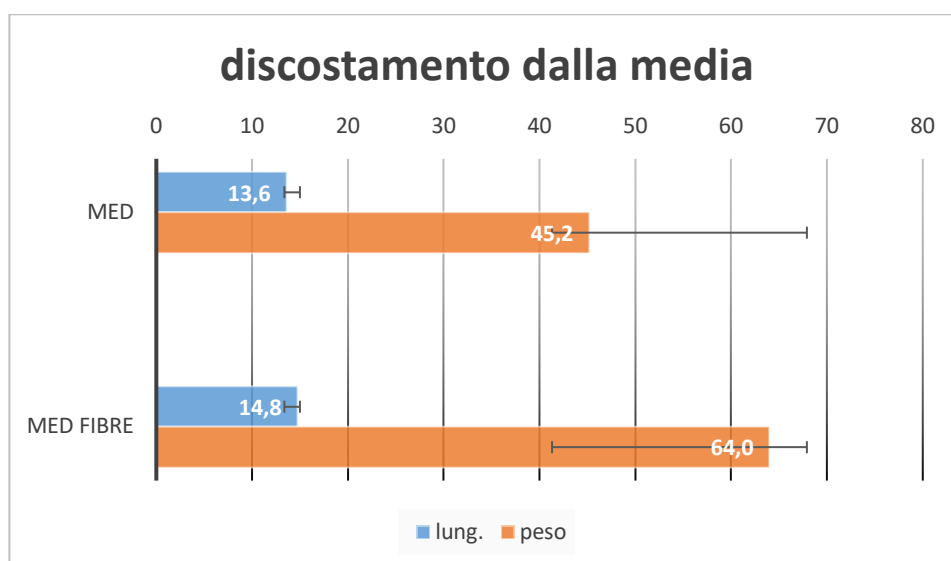


Figura 60: Variazioni dei valori di lunghezza e peso medio di individui contenenti fibre plastiche rispetto alla media di lunghezza e peso di tutti gli individui di Sarpa salpa.

Per quanto riguarda il peso totale dello stomaco, il peso dello stomaco vuoto e del contenuto stomacale, anche qui sono apprezzabili discostamenti rispetto alla media della totalità del campione (Tab.30).

Gli individui contenenti fibre nei contenuti stomacali possiedono un peso complessivo dello stomaco mediamente superiore di 0,58623 g rispetto alla media totale degli individui campionati, di 0,12954 g superiore per quanto riguarda il peso del solo stomaco e maggiore di 0,45769 g per il contenuto stomacale.

	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	1,66511	0,3287	1,33541
MED FIBRE	2,25134	0,45824	1,79310

Tabella 30: Valori di riferimento medi delle varie misurazioni condotte sullo stomaco

Tale proporzione tra peso totale dello stomaco, peso dello stomaco vuoto e del contenuto stomacale di individui contenenti fibre e gli stessi indici considerati sulla totalità del campione è descritta tramite la seguente rappresentazione grafica (Fig.61).

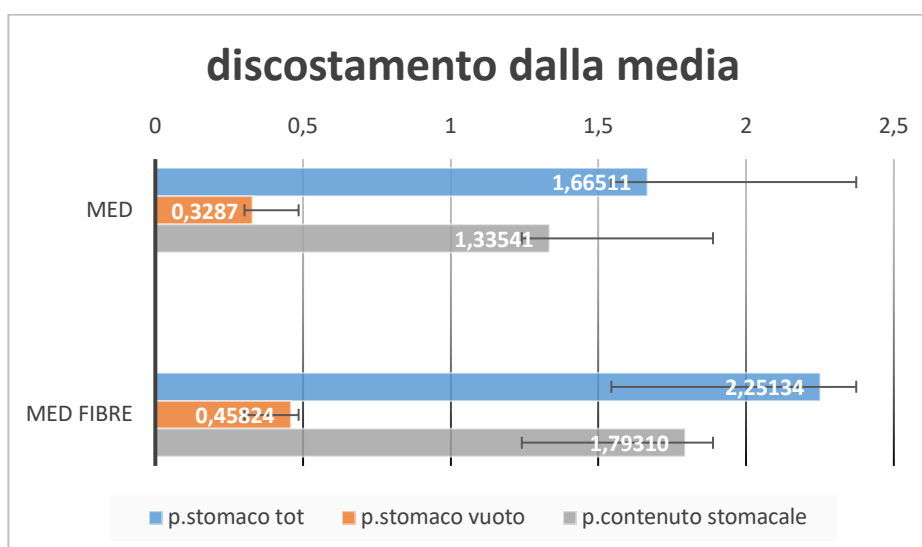


Figura 61: Variazioni dei valori delle misurazioni condotte sullo stomaco di individui contenenti microplastiche rispetto alla media per gli stessi valori di tutti gli individui di Sarpa salpa.

3.2.5) Risultati della presenza di μ P in *Sphyraena sphyraena*

Per questa specie sono stati presi in considerazione 18 esemplari in 9 differenti occasioni di campionamento, in un periodo compreso tra il 6/11/2018 e il 20/11/2021, raccogliendo una media di 2 esemplari a campionamento.

Dei 18 campioni analizzati 4 contenevano una fibra di natura plastica, mentre in nessun campione sono stati rinvenuti frammenti (Tab.31), pertanto è possibile desumere che il 22 % dei campioni conterrebbe materiale plastico sotto forma di fibre nei contenuti stomacali, mentre il 78 % dei campioni ne sarebbe privo.

μ P	tot
null	14
frammenti	0
fibre	4

Tabella 31: Ripartizione μ P nei campioni

Per quanto riguarda le colorazioni delle fibre rinvenute, esse hanno mostrato la seguente distribuzione (Tab.32), evidenziando esclusivamente la presenza nella medesima proporzione di fibre blu e di fibre nere.

		blu	rosso	verde	nero	bianco	trasparente
fibra	4	2	0	0	2	0	0

Tabella 32: Distribuzione delle differenti colorazioni delle fibre nei campioni

In base alle caratteristiche morfologiche di lunghezza e peso degli individui, è stato possibile osservare come la presenza di fibre e frammenti fossero distribuiti all'interno del campione in relazione a tali parametri.

Nella seguente tabella (Tab.33) sono espressi i valori medi di lunghezza, peso, peso totale dello stomaco, peso dello stomaco vuoto e peso del contenuto stomacale.

	lung.	peso	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	34,1	151,8	1,63148	0,73230	0,89918

Tabella 33: Valori di riferimento per Sphyaena sphyaena

Confrontando i valori di norma con quelli degli individui in cui è stata rilevata la presenza di microplastiche nei contenuti stomacali è apprezzabile come per quasi tutti i parametri osservati quest'ultimi si attestino al di sopra dei valori medi, indicando come ad una maggior dimensione e peso possa essere associabile una maggiore probabilità di rinvenimento di microplastiche nei contenuti stomacali (Tab.34).

	lung.	peso	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	34,1	151,8	1,63148	0,73230	0,89918
MED FIBRE	35,4	138,1	1,89873	0,76584	1,13289

Tabella 34: Valori di riferimento per individui di Sphyaena sphyaena contenenti fibre

Gli individui contenenti microplastiche in forma di fibra si discostano dalla media per una lunghezza maggiore di circa 1,3 cm e per un peso inferiore di 13,7 g. (Tab.35).

	lung.	peso
MED	34,1	151,8
MED FIBRE	35,4	138,1

Tabella 35: Valori di riferimento medi di lunghezza e peso

Tale proporzione tra lunghezza e peso di individui contenenti fibre e lunghezza e peso medio del campione totale è descritta tramite la seguente rappresentazione grafica (Fig.62).

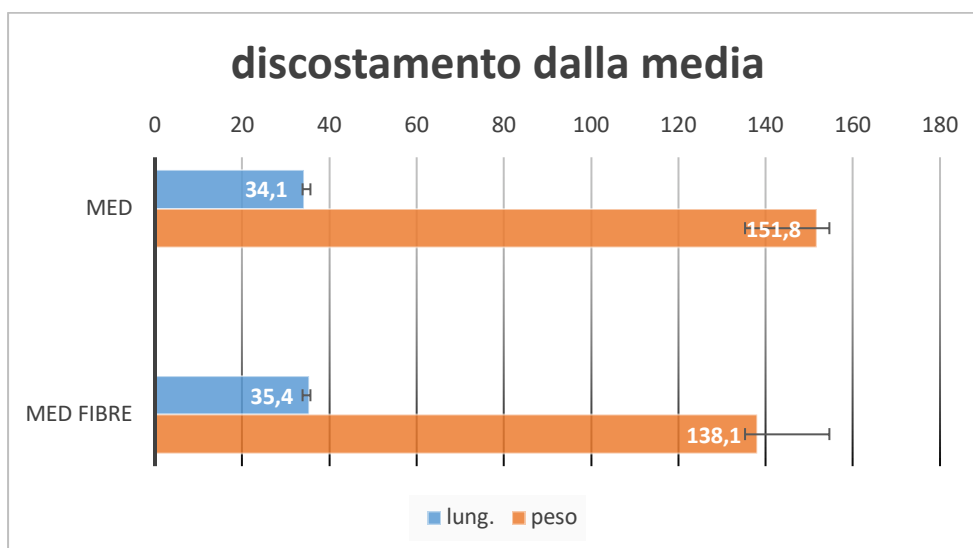


Figura 62: Variazioni dei valori di lunghezza e peso medio di individui contenenti fibre plastiche rispetto alla media di lunghezza e peso di tutti gli individui di Sphyraena sphyraena.

Per quanto riguarda il peso totale dello stomaco, il peso dello stomaco vuoto e del contenuto stomacale, anche qui sono apprezzabili discostamenti rispetto alla media della totalità del campione (Tab.36).

Gli individui contenenti fibre nei contenuti stomacali possiedono un peso complessivo dello stomaco mediamente superiore di 0,26725 g rispetto alla media totale degli individui campionati, di 0,03354 g superiore per quanto riguarda il peso del solo stomaco e maggiore di 0,23371 g per il contenuto stomacale.

	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	1,63148	0,73230	0,89918
MED FIBRE	1,89873	0,76584	1,13289

Tabella 36: Valori di riferimento medi delle varie misurazioni condotte sullo stomaco

Tale proporzione tra peso totale dello stomaco, peso dello stomaco vuoto e del contenuto stomacale di individui contenenti fibre e gli stessi indici considerati sulla totalità del campione è descritta tramite la seguente rappresentazione grafica (Fig.63).

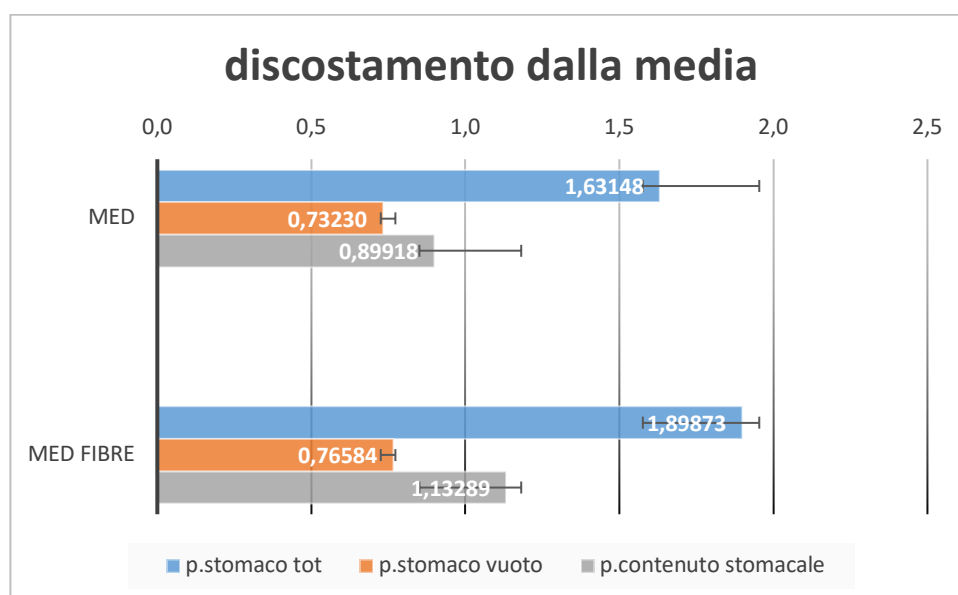


Figura 63: Variazioni dei valori delle misurazioni condotte sullo stomaco di individui contenenti microplastiche rispetto alla media per gli stessi valori di tutti gli individui di *Sphyraena sphyraena*.

3.2.6) Risultati della presenza di μ P in *Pagellus erythrinus*.

Per questa specie sono stati presi in considerazione 41 esemplari in 12 differenti occasioni di campionamento, in un periodo compreso tra il 15/11/2018 e il 27/11/2021, raccogliendo una media di 3,4 esemplari a campionamento.

Dei 41 campioni analizzati 10 possedevano corpi estranei di natura plastica nei contenuti stomacali, di questi, 8 contenevano una fibra, mentre solamente 2 contenevano frammenti (Tab.37), pertanto è possibile desumere che il 24% dei campioni conterrebbe materiale plastico di natura generica nei contenuti stomacali, mentre il 76% dei campioni ne sarebbe privo.

uP	tot
null	31
frammenti	2
fibre	8

Tabella 37: Ripartizione μ P nei campioni

Delle microplastiche rinvenute è espressa di seguito la ripartizione percentuale, la quale mostrerebbe che dei 41 campioni esaminati, solo il 5% risulterebbe aver ingerito microplastiche in forma di frammenti (Fig.64).

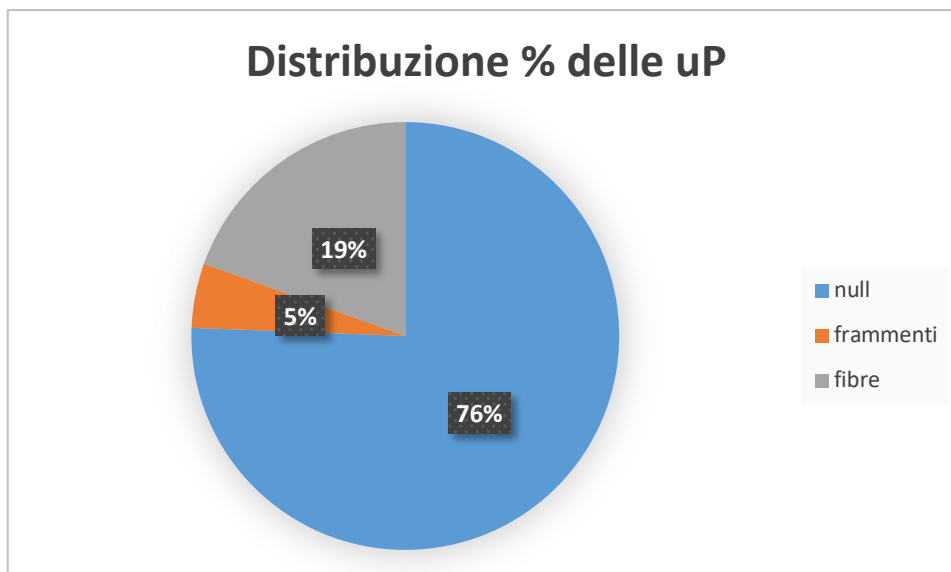


Figura 64: Distribuzione % delle microplastiche nei campioni di Pagellus eurythrinus

Per quanto riguarda le colorazioni rinvenute di fibre e frammenti, essi hanno mostrato la seguente distribuzione (Tab.38).

		blu	rosso	verde	nero	bianco	trasparente
fibra	8	4	1	0	2	0	1
frammento	2	0	0	0	0	2	0

Tabella 38: Distribuzione delle differenti colorazioni di fibre e frammenti nei campioni

Tale distribuzione è rappresentata graficamente di seguito (Fig.65), in cui vengono confrontate le per tipologia e colorazioni le particelle rinvenute, mostrando come per il totale di fibre rinvenute il 50 % fosse di colore blu, il 25 % nero e rispettivamente 12,5 % per la colorazione rossa e 12,5 % per le fibre trasparenti. Gli unici frammenti rinvenuti invece possedevano una colorazione bianca.

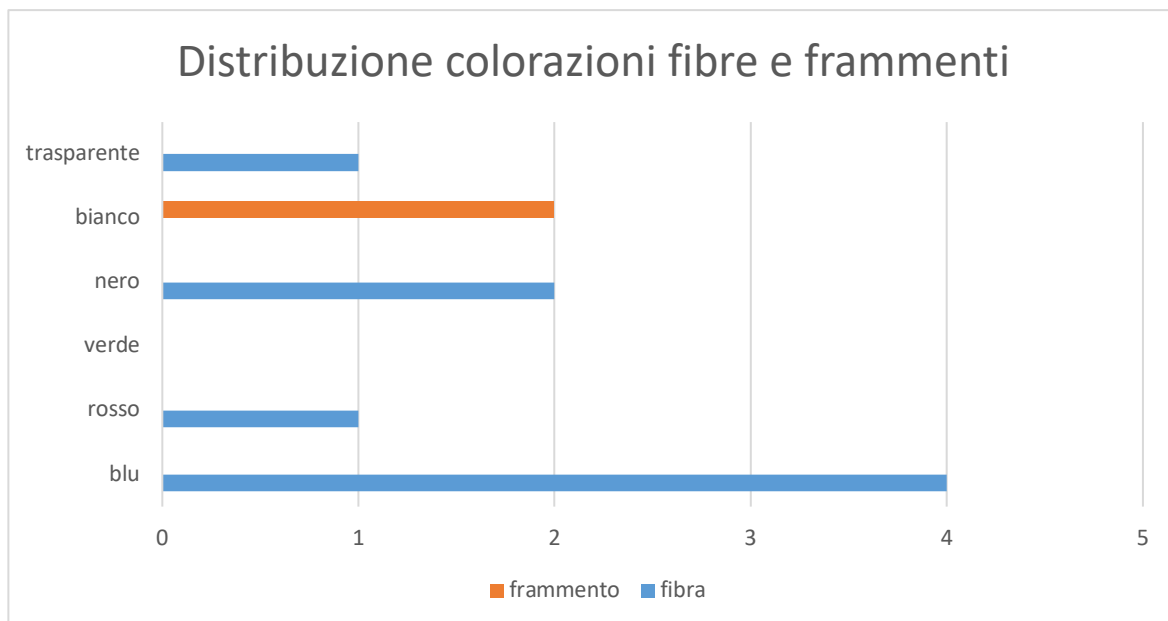


Figura 65: Distribuzione delle colorazioni di fibre e frammenti nei campioni di Pagellus erythrinus

In base alle caratteristiche morfologiche di lunghezza e peso degli individui, è stato possibile osservare come la presenza di fibre e frammenti fossero distribuiti all'interno del campione in relazione a tali parametri.

Nella seguente tabella (Tab.39) sono espressi i valori medi di lunghezza, peso, peso totale dello stomaco, peso dello stomaco vuoto e peso del contenuto stomacale.

	lung.	peso	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	18,0	93,0	2,17377	0,41158	1,76219

Tabella 39: Valori di riferimento per Pagellus erythrinus

Confrontando i valori di norma con quelli degli individui in cui è stata rilevata la presenza di microplastiche nei contenuti stomacali è apprezzabile come quest'ultimi si attestino al di sopra dei valori medi, indicando come ad una maggior dimensione e peso possa essere associabile una maggiore probabilità di rinvenimento di microplastiche nei contenuti stomacali (Tab.40).

	lung.	peso	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	18,0	93,0	2,17377	0,41158	1,76219
MED uP	18,7	101,7	2,23700	0,44414	1,79286
MED FIBRE	18,4	98,1	2,02630	0,43532	1,59098
MED FRAMM	19,8	116,3	3,07982	0,47944	2,60038

Tabella 40: Valori di riferimento per individui di Pagellus erythrinus contenenti microparticelle

Gli individui contenenti microplastiche in forma generica si discostano dalla media per una lunghezza maggiore di circa 0,7 cm e per un peso superiore di 8,7 g.

Quelli contenenti fibre hanno una lunghezza media superiore di 0,4 cm e peso superiore di 5,1 g, mentre quelli contenenti frammenti possiedono dimensioni superiori di 1,8 cm e peso superiore di 23,3 g (Tab.41).

	lung.	peso
MED	18,0	93,0
MED uP	18,7	101,7
MED FIBRE	18,4	98,1
MED FRAMM	19,8	116,3

Tabella 43: Valori di riferimento medi di lunghezza e peso

Tale proporzione tra lunghezza e peso di individui contenenti fibre e frammenti e lunghezza e peso medio del campione totale è descritta tramite la seguente rappresentazione grafica (Fig.66).

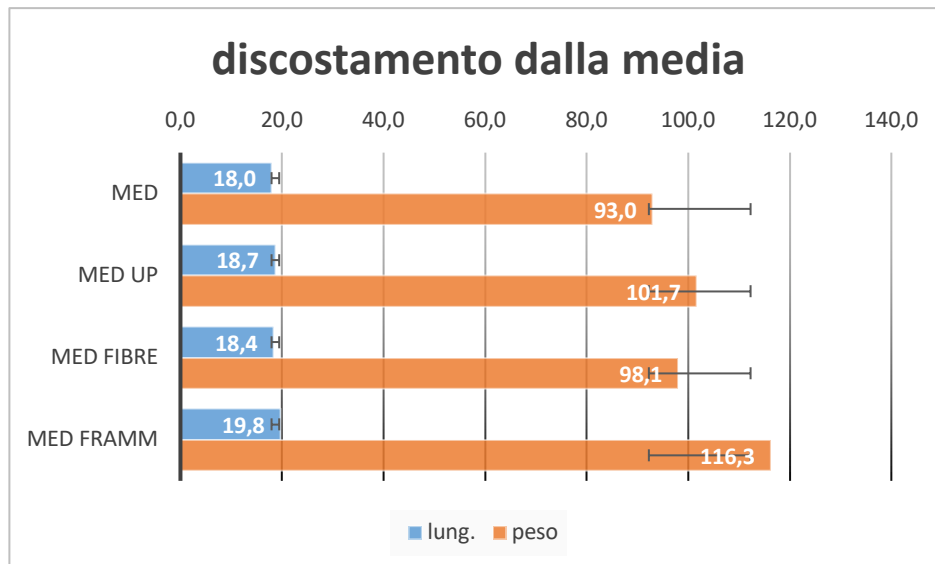


Figura 66: Variazioni dei valori di lunghezza e peso medio di individui contenenti microplastiche rispetto alla media di lunghezza e peso di tutti gli individui di *Pagellus erythrinus*.

Per quanto riguarda il peso totale dello stomaco, il peso dello stomaco vuoto e del contenuto stomacale, anche qui sono apprezzabili discostamenti rispetto alla media della totalità del campione (Tab.42).

Gli individui contenenti microplastiche in forma generica si discostano dalla media del campione per un peso totale dello stomaco maggiore di 0,06323 g, 0,03256 g per quanto riguarda il peso dello stomaco vuoto, e di 0,03067 g per il solo contenuto stomacale.

Gli individui contenenti fibre possiedono un peso stomacale inferiore di 0,14747 g rispetto alla media totale degli individui campionati, più pesante di 0,02374 g per quanto riguarda il peso del solo stomaco, e di 0,17121 g in meno per quanto riguarda il contenuto stomacale.

	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	2,17377	0,41158	1,76219
MED uP	2,23700	0,44414	1,79286
MED FIBRE	2,02630	0,43532	1,59098
MED FRAMM	3,07982	0,47944	2,60038

Tabella 44: Valori di riferimento medi delle varie misurazioni condotte sullo stomaco

Per quanto riguarda i campioni all'interno dei cui stomaci sono stati rinvenuti frammenti, questi individui hanno mostrato avere valori medi del peso totale dello stomaco superiore di 0,90605 g rispetto alla media del peso dello stomaco di tutti i campioni, di 0,06786 g superiore per il solo stomaco vuoto, e maggiore di 0,83819 di contenuto stomacale.

Tale proporzione tra peso totale dello stomaco, peso dello stomaco vuoto e del contenuto stomacale di individui contenenti fibre e frammenti e gli stessi indici considerati sulla totalità del campione è descritta tramite la seguente rappresentazione grafica (Fig.67).

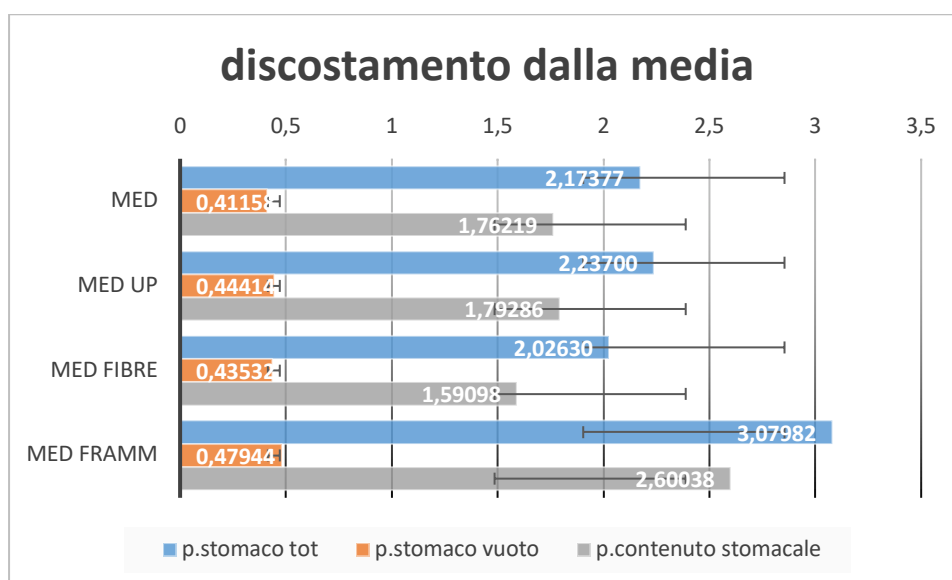


Figura 67: Variazioni dei valori delle misurazioni condotte sullo stomaco di individui contenenti microplastiche rispetto alla media per gli stessi valori di tutti gli individui di *Pagellus erythrinus*.

3.2.7) Risultati della presenza di μ P in *Spicara maena*

Per questa specie sono stati presi in considerazione 39 esemplari in 15 differenti occasioni di campionamento, in un periodo compreso tra il 15/11/2018 e il 27/11/2021, raccogliendo una media di 2,6 esemplari a campionamento.

Dei 39 campioni analizzati 8 contenevano da una fino ad un massimo di 2 fibre, mentre in nessun campione sono stati rinvenuti frammenti (Tab.43), pertanto è possibile desumere che il 21% dei campioni conterrebbe materiale plastico sotto forma di fibre nei contenuti stomacali, mentre il 79% dei campioni ne sarebbe privo.

uP	tot
null	31
frammenti	0
fibre	8

Tabella 43: Ripartizione μP nei campioni

Per quanto riguarda le colorazioni delle fibre rinvenute, esse hanno mostrato la seguente distribuzione (Tab.44), evidenziando la presenza di fibre blu, nere, e trasparenti.

		blu	rosso	verde	nero	bianco	trasparente
fibra	9	4	0	0	4	0	1

Tabella 44: Distribuzione delle differenti colorazioni delle fibre nei campioni

Tale distribuzione è rappresentata graficamente di seguito (Fig.68), in cui vengono confrontate per tipologia e colorazioni le fibre rinvenute, mostrando come di queste il 45% fosse di colore blu, il 44 % nero e l'11 % bianco.

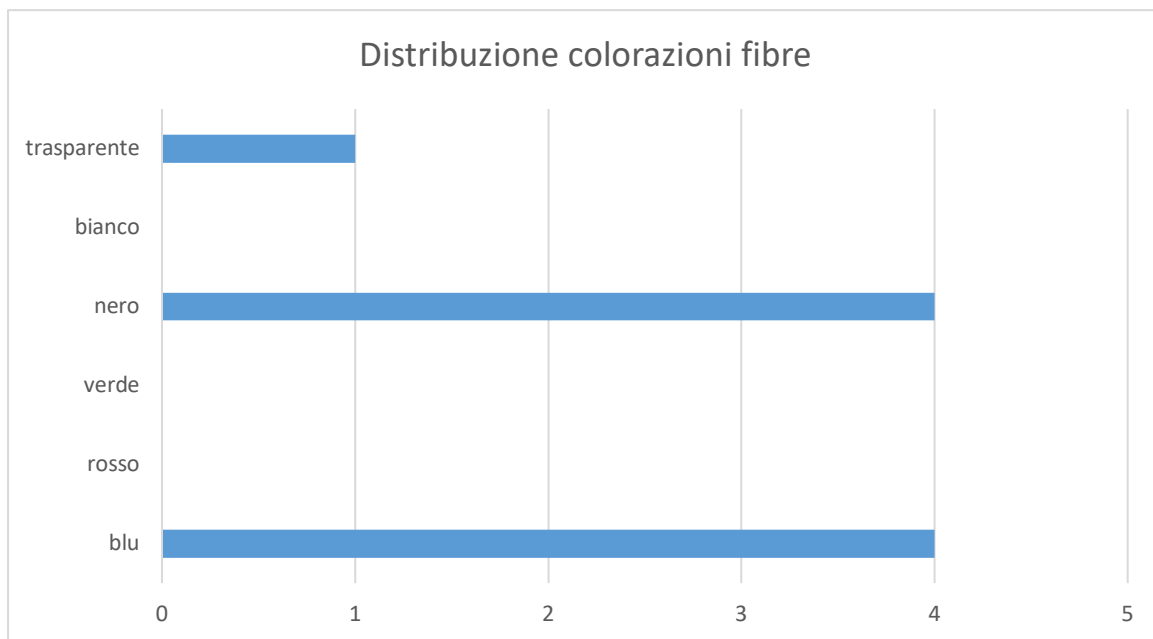


Figura 68: Distribuzione delle colorazioni di fibre e frammenti nei campioni di *Spicara maena*

In base alle caratteristiche morfologiche di lunghezza e peso degli individui, è stato possibile osservare come la presenza di fibre e frammenti fossero distribuiti all'interno del campione in relazione a tali parametri.

Nella seguente tabella (Tab.45) sono espressi i valori medi di lunghezza, peso, peso totale dello stomaco, peso dello stomaco vuoto e peso del contenuto stomacale.

	lung.	peso	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	17,2	66,5	1,46551	0,3513	1,11422

Tabella 45: Valori di riferimento per *Spicara maena*

Confrontando i valori di norma con quelli degli individui in cui è stata rilevata la presenza di microplastiche nei contenuti stomacali sono stati evidenziati i seguenti risultati (Tab.46).

	lung.	peso	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	17,2	66,5	1,46551	0,3513	1,11422
MED FIBRE	16,8	59,3	1,35649	0,27103	1,08547

Tabella 46: Valori di riferimento per individui di Spicara maena contenenti fibre

Gli individui contenenti microplastiche in forma di fibra si discostano dalla media per una lunghezza minore di circa 0,4 cm e per un peso di 7,2 g inferiore (Tab.47).

	lung.	peso
MED	17,2	66,5
MED FIBRE	16,8	59,3

Tabella 47: Valori di riferimento medi di lunghezza e peso

Tale proporzione tra lunghezza e peso di individui contenenti fibre e lunghezza e peso medio del campione totale è descritta tramite la seguente rappresentazione grafica (Fig.69).

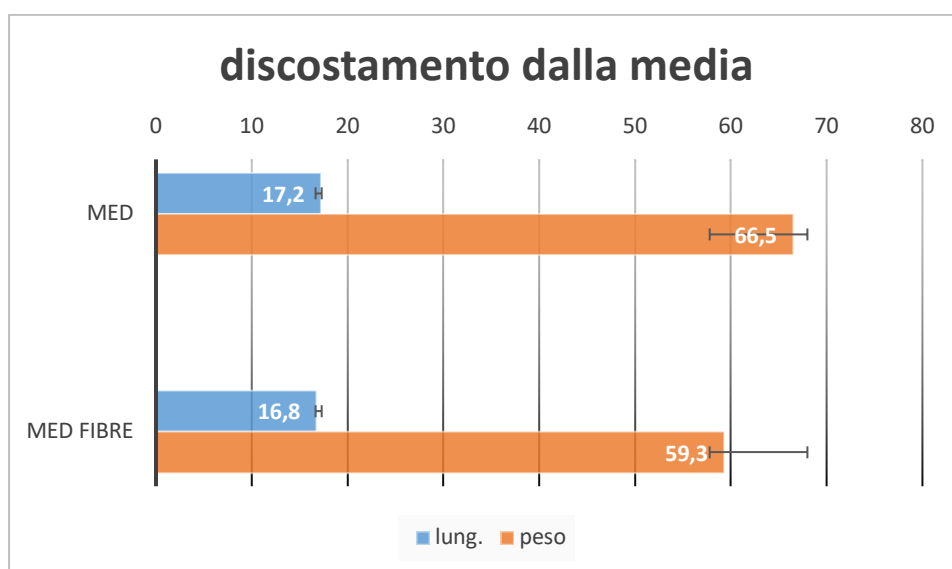


Figura 69: Variazioni dei valori di lunghezza e peso medio di individui contenenti fibre plastiche rispetto alla media di lunghezza e peso di tutti gli individui di Spicara maena.

Per quanto riguarda il peso totale dello stomaco, il peso dello stomaco vuoto e del contenuto stomacale, anche qui sono apprezzabili discostamenti rispetto alla media della totalità del campione (Tab.48).

Gli individui contenenti fibre nei contenuti stomacali possiedono un peso complessivo dello stomaco mediamente inferiore di 0,10902 g rispetto alla media totale degli individui campionati, di 0,08027 g inferiore per quanto riguarda il peso del solo stomaco e minore di 0,02875 g per il contenuto stomacale.

	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	1,46551	0,3513	1,11422
MED FIBRE	1,35649	0,27103	1,08547

Tabella 48: Valori di riferimento medi delle varie misurazioni condotte sullo stomaco

Tale proporzione tra peso totale dello stomaco, peso dello stomaco vuoto e del contenuto stomacale di individui contenenti fibre e gli stessi indici considerati sulla totalità del campione è descritta tramite la seguente rappresentazione grafica (Fig.70).

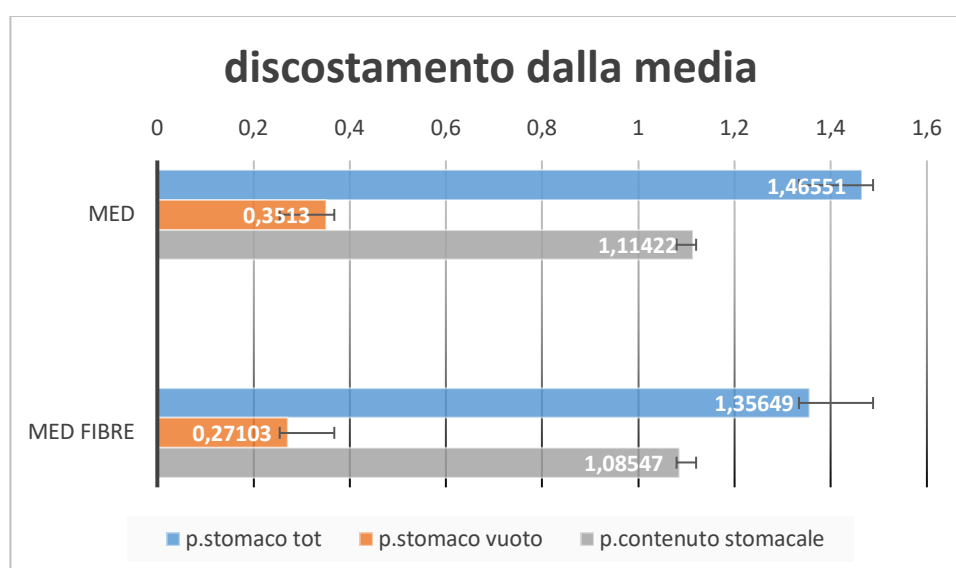


Figura 70: Variazioni dei valori delle misurazioni condotte sullo stomaco di individui contenenti microplastiche rispetto alla media per gli stessi valori di tutti gli individui di Spicara maena

3.2.8) Risultati della presenza di μ P in *Serranus cabrilla*.

Per questa specie sono stati presi in considerazione 55 esemplari in 16 differenti occasioni di campionamento, in un periodo compreso tra il 15/11/2018 e il 27/11/2021, raccogliendo una media di 3,43 esemplari a campionamento.

Dei 55 campioni analizzati 10 possedevano corpi estranei di natura plastica nei contenuti stomacali, di questi, 8 contenevano una fibra, mentre 2 contenevano frammenti (Tab.49), pertanto è possibile desumere che il 18% dei campioni conterrebbe materiale plastico di natura generica nei contenuti stomacali, mentre l'82% dei campioni ne sarebbe privo.

μ P	tot
null	45
frammenti	2
fibre	8

Tabella 49: Ripartizione μ P nei campioni

Delle microplastiche rinvenute è espressa di seguito la ripartizione percentuale, la quale mostrerebbe che dei 55 campioni esaminati, solo il 4% risulterebbe aver ingerito microplastiche in forma di frammenti (Fig.71).

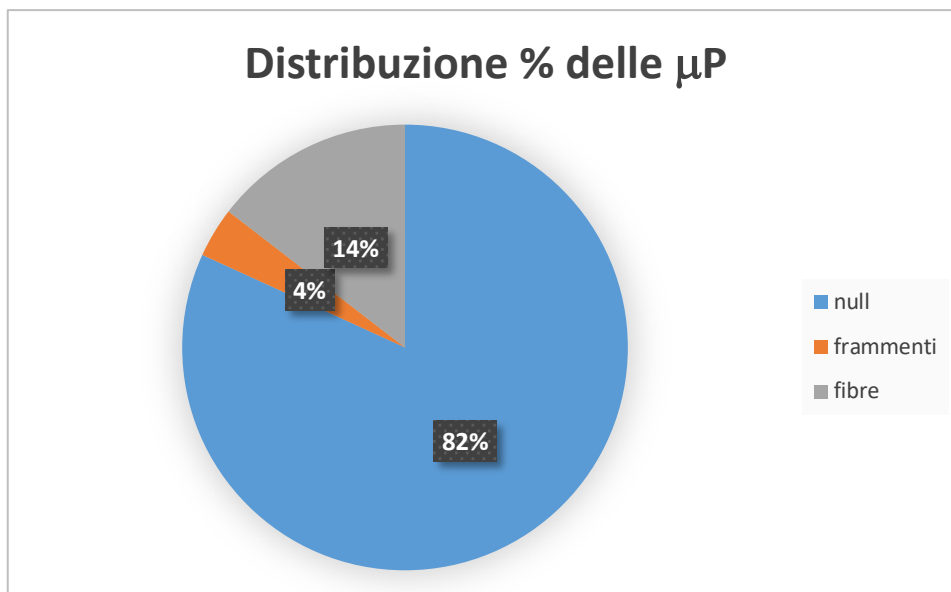


Figura 71: Distribuzione % delle microplastiche nei campioni di Serranus cabrilla

Per quanto riguarda le colorazioni rinvenute di fibre e frammenti, essi hanno mostrato la seguente distribuzione (Tab.50), evidenziando la sola presenza di fibre blu e nere e la presenza di un frammento blu ed uno trasparente.

		blu	rosso	verde	nero	bianco	trasparente
fibra	8	3	0	0	5	0	0
frammento	2	1	0	0	0	0	1

Tabella 50: Distribuzione delle differenti colorazioni di fibre e frammenti nei campioni

Tale distribuzione è rappresentata graficamente di seguito (Fig.72), in cui vengono confrontate le per tipologia e colorazioni le particelle rinvenute, mostrando come per il totale di fibre rinvenute il 37% fosse di colore blu, il 63% nero mentre per quanto riguarderebbe i frammenti rinvenuti invece, essi sarebbero ripartiti secondo il rapporto uno a uno.

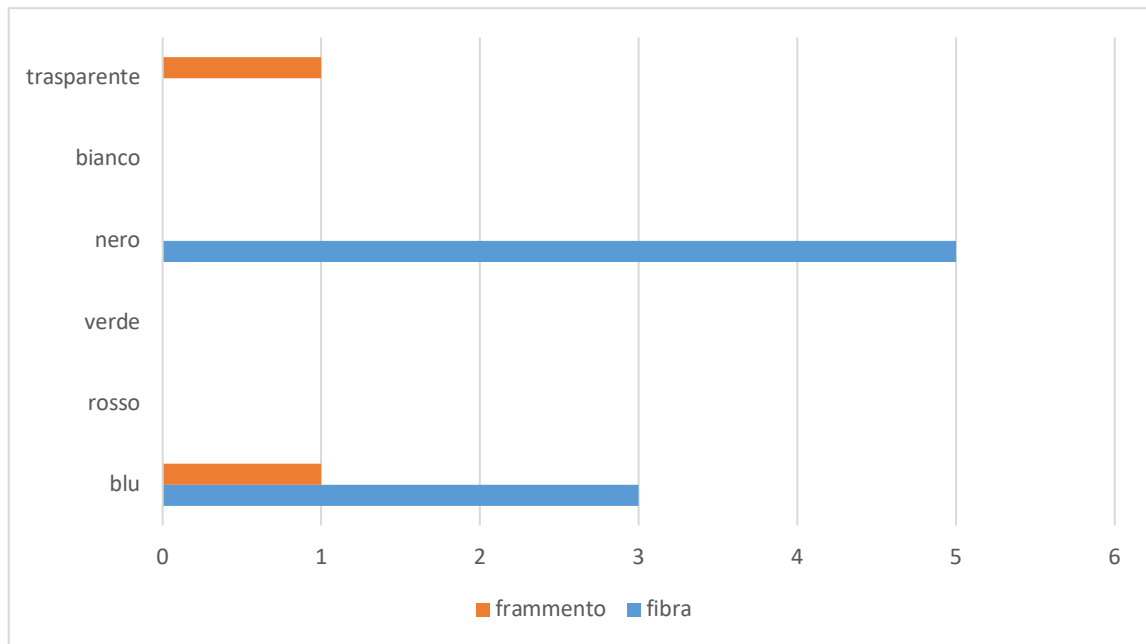


Figura 72: Distribuzione delle colorazioni di fibre e frammenti nei campioni di *Serranus cabrilla*

In base alle caratteristiche morfologiche di lunghezza e peso degli individui, è stato possibile osservare come la presenza di fibre e frammenti fossero distribuiti all'interno del campione in relazione a tali parametri.

Nella seguente tabella (Tab.51) sono espressi i valori medi di lunghezza, peso, peso totale dello stomaco, peso dello stomaco vuoto e peso del contenuto stomacale.

	lung.	peso	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	15,5	38,9	0,87754	0,37448	0,50305

Tabella 51: Valori di riferimento per *Serranus cabrilla*

Confrontando i valori di norma con quelli degli individui in cui è stata rilevata la presenza di microplastiche nei contenuti stomacali è apprezzabile come quest'ultimi si attestino al di sopra dei valori medi, indicando come ad una maggior dimensione e peso possa essere associabile una maggiore probabilità di rinvenimento di microplastiche nei contenuti stomacali (Tab.52).

	lung.	peso	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	15,5	38,9	0,87754	0,37448	0,50305
MED uP	17,6	58,1	1,17538	0,52349	0,65190
MED FIBRE	17,1	58,3	1,01224	0,46913	0,54311
MED FRAMM	19,8	57,1	1,82798	0,74093	1,08705

Tabella 52: Valori di riferimento per individui di Serranus cabrilla contenenti microparticelle

Gli individui contenenti microplastiche in forma generica si discostano dalla media per una lunghezza maggiore di circa 2,1 cm e per un peso superiore di 19,2 g.

Quelli contenenti fibre hanno una lunghezza media superiore di 1,6 cm e peso superiore di 19,4 g, mentre quelli contenenti frammenti possiedono dimensioni superiori di 4,3 cm e peso superiore di 18,2 g (Tab.53).

	lung.	peso
MED	15,5	38,9
MED uP	17,6	58,1
MED FIBRE	17,1	58,3
MED FRAMM	19,8	57,1

Tabella 53: Valori di riferimento medi di lunghezza e peso

Tale proporzione tra lunghezza e peso di individui contenenti fibre e frammenti e lunghezza e peso medio del campione totale è descritta tramite la seguente rappresentazione grafica (Fig.73).

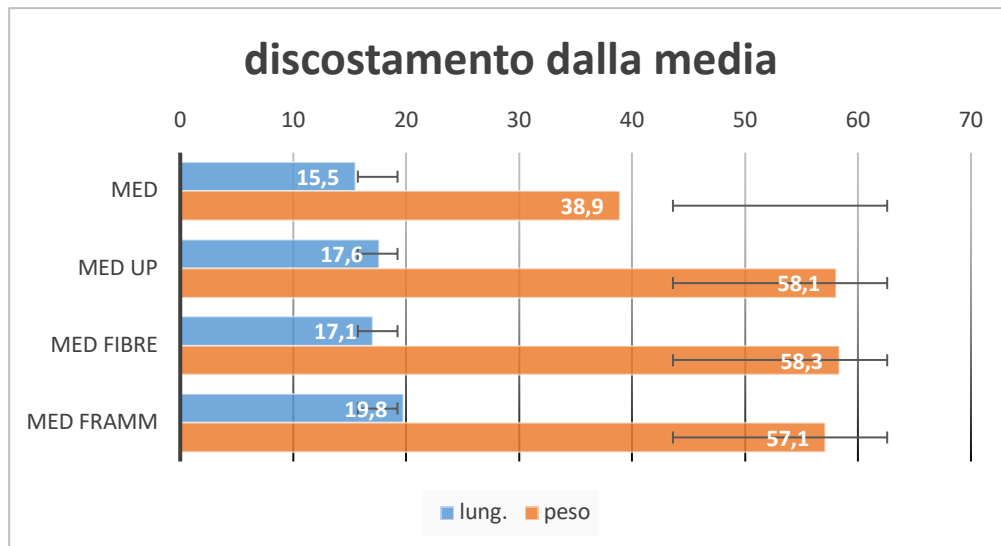


Figura 73: Variazioni dei valori di lunghezza e peso medio di individui contenenti microplastiche rispetto alla media di lunghezza e peso di tutti gli individui di Serranus cabrilla.

Per quanto riguarda il peso totale dello stomaco, il peso dello stomaco vuoto e del contenuto stomacale, anche qui sono apprezzabili dei significativi discostamenti rispetto alla media della totalità del campione (Tab.54).

Gli individui contenenti microplastiche in forma generica si discostano dalla media del campione per un peso totale dello stomaco maggiore di 0,29784 g, di 0,14901 g per quanto riguarda il peso dello stomaco vuoto, e di 0,14885 g per il solo contenuto stomacale.

Gli individui contenenti fibre possiedono un peso stomacale maggiore di 0,13470 g rispetto alla media totale degli individui campionati, di 0,09465 g in più per quanto riguarda il peso del solo stomaco, e di 0,04006 g in più per quanto riguarda il contenuto stomacale.

	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	0,87754	0,37448	0,50305
MED uP	1,17538	0,52349	0,65190
MED FIBRE	1,01224	0,46913	0,54311
MED FRAMM	1,82798	0,74093	1,08705

Tabella 54: Valori di riferimento medi delle varie misurazioni condotte sullo stomaco

Per quanto riguarda i campioni all'interno dei cui stomaci sono stati rinvenuti frammenti, questi individui hanno mostrato avere valori medi del peso totale dello stomaco superiore di 0,95044 g rispetto alla media del peso dello stomaco di tutti i campioni, un valore superiore di 0,36645 g per il solo stomaco vuoto, e maggiore di 0,58400 di contenuto stomacale.

Tale proporzione tra peso totale dello stomaco, peso dello stomaco vuoto e del contenuto stomacale di individui contenenti fibre e frammenti e gli stessi indici considerati sulla totalità del campione è descritta tramite la seguente rappresentazione grafica (Fig.74).

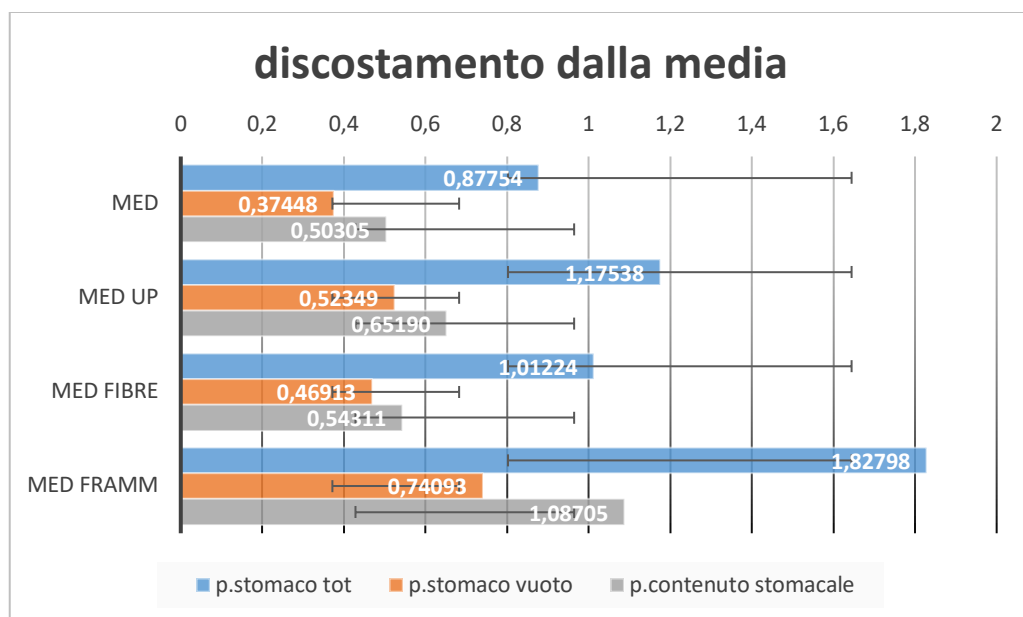


Figura 74: Variazioni dei valori delle misurazioni condotte sullo stomaco di individui contenenti microplastiche rispetto alla media per gli stessi valori di tutti gli individui di Serranus cabrilla

3.2.9) Risultati della presenza di μ P in Scorpaena scrofa

Per questa specie sono stati presi in considerazione 14 esemplari in 7 differenti occasioni di campionamento, in un periodo compreso tra il 15/11/2018 e il 27/11/2021, raccogliendo una media di 2 esemplari a campionamento.

Dei 14 campioni analizzati solamente in 3 sono state rilevate fibre tessili di origine plastica, mentre in nessun campione sono stati rinvenuti frammenti (Tab.55), pertanto è possibile desumere che il 21% dei campioni conterrebbe materiale plastico sotto forma di fibre nei contenuti stomacali, mentre il 79% dei campioni ne sarebbe privo.

μ P	tot
null	11
frammenti	0
fibre	3

Tabella 55: Ripartizione μ P nei campioni

Per quanto riguarda le colorazioni delle fibre rinvenute, esse hanno mostrato la seguente distribuzione (Tab.56), evidenziando esclusivamente la presenza di fibre blu e nere,

		blu	rosso	verde	nero	bianco	trasparente
fibra	3	1	0	0	2	0	0

Tabella 56: Distribuzione delle differenti colorazioni delle fibre nei campioni

Tale distribuzione è rappresentata graficamente di seguito (Fig.75), in cui vengono confrontate per colorazioni le fibre rinvenute, mostrando come di queste il 33% fosse di colore blu mentre il 67 % nero.

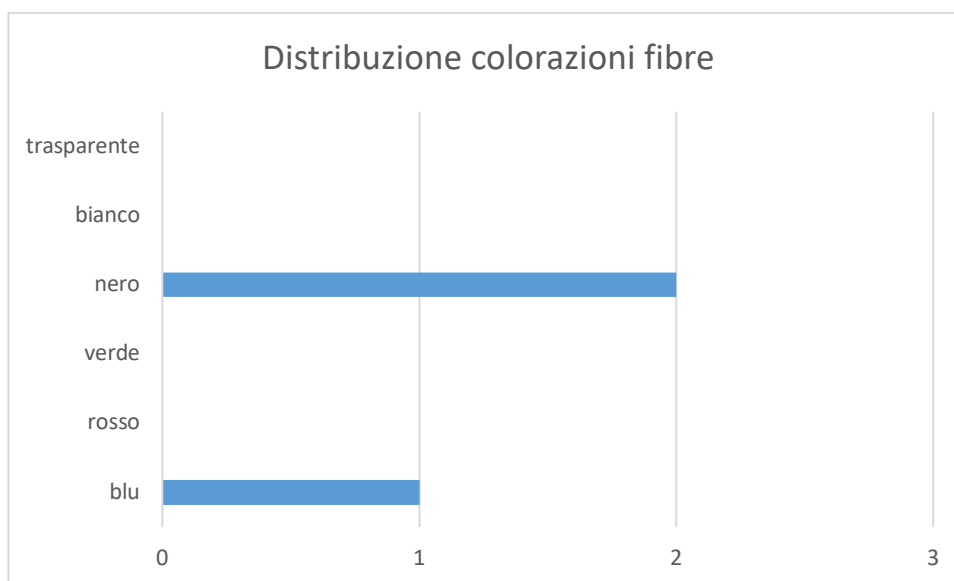


Figura 75: Distribuzione delle colorazioni di fibre e frammenti nei campioni di *Scorpaena scrofa*

In base alle caratteristiche morfologiche di lunghezza e peso degli individui, è stato possibile osservare come la presenza delle fibre fosse distribuita all'interno del campione in relazione a tali parametri.

Nella seguente tabella (Tab.57) sono espressi i valori medi di lunghezza, peso, peso totale dello stomaco, peso dello stomaco vuoto e peso del contenuto stomacale.

	lung.	peso	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	16,3	69,6	1,89965	0,93632	0,96333

Tabella 57: Valori di riferimento per *Scorpaena scrofa*

Di seguito sono stati confrontati i valori di norma con quelli degli individui in cui è stata rilevata la presenza di fibre nei contenuti stomacali (Tab.58).

	lung.	peso	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	16,3	69,6	1,89965	0,93632	0,96333
MED FIBRE	19,3	96,2	2,64402	1,38687	1,25716

Tabella 58: Valori di riferimento per individui di Scorpaena scrofa contenenti fibre

Gli individui contenenti microplastiche in forma di fibra si discostano dalla media per una lunghezza maggiore di circa 3,0 cm e per un peso superiore di 26,6 g. (Tab.59).

	lung.	peso
MED	16,3	69,6
MED FIBRE	19,3	96,2

Tabella 59: Valori di riferimento medi di lunghezza e peso

Tale proporzione tra lunghezza e peso di individui contenenti fibre e lunghezza e peso medio del campione totale è descritta tramite la seguente rappresentazione grafica (Fig.76).

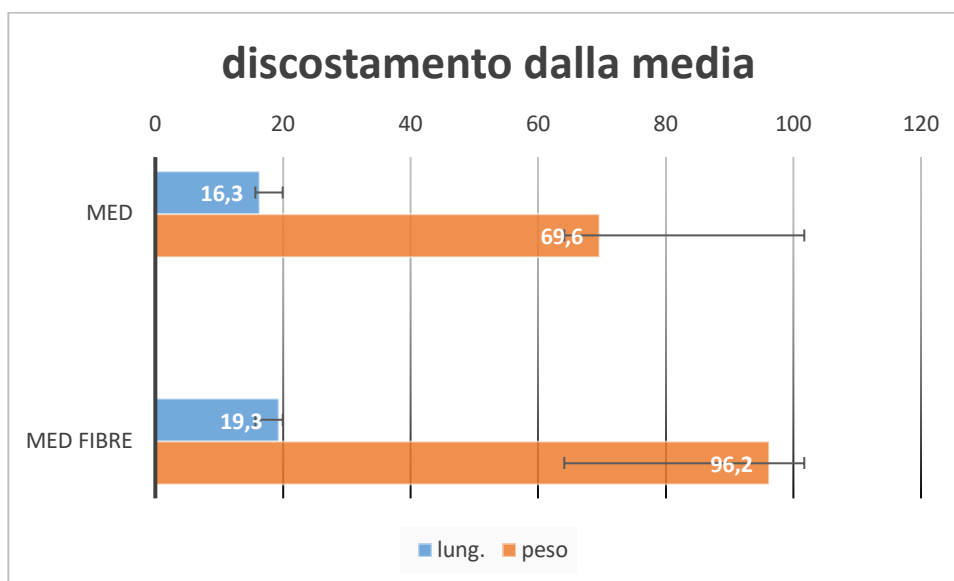


Figura 76: Variazioni dei valori di lunghezza e peso medio di individui contenenti fibre plastiche rispetto alla media di lunghezza e peso di tutti gli individui di Scorpaena scrofa.

Per quanto riguarda il peso totale dello stomaco, il peso dello stomaco vuoto e del contenuto stomacale, anche qui sono apprezzabili discostamenti rispetto alla media della totalità del campione (Tab.60).

Gli individui contenenti fibre nei contenuti stomacali possiedono un peso complessivo dello stomaco mediamente superiore di 0,74437 g rispetto alla media totale degli individui campionati, di 0,45055 g superiore per quanto riguarda il peso del solo stomaco e maggiore di 0,29383 g per il contenuto stomacale.

	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	1,89965	0,93632	0,96333
MED FIBRE	2,64402	1,38687	1,25716

Tabella 60: Valori di riferimento medi delle varie misurazioni condotte sullo stomaco

Tale proporzione tra peso totale dello stomaco, peso dello stomaco vuoto e del contenuto stomacale di individui contenenti fibre e gli stessi indici considerati sulla totalità del campione è descritta tramite la seguente rappresentazione grafica (Fig.77).

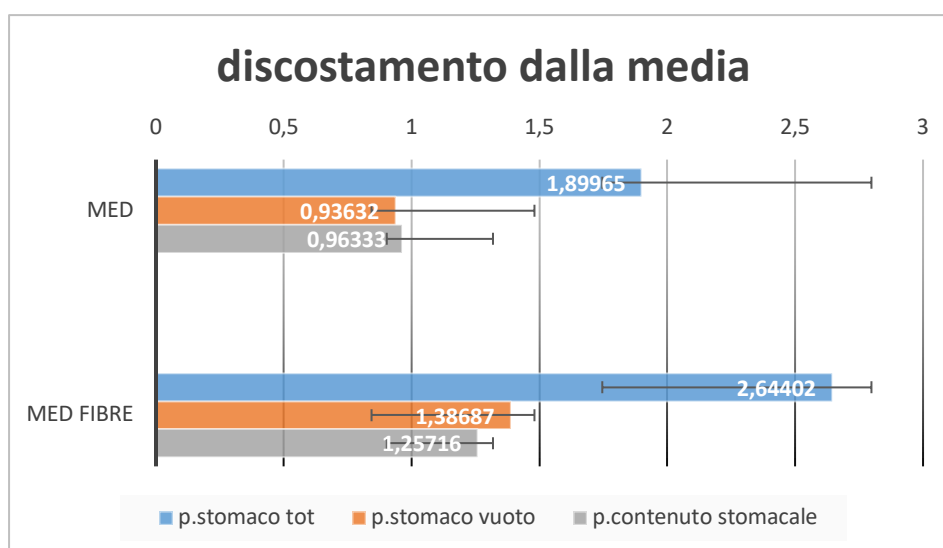


Figura 77: Variazioni dei valori delle misurazioni condotte sullo stomaco di individui contenenti microplastiche rispetto alla media per gli stessi valori di tutti gli individui di Scorpaena scrofa.

3.2.10) Risultati della presenza di μ P in *Mugil cephalus*.

Per questa specie sono stati presi in considerazione 212 esemplari in 32 differenti occasioni di campionamento, in un periodo compreso tra il 14/11/2018 e il 02/11/2021, raccogliendo una media di 6,62 esemplari a campionamento.

Dei 212 campioni analizzati 44 possedevano corpi estranei di natura plastica nei contenuti stomacali, di questi, 17 contenevano da una fino ad un massimo di 2 fibre, mentre 27 contenevano frammenti (Tab.61), pertanto è possibile desumere che il 21% dei campioni conterrebbe materiale plastico di natura generica nei contenuti stomacali, mentre il 79% dei campioni ne sarebbe privo.

μ P	tot
null	168
frammenti	27
fibre	17

Tabella 61: Ripartizione μ P nei campioni

Delle microplastiche rinvenute è espressa di seguito la ripartizione percentuale, la quale mostrerebbe che dei 212 campioni esaminati, il 13% risulterebbe aver ingerito microplastiche in forma di frammenti (Fig.78).

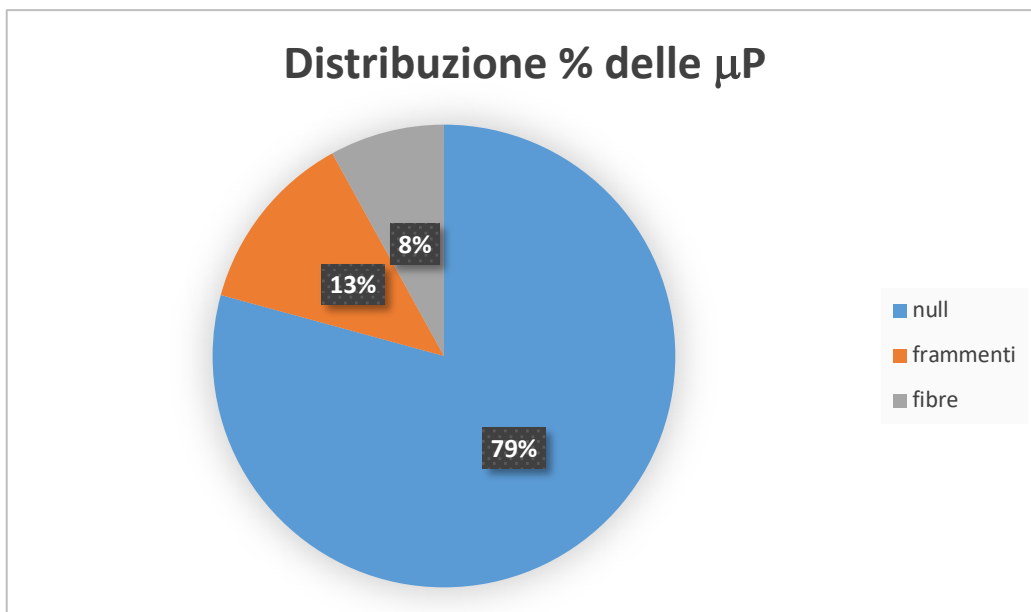


Figura 78: Distribuzione % delle microplastiche nei campioni di Mugil cephalus

Per quanto riguarda le colorazioni rinvenute di fibre e frammenti, essi hanno mostrato la seguente distribuzione (Tab.62), evidenziando una marcata presenza di fibre nere e blu, nonché la sola presenza di frammenti trasparenti bianchi.

		blu	rosso	verde	nero	bianco	trasparente
fibra	17	5	1	0	11	0	0
frammento	45	0	0	0	0	22	23

Tabella 62: Distribuzione delle differenti colorazioni di fibre e frammenti nei campioni

Tale distribuzione è rappresentata graficamente di seguito (Fig.79), in cui vengono confrontate le per tipologia e colorazioni le particelle rinvenute, mostrando come per il totale di fibre rinvenute il 65% fosse di colore nero, il 29% blu e rispettivamente 6% rosso.

Per quanto riguarderebbe i frammenti rinvenuti invece, il 51% avrebbe una colorazione trasparente, mentre il 49% bianca.

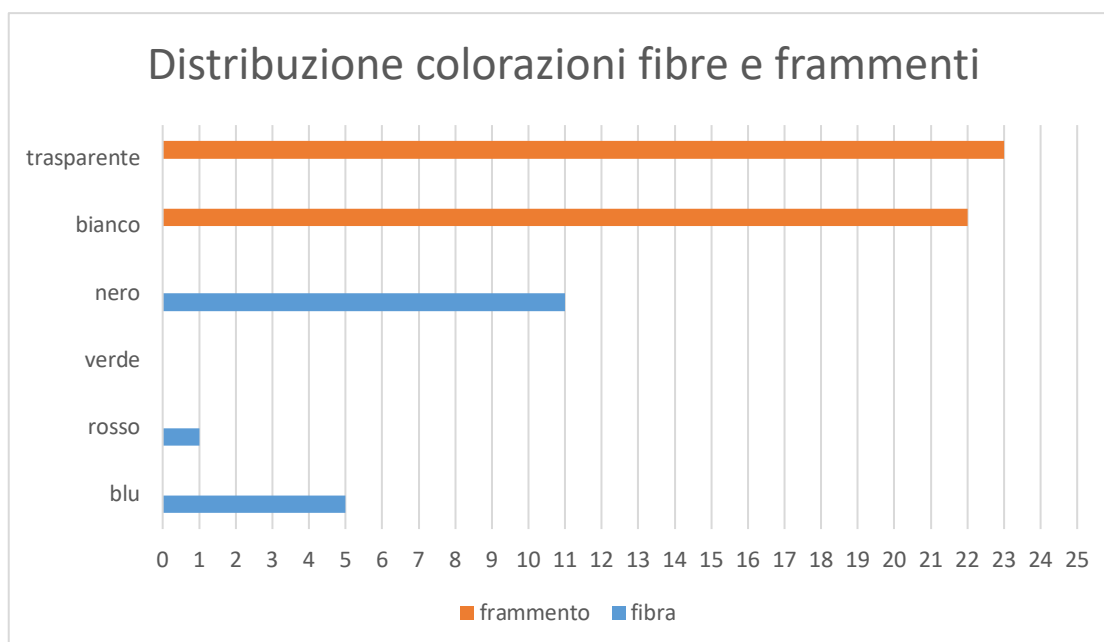


Figura 79: Distribuzione delle colorazioni di fibre e frammenti nei campioni di *Mugil cephalus*

In base alle caratteristiche morfologiche di lunghezza e peso degli individui, è stato possibile osservare come la presenza di fibre e frammenti fossero distribuiti all'interno del campione in relazione a tali parametri.

Nella seguente tabella (Tab.63) sono espressi i valori medi di lunghezza, peso, peso totale dello stomaco, peso dello stomaco vuoto e peso del contenuto stomacale.

	lung.	peso	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	8,7	26,1	0,53353	0,34587	0,18766

Tabella 63: Valori di riferimento per *Mugil cephalus*

Confrontando i valori di norma con quelli degli individui in cui è stata rilevata la presenza di microplastiche nei contenuti stomacali è apprezzabile come quest'ultimi si attestino al di sopra dei valori medi, indicando come ad una maggior dimensione e peso possa essere associabile una maggiore probabilità di rinvenimento di microplastiche nei contenuti stomacali (Tab.64).

	lung.	peso	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	8,7	26,1	0,53353	0,34587	0,18766
MED uP	13,9	68,6	1,35625	0,88504	0,47120
MED FIBRE	6,4	3,5	0,13271	0,06790	0,06481
MED FRAMM	18,7	109,6	2,12662	1,39954	0,72708

Tabella 64: Valori di riferimento per individui di Mugil cephalus contenenti microparticelle

Gli individui contenenti microplastiche in forma generica si discostano dalla media per una lunghezza maggiore di circa 5,2 cm e per un peso superiore di 42,5 g.

Quelli contenenti fibre hanno una lunghezza media inferiore di 2,3 cm e peso inferiore di 22,6 g, mentre quelli contenenti frammenti possiedono dimensioni superiori di 10 cm e peso superiore di 83,5 g (Tab.65).

	lung.	peso
MED	8,7	26,1
MED uP	13,9	68,6
MED FIBRE	6,4	3,5
MED FRAMM	18,7	109,6

Tabella 65: Valori di riferimento medi di lunghezza e peso

Tale proporzione tra lunghezza e peso di individui contenenti fibre e frammenti e lunghezza e peso medio del campione totale è descritta tramite la seguente rappresentazione grafica (Fig.80).

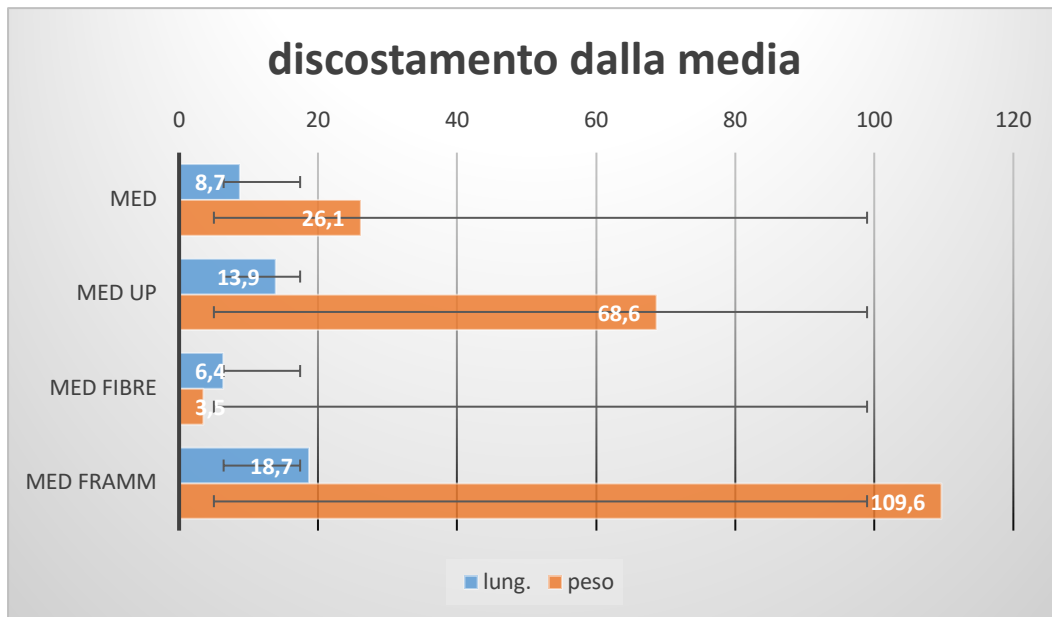


Figura 80: Variazioni dei valori di lunghezza e peso medio di individui contenenti microplastiche rispetto alla media di lunghezza e peso di tutti gli individui di Mugil cephalus.

Per quanto riguarda il peso totale dello stomaco, il peso dello stomaco vuoto e del contenuto stomacale, anche qui sono apprezzabili dei significativi discostamenti rispetto alla media della totalità del campione (Tab.66).

Gli individui contenenti microplastiche in forma generica si discostano dalla media del campione per un peso totale dello stomaco maggiore di 0,82272 g, di 0,53917 g per quanto riguarda il peso dello stomaco vuoto, e di 0,28354 g per il solo contenuto stomacale.

Gli individui contenenti fibre possiedono un peso stomacale inferiore di 0,40082g rispetto alla media totale degli individui campionati, di 0,27797 g in meno per quanto riguarda il peso del solo stomaco, e di 0,12285 g in meno per quanto riguarda il contenuto stomacale.

	p.stomaco tot	p.stomaco vuoto	p.contenuto stomacale
MED	0,53353	0,34587	0,18766
MED uP	1,35625	0,88504	0,47120
MED FIBRE	0,13271	0,06790	0,06481
MED FRAMM	2,12662	1,39954	0,72708

Tabella 66: Valori di riferimento medi delle varie misurazioni condotte sullo stomaco

Per quanto riguarda i campioni all'interno dei cui stomaci sono stati rinvenuti frammenti, questi individui hanno mostrato avere valori medi del peso totale dello stomaco superiore di 1,59309 g rispetto alla media del peso dello stomaco di tutti i campioni, un valore superiore di 1,05367 g per il solo stomaco vuoto, e maggiore di 0,53942 g di contenuto stomacale.

Tale proporzione tra peso totale dello stomaco, peso dello stomaco vuoto e del contenuto stomacale di individui contenenti fibre e frammenti e gli stessi indici considerati sulla totalità del campione è descritta tramite la seguente rappresentazione grafica (Fig.81).

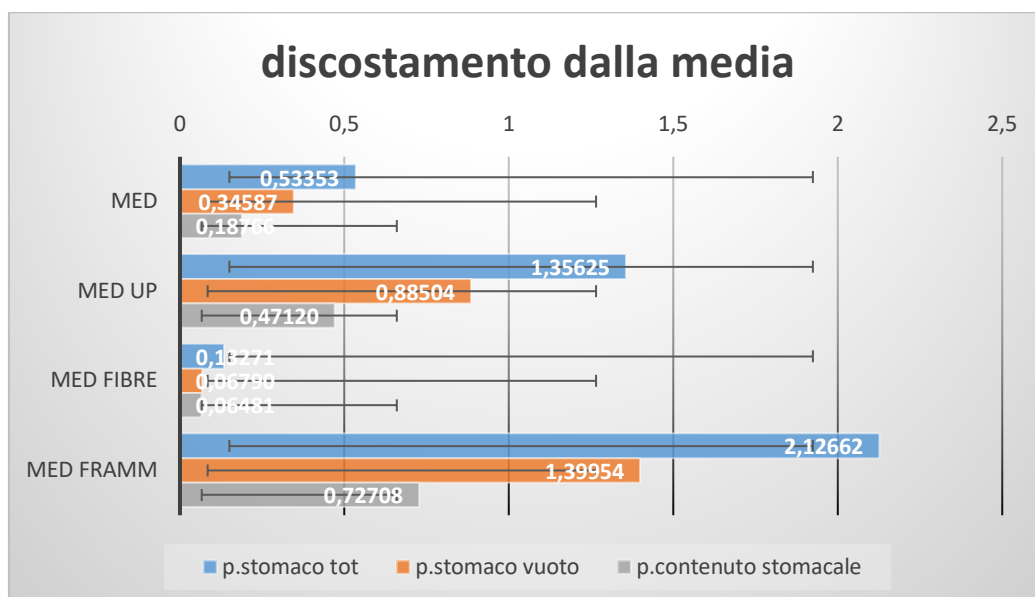


Figura 81: Variazioni dei valori delle misurazioni condotte sullo stomaco di individui contenenti microplastiche rispetto alla media per gli stessi valori di tutti gli individui di Mugil cephalus

3.2.11) Risultati analisi delle particelle rinvenute

Delle particelle rinvenute all'interno dei contenuti stomacali, è stata possibile l'identificazione dei materiali di 51 campioni, tra film, pellet o frammenti generici, i quali hanno mostrato la seguente ripartizione (Tab.67):

POLIETILENE (LD)	32
POLIETILENE (HD)	3
POLIPROPILENE	8
POLISTIRENE	4
POLIESTERE	2
GOMMA SILICONICA	1

Tabella 67: ripartizione della composizione delle particelle analizzate

Appare evidente come ci sia una netta predominanza di polietilene, principalmente a bassa densità e polipropilene.

Risulta evidente anche la presenza di particelle di polistirene, rinvenute in 4 differenti campioni di *Mugil cephalus*.

Minore invece risulterebbe essere la presenza di altre componenti plastiche come poliesteri ed altre gomme, rinvenute con meno frequenza (Fig.82).

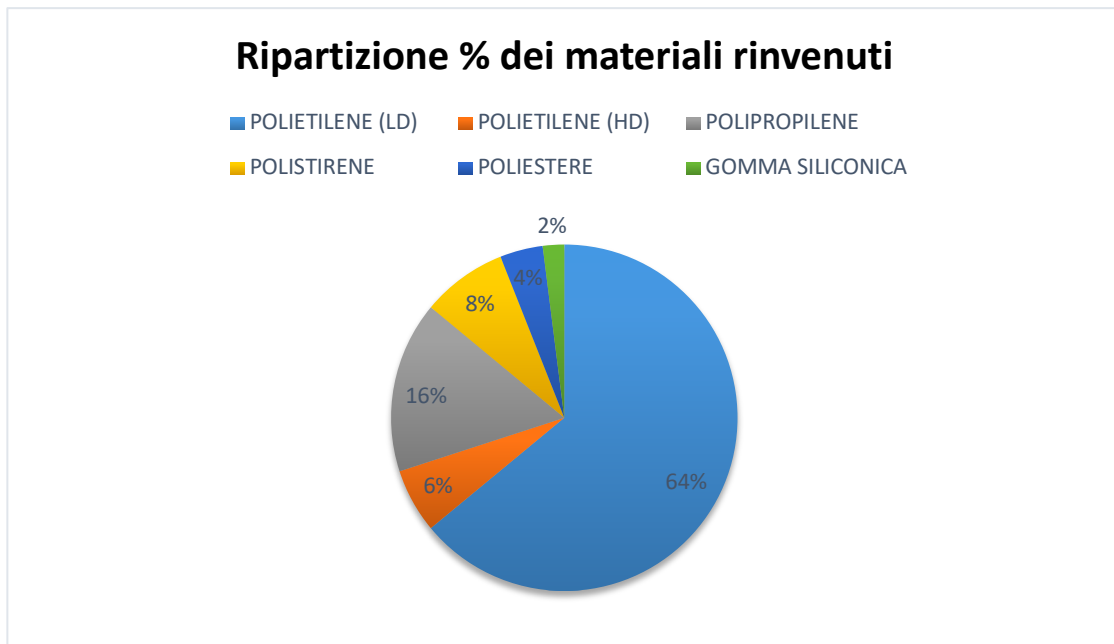


Figura 82: Ripartizione percentuale della composizione dei frammenti rinvenuti

CAPITOLO 4: Discussioni

4.1) SeaBin in relazione all'andamento meteorologico.

Di seguito è esposta la discussione dei risultati ricavati dall'analisi dati del Sea Bin, al quale è stata affiancata un'analisi dell'andamento meteorologico in termini di precipitazioni, al fine di riscontrare delle correlazioni in grado di confermare i risultati di accumulo dei detriti mostrati nel corso dei mesi presi in esame.

Dall'osservazione dei dati inerenti alle precipitazioni cadute, si può facilmente osservare come proprio durante i mesi di ottobre e novembre siano stati registrati i più alti quantitativi di pioggia, sia per le precipitazioni registrate nell'arco delle 24 ore (Fig. 83) che per quelle cumulative riferite all'intero mese (Fig. 84).

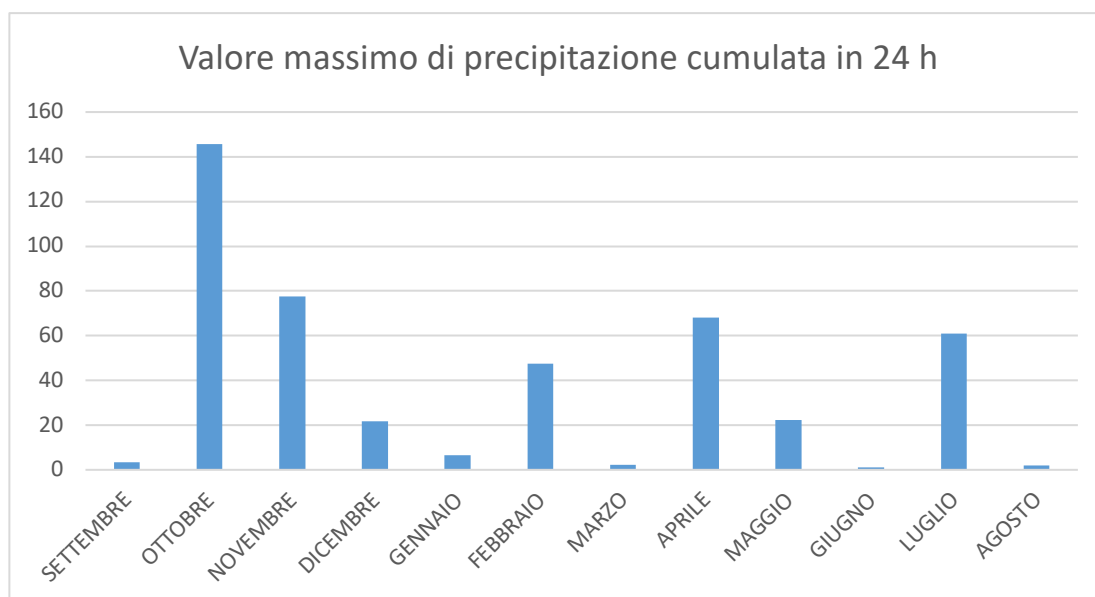


Figura 83: Valore massimo di precipitazione cumulata nell'arco delle 24h

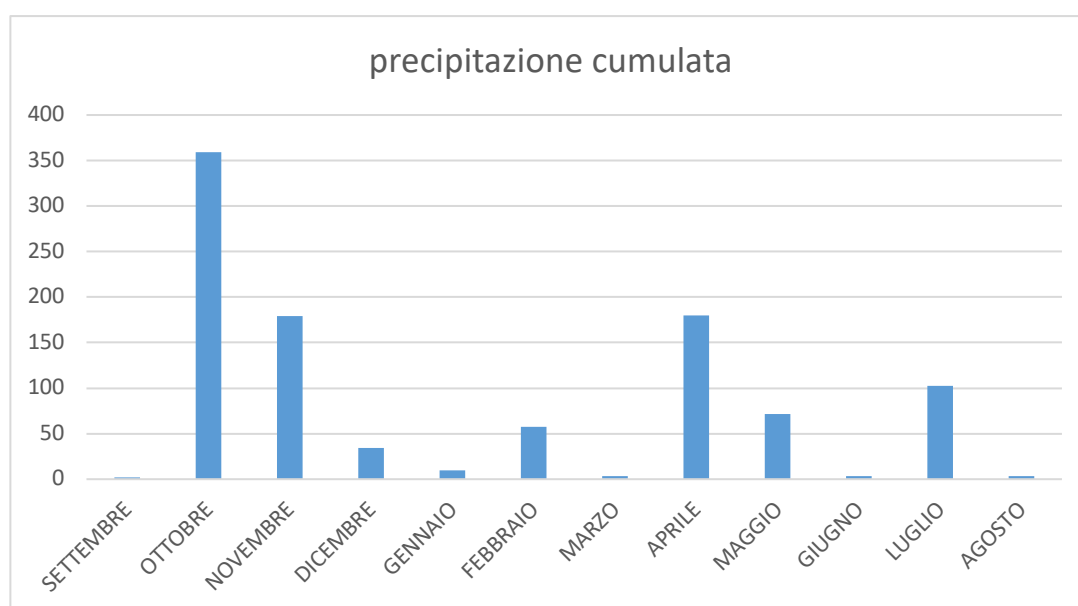


Figura 84: Valore massimo di precipitazione cumulata

Prendendo in considerazione il mese di ottobre (mese con il più alto quantitativo di detrito e di abbondanza di precipitazioni), e confrontandolo con i dati degli anni dal 2010 al 2020 (Fig.85), è osservabile quanto questo risulti essere stato un evento straordinario, il quale ha sicuramente contribuito ad influenzare il risultato dell'ottobre 2018.

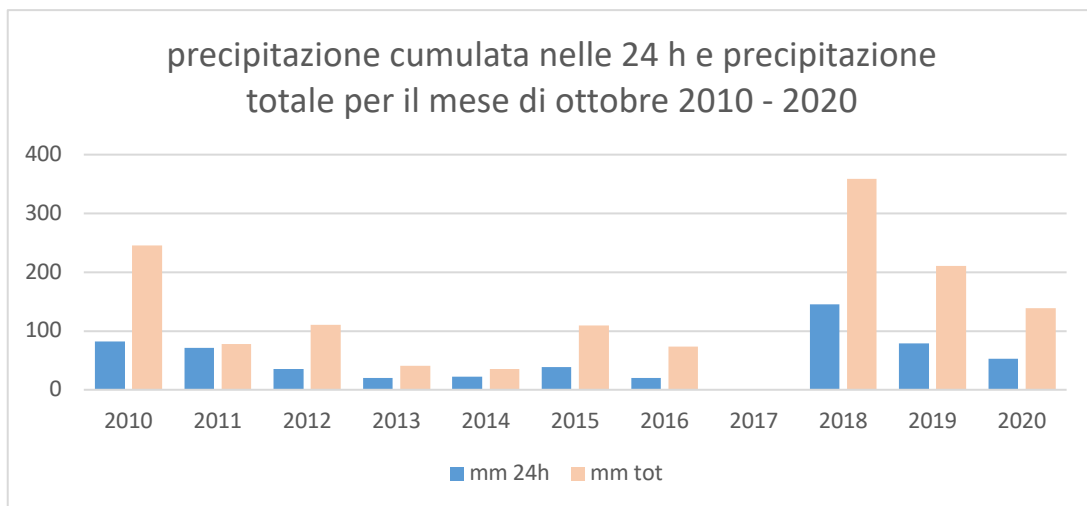


Figura 85: Confronto tra i dati di precipitazione cumulata nell'arco delle 24h e precipitazione annua cumulata per il mese di ottobre.

Analizzando le fluttuazioni mensili del detrito totale, come mostrerebbe il grafico sottostante (Fig.86), sembrerebbe che i numerosi piovachi di notevole intensità verificatisi durante i mesi di ottobre e novembre avrebbero contribuito alla deposizione di ingenti quantitativi di detriti all'interno del bacino portuale da parte dei due rii che convogliano nel canale tombato appena prima di immettersi in porto.

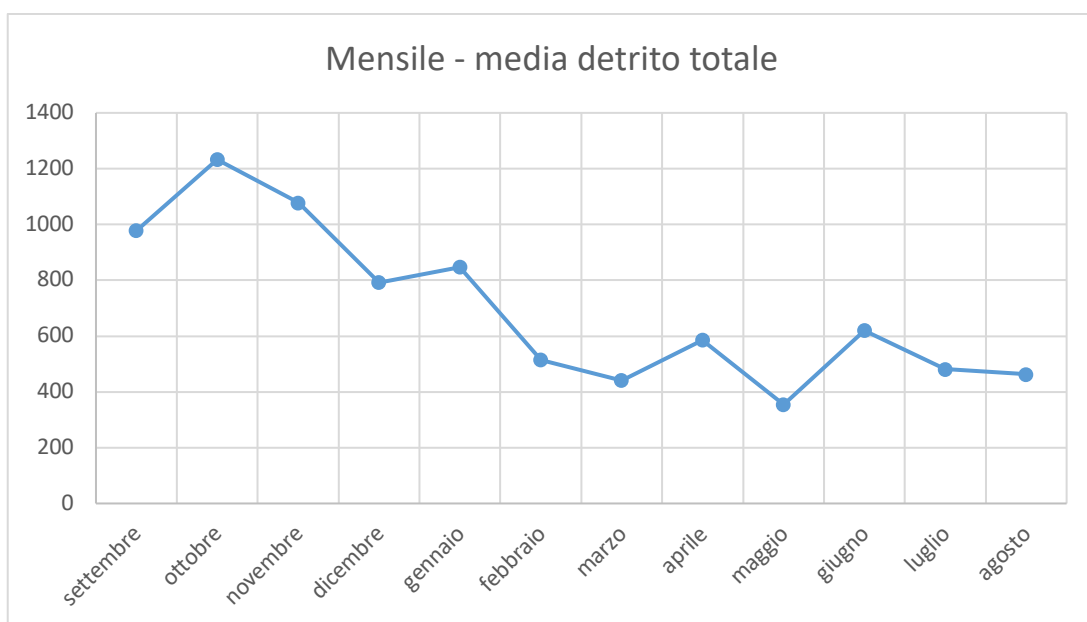


Figura 86: media detrito totale mensile

E' apprezzabile una diminuzione della presenza di detrito man mano che ci si avvicina verso i mesi primaverili ed estivi.

Confermando autunno ed inverno come i periodi più interessati da questo fenomeno, le probabili cause di questa diminuzione potrebbero consistere proprio in una minor presenza di precipitazioni.

Ponendo in relazione i dati inerenti le precipitazioni mensili con quelli riferiti alla quantità di rifiuto totale rinvenuto (Fig.87), è evidenziabile infatti una netta correlazione tra queste, almeno per quanto riguarda i mesi di ottobre e novembre; è comunque osservabile come entrambi i trend tendano a decrescere man mano che ci si avvicina ai mesi estivi, confermando come a minori precipitazioni corrispondano minori sversamenti di detrito totale nell'area portuale.

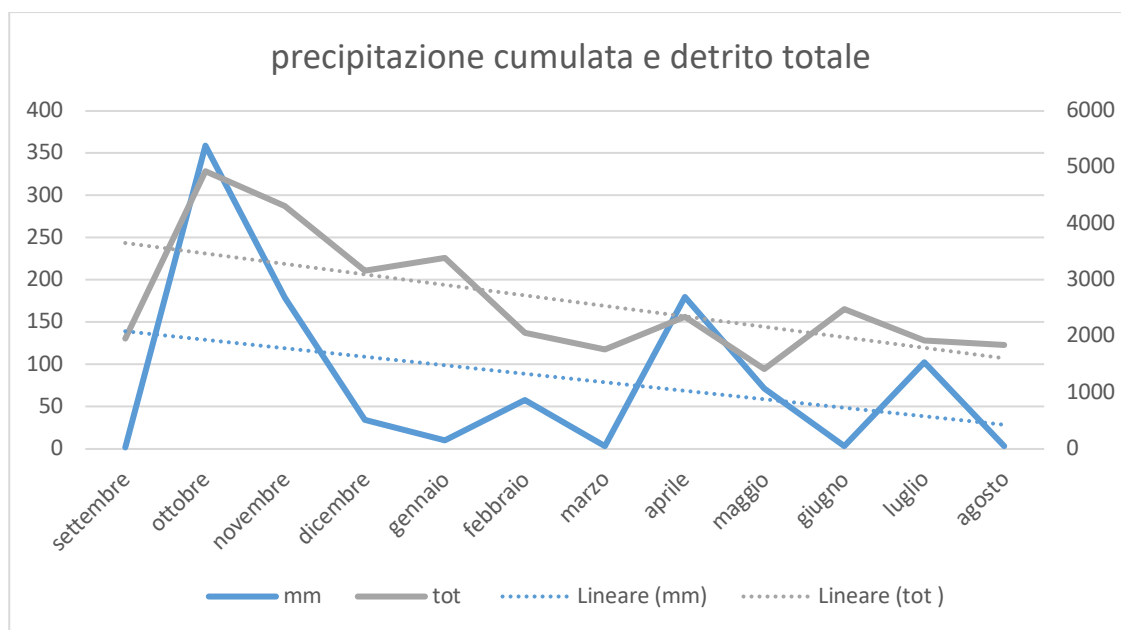


Figura 87: confronto tra precipitazioni cumulate e quantitativi di detrito totale per mese

Per quanto riguarda il detrito vegetale, esso rappresenta la principale porzione rinvenuta all'interno del dispositivo, praticamente in quasi tutti i mesi presi in esame.

Tale accumulo sarebbe avvenuto sempre a causa delle stesse dinamiche di trasporto da parte dei due corsi d'acqua, i quali, durante le fasi di ruscellamento verso valle hanno accumulato per successivamente sversare in porto tutti i materiali vegetali raccolti all'interno del bacino idrico.

In particolare, proprio durante il mese di ottobre, in concomitanza con l'evento alluvionale sarebbero stati raccolti i più alti quantitativi di detrito vegetale (Fig. 88).

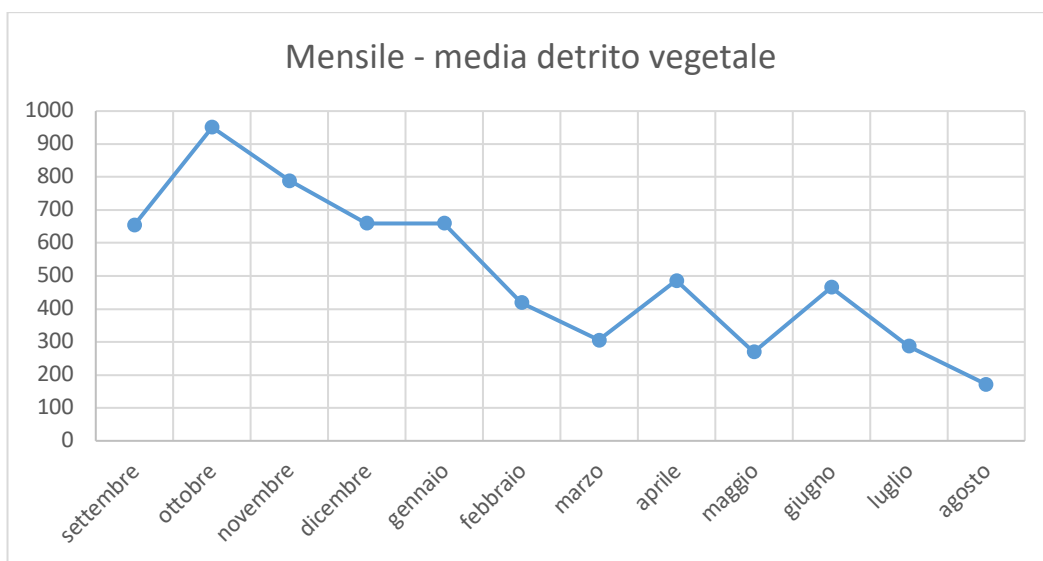


Figura 88: Media detrito vegetale mensile

Sempre per le sopracitate ragioni, anche il totale di detrito plastico (Fig.89) mostrerebbe alti quantitativi durante i mesi di ottobre e novembre. La maggioranza dei materiali antropogenici presenti nel bacino portuale durante il periodo autunnale, potrebbe provenire dunque da detriti raccolti e trasportati a valle e poi in mare dai rii durante il loro corso assieme al detrito vegetale.

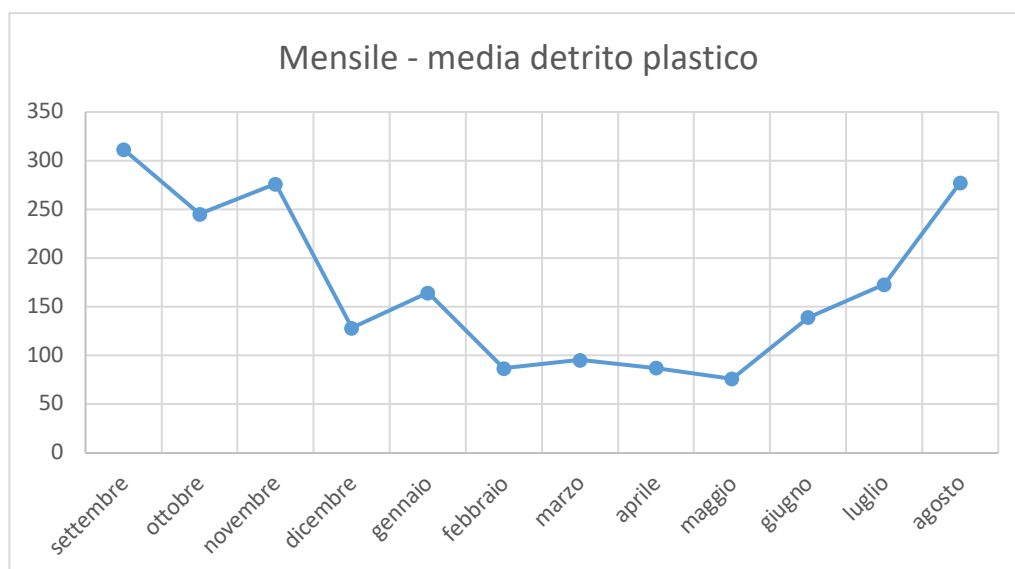


Figura 89: Media detrito plastico mensile

Ponendo in relazione i dati inerenti le precipitazioni mensili con quelli riferiti alla quantità di rifiuto plastico totale rinvenuto (Fig.90), è infatti evidenziabile una correlazione positiva almeno per quanto riguarda il mese ottobre e novembre, tuttavia è osservabile una considerevole crescita dell'abbondanza di rifiuto plastico a partire dal mese di maggio con culmine nel mese di agosto ed alti valori sono osservabili anche per il mese di settembre.

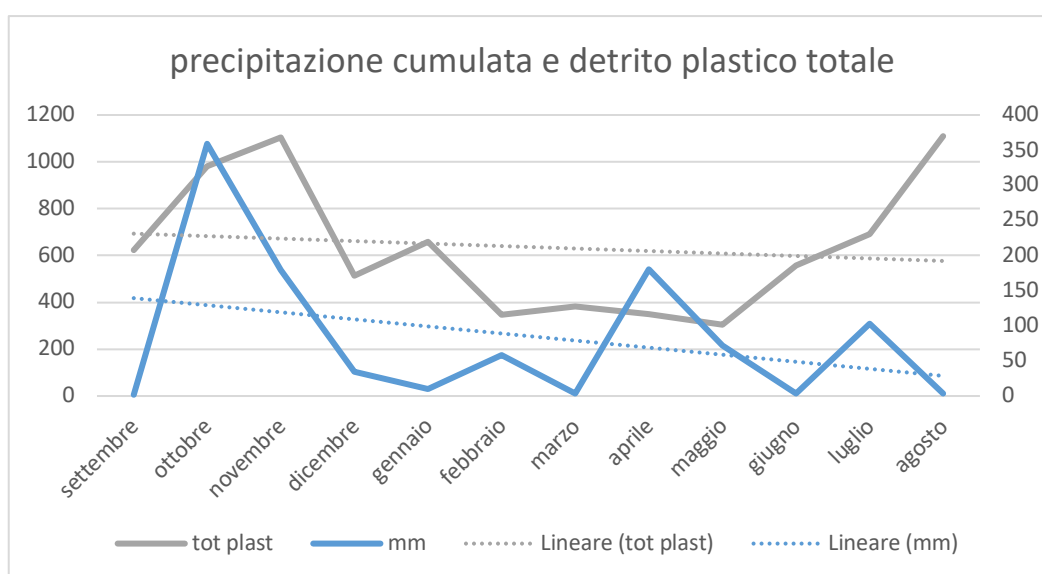


Figura 90: confronto tra precipitazioni cumulate e quantitativi di detrito plastico per mese

Confrontando i dati dei mesi da dicembre ad agosto con l'abbondanza delle precipitazioni, risulta apprezzabile una netta discordanza, la quale mostrerebbe come in questi mesi, i dati non sembrano possedere alcuna correlazione.

Durante i mesi di giugno, luglio, agosto e settembre infatti le precipitazioni sono state limitate a pochi mm, ciononostante sono stati registrati alti quantitativi di rifiuto plastico.

Vista la scarsità di precipitazioni in questi periodi, le ragioni di una così spiccata presenza di plastiche durante i mesi di giugno, luglio, agosto e settembre potrebbero invece essere correlate ad una forma di inquinamento diretto, provocate dall'incuria delle persone, le quali, in maniera accidentale o dolosa, abbandonerebbero rifiuti in prossimità dell'area portuale. Durante i mesi estivi infatti, Varazze subisce un forte afflusso turistico, diventando meta di molti diportisti e vacanzieri.

Per quanto riguarda gli organismi animali rinvenuti all'interno del SeaBin, questi non sono stati considerati come massa organica espressa in grammi, ma sono stati conteggiati individualmente, l'analisi dell'output grafico non mostrerebbe inoltre apprezzabili fluttuazioni in funzione del tempo, lasciando intendere un andamento piuttosto casuale del fenomeno (Fig. 91).

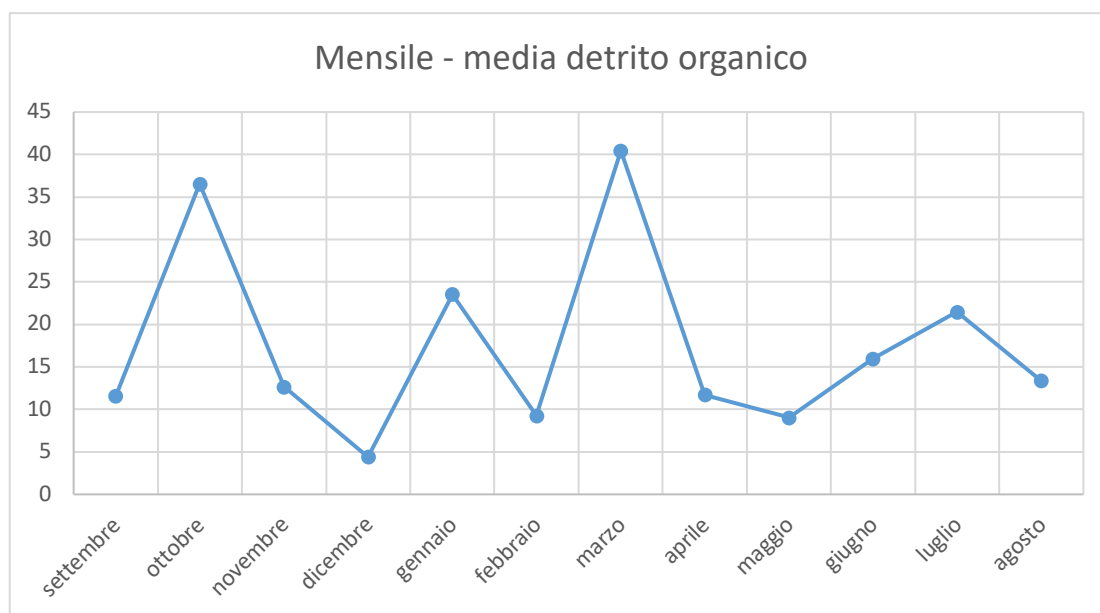


Figura 91: Media detrito organico mensile

Dei 279 individui rinvenuti, 49 appartenevano alla specie *Mugil cephalus* e 230 alla specie *Palaemon elegans*, rispettivamente il 18% e l'82%.

Mugil cephalus è una specie tipica delle aree portuali, le cui taglie coesistono eterogeneamente durante tutto l'arco dell'anno. Durante i periodi presi in esame erano pertanto presenti individui giovanili ed adulti contemporaneamente. Il periodo riproduttivo di *Mugil cephalus* va da febbraio ad aprile, la maturità sessuale viene raggiunta tra il secondo e terzo anno di vita, quando il pesce raggiunge una taglia di circa 30 cm.

Visto il rapido accrescimento degli individui di questa specie, probabilmente anche a causa della loro voracità, delle scarse preferenze in termini di foraggiamento, e della ricca disponibilità trofica nell'area in considerazione, è molto plausibile che gli individui rinvenuti (tra i 2 cm e i 6,5 cm di lunghezza) fossero tutti al di sotto dell'anno d'età. A conferma di tale ipotesi, anche l'analisi degli otoliti non avrebbe mostrato la presenza di evidenze riconducibili ad un'età superiore a quella stimata (Fig.92).



Figura 92: Otolite di individuo giovanile di *Mugil cephalus*

Sarebbe pertanto ipotizzabile che ad essere risucchiati dal dispositivo siano solamente gli esemplari giovanili o quelli già indeboliti, non in grado di contrastare la forza del flusso d'acqua durante le procedure di aspirazione e filtrazione del detrito superficiale.

La più abbondante porzione di detrito organico è rappresentata da crostacei appartenenti alla specie *Palaemon elegans*, questi organismi si nutrono di materiale organico, prevalentemente animale, è pertanto ipotizzabile una loro frequentazione del SeaBin, in quanto attirati probabilmente dalla copertura algale che riveste il dispositivo.

Viste le scarse abilità natatorie degli appartenenti a questo genere, questi possono essere stati aspirati accidentalmente durante le fasi di risucchio, in quanto incapaci anch'essi di contrastare la corrente.

4.2) SeaBin in relazione della presenza di μ P in *Mugil cephalus*

Durante le 46 settimane di monitoraggio del dispositivo SeaBin sono stati ricavati dati interessanti, di seguito sono stati confrontati con la concentrazione di plastiche e microplastiche rinvenute nei contenuti stomacali degli individui di *Mugil cephalus*, prelevati a poca distanza.

E' stato possibile effettuare questa correlazione solamente per i mesi da novembre 2018 fino ad agosto 2019.

Di seguito, nella prima colonna, sono riassunti i dati inerenti il detrito plastico raccolto all'interno del SeaBin, nelle altre colonne è invece espressa la presenza di microplastiche di diversa natura nei contenuti stomacali degli esemplari analizzati (Tab.68).

	tot plast (g.)	individui con uP	individui con fibre	individui con frammenti	tot fibre	tot frammenti
settembre	623,6					
ottobre	980,9					
novembre	1105	1		1		3
dicembre	512,8	1	1		1	
gennaio	657,6					
febbraio	347,7	3		3		3
marzo	381,8					
aprile	348,5	3	1	2	1	3
maggio	304,5					
giugno	556,2	4		4		4
luglio	692,2	4	2	2	2	4
agosto	1109,6	1		1		

Tabella 68: Quantitativi di plastica rinvenuti nel SeaBin e individui di *Mugil cephalus* contenenti fibre e frammenti

Di seguito è espressa graficamente la distribuzione mensile di individui di *Mugil cephalus* all'interno del quale sono state ritrovate microparticelle plastiche sotto forma di fibre e di frammenti (Fig.93).

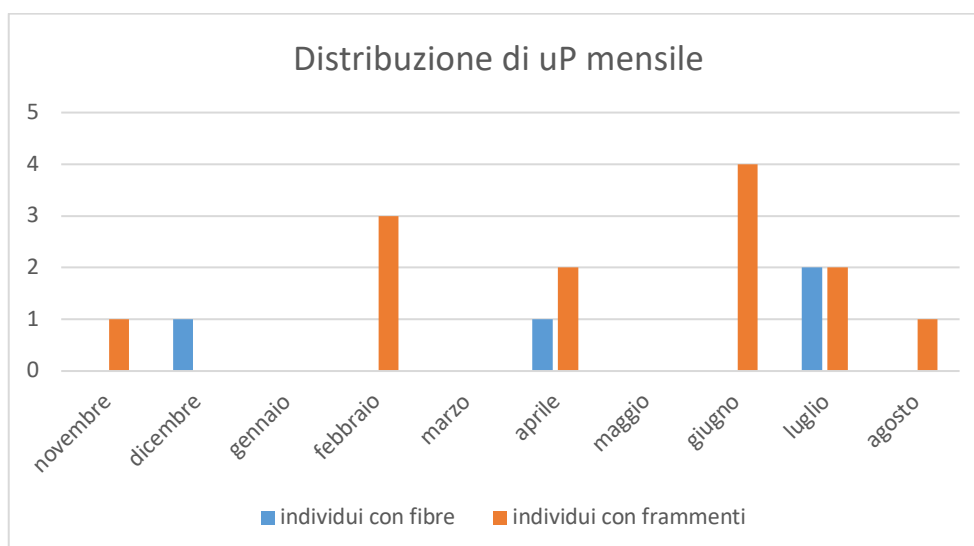


Figura 93: Quantitativi di microplastiche rinvenute nei contenuti stomacali di *Mugil cephalus*

Questi dati mostrerebbero una distribuzione piuttosto casuale del fenomeno, tuttavia è osservabile come vi possa essere una correlazione tra questi due dataset durante i mesi di giugno e luglio, periodi in cui, nonostante la scarsità di precipitazioni è osservabile sia una crescita dei quantitativi di plastica rinvenuta nel SeaBin, che la presenza di microplastiche sotto forma di fibre e frammenti nei contenuti stomacali di *Mugil cephalus* (Fig.94).

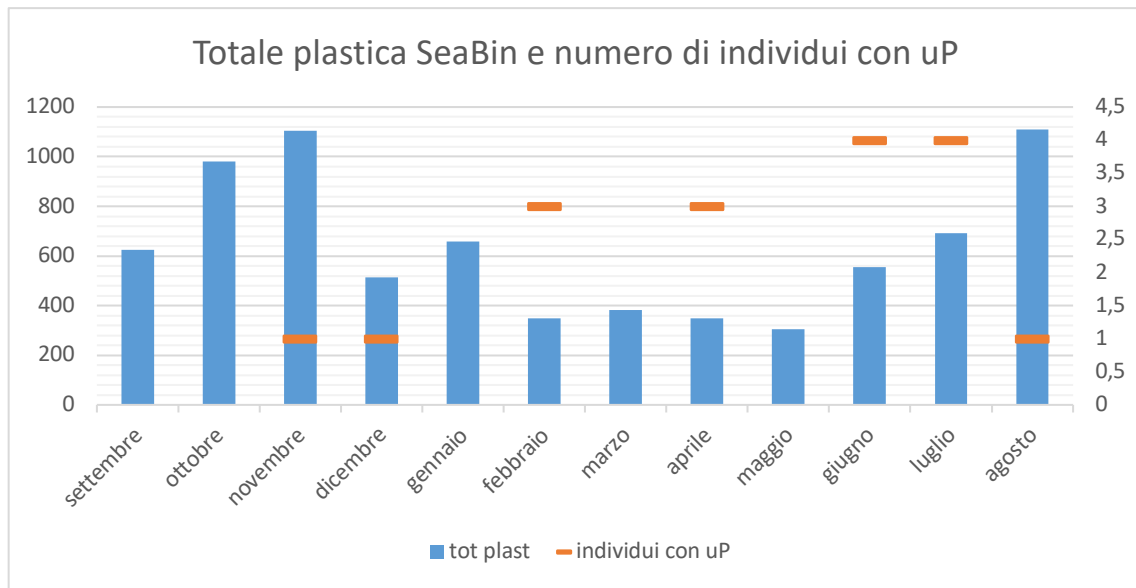


*Figura 94: correlazione tra plastica totale mensile rinvenuta all'interno del SeaBin ed quantitativi di *Mugil cephalus* contenenti microplastiche*

Per quanto riguarda la tipologia di frammenti rinvenuti nei contenuti stomacali degli individui di piccole dimensioni, essi sarebbero costituiti per la maggior parte da sfere di polistirolo di dimensione compresa tra 2,02 e 2,57 mm.

Tale informazione mostrerebbe una corrispondenza tra una delle principali forme di inquinamento rinvenute anche all'interno del SeaBin.

Queste sfere, classificate come frammenti, proverrebbero probabilmente dalla degradazione delle cassette per la raccolta del pesce (Fig.95).

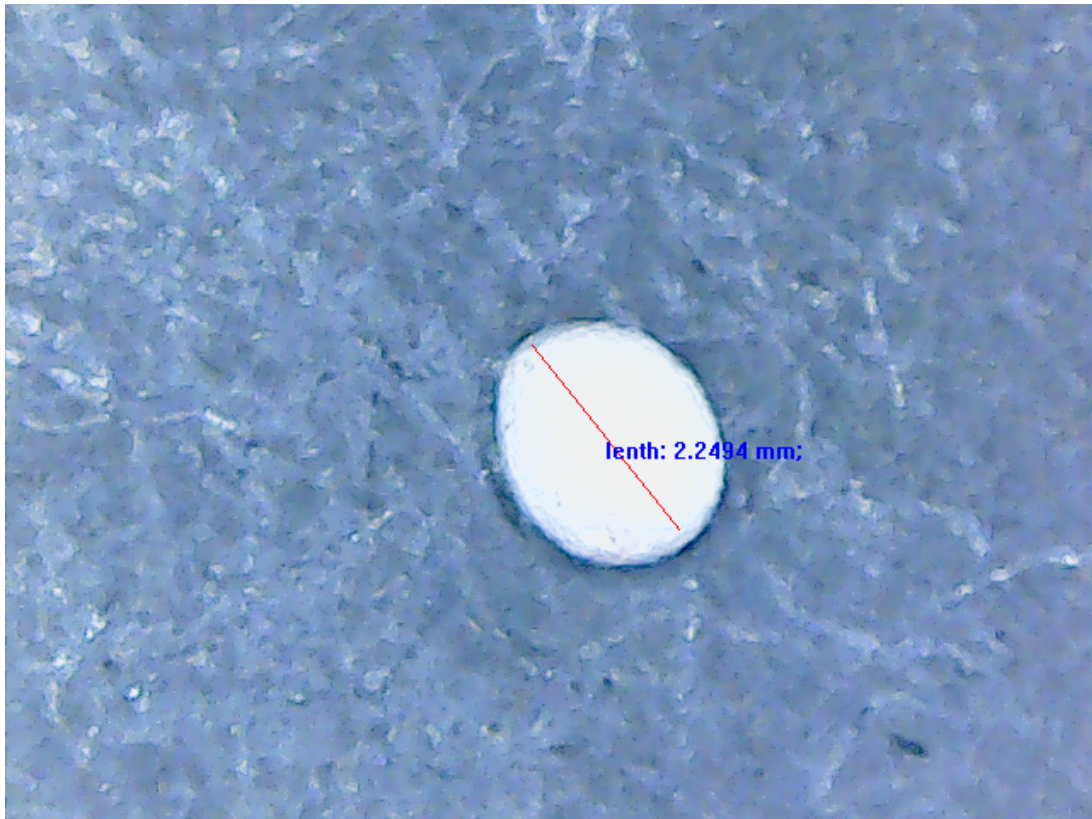


Figura 95: Sfere di polistirolo rinvenute in Mugil cephalus

In conclusione, sebbene non vi sia una netta correlazione temporale tra il detrito rinvenuto all'interno del SeaBin e le microplastiche presenti nei contenuti stomacali di *Mugil cephalus*, è invece ipotizzabile come la stessa la tipologia di frammento sia presente ed ampiamente distribuita in entrambi gli studi, a conferma di come la presenza di questa tipologia di microplastiche nelle aree portuali possa effettivamente esporre tale specie alla forma di inquinamento in questione.

4.3) Discussione risultati delle analisi della distribuzione di μ P

I risultati del presente studio confermano la consistente presenza di rifiuti plastici nell'ecosistema marino, come già è stato evidenziato da diversi Autori.

L'analisi ha preso in considerazione i frammenti di minori dimensioni per i quali, da circa un decennio, va aumentando l'interesse della comunità scientifica.

Le cosiddette microplastiche sono state oggetto di numerosi studi per definire la loro concentrazione nelle acque del Mar Ligure, nei sedimenti e nel contenuto stomacale di cetacei, rettili marini e pesci pelagici di grandi dimensioni.

Per alcune specie prese in considerazione, il presente studio è uno dei primi ad esporre i risultati di informazioni riguardanti presenza, concentrazione e distribuzione di microplastiche nel Mar Ligure.

Dei 588 campioni analizzati, 144 contenevano al loro interno microplastiche in forma generica, di questi 104 evidenziavano la presenza di fibre, mentre 40 possedevano frammenti nel contenuto stomacale (Tab.69).

SPECIE	TOT	TOT individui con μ P	TOT individui con fibre	TOT individui con frammenti
Trachurus mediterraneus	106	31	27	4
Scomber colias	42	14	11	3
Auxis rochei	30	10	8	2
Sarpa salpa	31	10	10	0
Sphyraena sphyraena	18	4	4	0
Pagellus erythrinus	41	10	8	2
Spicara maena	39	8	8	0
Serranus cabrilla	55	10	8	2
Scorpaena scrofa	14	3	3	0
Mugil cephalus	212	44	17	27
TOT	588	144	104	40

Tabella 69: ripartizione delle microplastiche nelle specie analizzate

Dei 588 esemplari analizzati, ripartiti tra le varie specie considerate in questo studio, il 7% sarebbe interessato dall'ingestione di fibre mentre il 18 % dalla sola ingestione di frammenti, mostrando così come un quarto dei campioni analizzati (25 %) possieda microplastiche al suo interno.

Alcuni campioni possedevano più fibre o più frammenti contemporaneamente all'interno del contenuto stomacale, pertanto, su tutti i campioni analizzati sono state rinvenute in totale 179 particelle di origine antropica, di queste, 121 erano rappresentate da fibre, mentre 58 erano costituite da frammenti (Tab.70).

SPECIE	TOT fibre	TOT frammenti	TOT uP
Trachurus mediterraneus	33	4	37
Scomber colias	17	3	20
Auxis rochei	11	2	13
Sarpa salpa	11	0	11
Sphyraena sphyraena	4	0	4
Pagellus erythrinus	8	2	10
Spicara maena	9	0	9
Serranus cabrilla	8	2	10
Scorpaena scrofa	3	0	3
Mugiul cephalus	17	45	62
TOT	121	58	179

Tabella 70: ripartizione delle microplastiche totali nelle specie analizzate

Osservando le distribuzioni percentuali (Tab.71) è possibile apprezzare come a differenza di ciò che si potrebbe presumere dall'interpretazione della tabella soprastante, il numero di microplastiche rinvenute non è strettamente collegato alla distribuzione sull'intero campione.

SPECIE	% TOT senza uP	% TOT con uP	% TOT con fibre	% TOT con frammenti
Trachurus mediterraneus	71	29	25	4
Scomber colias	67	33	26	7
Auxis rochei	67	33	27	6
Sarpa salpa	68	32	32	0
Sphyræna sphyræna	78	22	22	0
Pagellus erythrinus	76	24	19	5
Spicara maena	79	21	21	0
Serranus cabrilla	82	18	14	4
Scorpaena scrofa	79	21	21	0
Mugiul cephalus	79	21	8	13

Tabella 71: distribuzione percentuale delle microplastiche nelle specie analizzate

La specie *Mugil cephalus* ha riscontrato il più elevato numero di microplastiche, sia per quanto riguarda il numero complessivo particelle rinvenute (62), che per il numero di individui coinvolti da tale fenomeno (44).

Questo dato, espresso in percentuale sull'intero campione analizzato, mostrerebbe però un'incidenza del fenomeno del 21%, inferiore pertanto alla maggior parte delle specie considerate in tale studio.

Il seguente grafico mostrerebbe più chiaramente la distribuzione delle microplastiche ripartite nelle due categorie prese in considerazione sull'intero dataset (Fig.96).

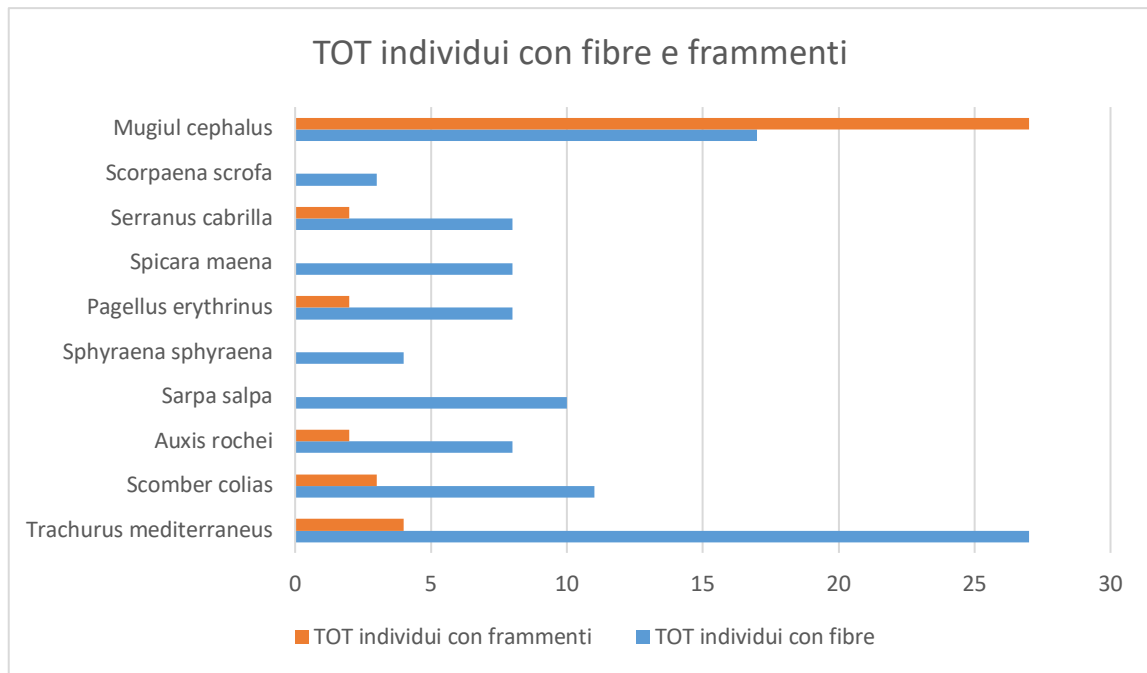


Figura 96: Numero di individui per specie contenenti fibre e frammenti

Appare evidente, pur considerando l'integrità del campione di *Mugil cephalus*, come il solo conteggio delle microparticelle risulti un dato significativamente a favore di questo fenomeno, nonostante le percentuali avvantaggino differenti interpretazioni.

Mugil cephalus si tratterebbe infatti della specie più coinvolta nell'ingestione di frammenti, con il 13% di individui interessati da questo fenomeno, in particolare per quanto riguarda gli individui di grossa taglia, all'interno dei quali sono stati rinvenuti anche fino a 5 frammenti contemporaneamente, tuttavia, essendo presenti nel dataset un sostanziale numero di individui di piccole dimensioni privi di alcuna particella, tale dato ha influenzato significativamente il risultato.

Basandoci esclusivamente sui 31 individui adulti, di dimensioni comprese tra i 15,5 cm e i 36 cm, 17 di questi conterebbero da una fino a 5 particelle nei contenuti stomacali, mostrando come tale fenomeno interessi il 55% di questi esemplari.

A conferma di tale affermazione è osservabile come delle 179 particelle totali rinvenute tra le 10 specie analizzate, 62 sono state rinvenute solo nei contenuti

stomacali di *Mugil cephalus*, mostrando come il 35% di queste appartenerebbero alla specie in questione (Fig.97).

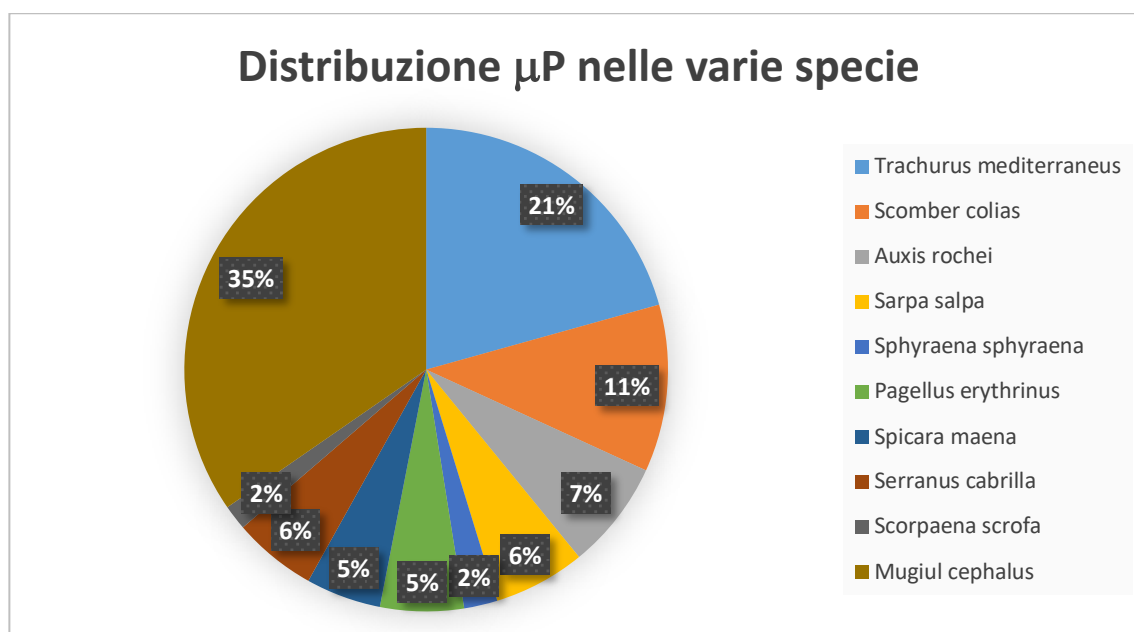


Figura 97: Ripartizione delle microplastiche sul totale degli individui campionati

Rispetto alle altre specie, è possibile pertanto affermare come in *Mugil cephalus* gli individui di taglia maggiore siano notevolmente più coinvolti da tale fenomeno, e, complessivamente, come l'intera specie sia più soggetta all'ingestione di frammenti.

La giustificazione di tale risultato potrebbe risiedere nelle abitudini trofiche di questa specie, non particolarmente selettiva dal punto di vista alimentare, la quale, anche per via del suo apparato boccale sviluppato per predare sul pelo dell'acqua, sarebbe maggiormente incentivata a captare plastiche flottanti superficialmente. Altro fattore che determinerebbe l'esposizione di tale specie al fenomeno, potrebbe consistere alla diffusa contaminazione da detrito antropogenico tipico proprio degli ambienti portuali, habitat in cui *Mugil cephalus* è sicuramente più abbondante.

Per quanto riguarderebbe le altre specie è opportuno basare le valutazioni sulla percentuale di microplastiche rilevate all'interno della specie stessa, al fine di facilitare il confronto tra queste proporzionalmente al numero di campioni prelevati (Fig.98, 99, 100).

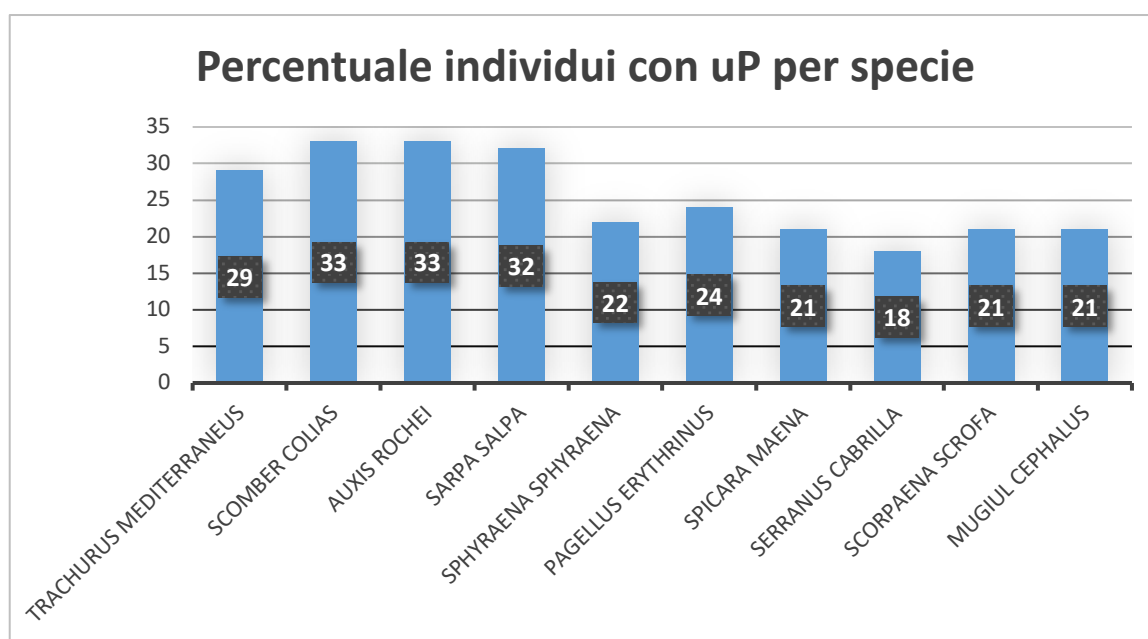


Figura 98: Percentuale di individui contenenti microplastiche in forma generica proporzionalmente al campione della specie stessa

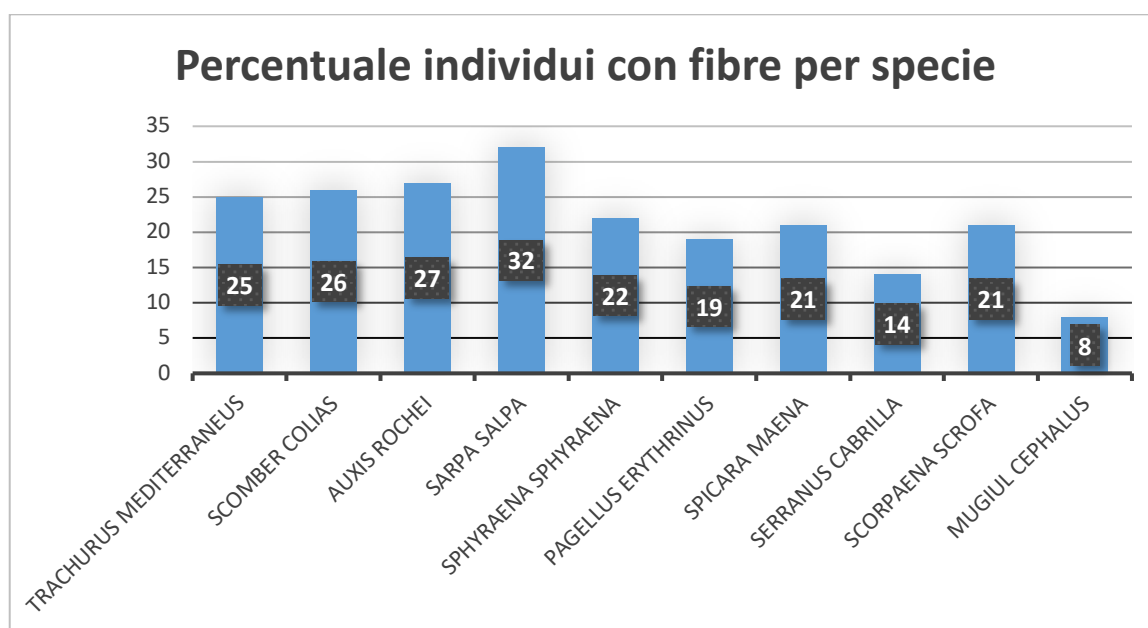


Figura 99: Percentuale di individui contenenti fibre proporzionalmente al campione della specie stessa

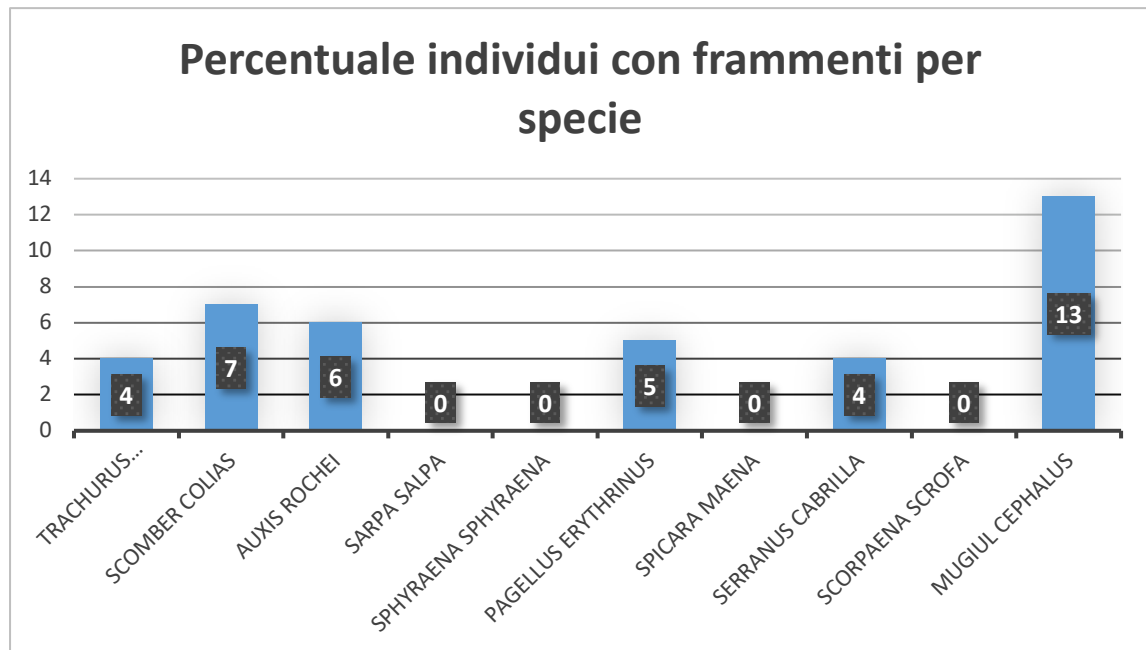


Figura 100: Percentuale di individui contenenti frammenti proporzionalmente al campione della specie stessa

Sulla base della totalità del campione analizzato, *Scomber colias* e *Auxis rochei* sono state le specie più interessate dall'ingestione di microplastiche, in entrambe è stato osservato che il 33% degli esemplari siano soggetti a questo fenomeno.

Del campione di *Scomber colias*, e *Auxis rochei* analizzato, ad essere interessati dall'ingestione di frammenti sarebbero invece rispettivamente il 7% e il 6%.

Anche in *Trachurus mediterraneus* sono stati osservati alti quantitativi di microplastiche.

Dei 106 campioni analizzati, 31 individui possedevano infatti microparticelle plastiche nei contenuti stomacali (il 29%), nello specifico, 27 fibre e 4 frammenti.

Il 21% delle microplastiche totali rinvenute appartenevano infatti a *Trachurus mediterraneus*, seconda specie per concentrazione, solamente a *Mugil cephalus*.

Trachurus mediterraneus, *Scomber colias*, e *Auxis rochei*, seppur differenti per morfologia e dimensioni, possiedono abitudini trofiche e distribuzione piuttosto simili, erano pertanto attendibili risultati analoghi.

Coesistendo in ambiente pelagico, con frequenti escursioni sotto costa ai fini riproduttivi durante i mesi estivi, queste tre specie risulterebbero esposte in maniera molto simile al fenomeno.

Le abitudini gregarie delle specie favorirebbero certamente la capacità di interagire con le microparticelle presenti nella massa d'acqua, mentre la comune predazione di piccoli clupeidi potrebbe prevedere la presenza di frammenti ingeriti a seguito della passiva predazione di *Engraulis encrasicolus*, secondo meccanismi di bioaccumulo.

In *Sarpa salpa* sono stati riscontrati i più alti quantitativi di fibre, con il 32% degli individui interessati, questo dato ha contribuito ad incrementarne la percentuale di plastiche totali, sebbene in questa specie non sia stata rilevata la presenza di alcun frammento.

L'areale piuttosto costiero di *Sarpa salpa* e le immediate vicinanze all'imboccatura del porto del luogo in cui questi campioni sono stati raccolti, potrebbero aver favorito la massiccia presenza di fibre nei campioni analizzati, essendo inoltre questa una specie prevalentemente vegetariana, è escludibile il rinvenimento di frammenti a seguito di meccanismi di bioaccumulo, tuttavia non sarebbe da escludere invece la predazione diretta dei frammenti stessi qualora ve ne fossero stati.

Pagellus erythrinus e *Serranus cabrilla* hanno evidenziato rispettivamente il 5% e il 4% di individui in cui è stata rilevata la presenza di frammenti, tali specie possono coesistere nello stesso ambiente, sebbene possiedano abitudini trofiche differenti, sono presenti entrambe a batimetriche più elevate rispetto alle specie precedentemente citate, rappresentando infatti una costante presenza su fondali ghiaiosi e rocciosi di medio-alta profondità.

La predazione dei frammenti rinvenuti potrebbe derivare sia da meccanismi di bioaccumulo e sia dalla predazione diretta di queste particelle, le quali,

precipitando per via della loro maggior densità rispetto a quella dell'acqua potrebbero aver attirato l'attenzione di questi animali.

In *Sphyraena sphyraena*, *Spicara maena* e *Scorphanus scrofa*, così come in *Sarpa salpa* non sono stati rinvenuti frammenti ma solamente fibre, predate accidentalmente o passivamente in ambienti differenti.

Per quanto riguarda i 58 frammenti rinvenuti, questi sarebbero presenti in solamente 4 colorazioni: bianchi, trasparenti, neri e blu, distribuiti secondo la seguente proporzione (Fig.101).

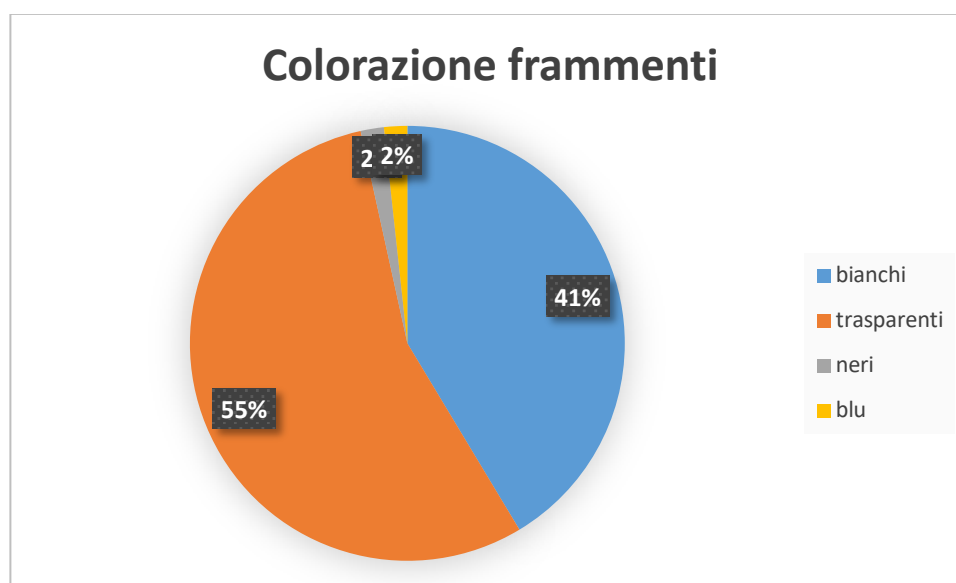


Figura 101: Distribuzione percentuale della colorazione dei frammenti rinvenuti

Ad esclusione della specie *Mugil cephalus*, per la quale è stata ipotizzata una predazione superficiale dei frammenti, non è possibile stabilire se tali corpuscoli possano essere o meno individuabili dai pesci nella colonna d'acqua o in prossimità del fondale a varie profondità.

Tenendo conto dell'assorbimento selettivo dei colori che compongono lo spettro visibile con l'aumento della profondità (Fig.102), è comunque da escludere la capacità di individuare alcuni frammenti colorati ad elevate batimetriche.

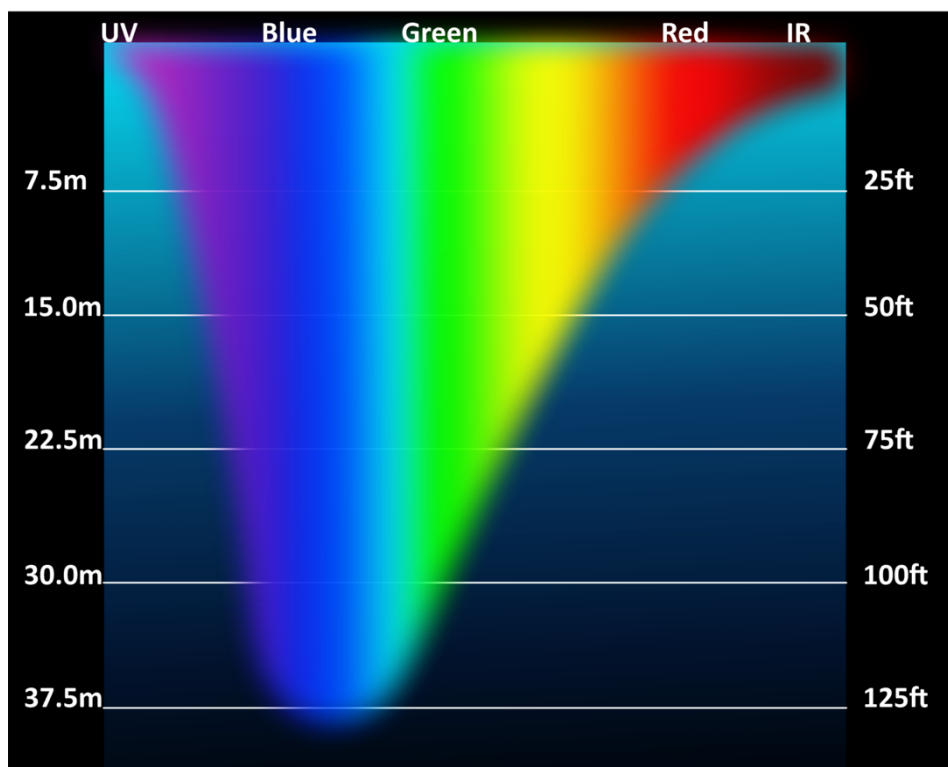


Figura 102: Assorbimento della luce in risposta alla profondità

L'unico frammento di colore blu rinvenuto era presente nel contenuto stomacale di un individuo adulto di *Serranus cabrilla*, pescato alla profondità di circa 30 metri, ove potrebbe esserne ancora possibile il riconoscimento cromatico.

Sempre ipotizzando una volontà predatoria guidata dal senso della vista durante il giorno, i numerosi microframmenti di plastica incolore (32 su un totale di 58), potrebbero aver indotto gli individui interessati alla sensazione di catturare organismi planctonici di una discreta dimensione.

Frequente è anche il colore bianco; considerando la veloce estinzione nell'acqua di alcune sue componenti (rosso, arancione e giallo), i 24 frammenti di questo colore, qualora predati volontariamente, potrebbero essere stati individuati quasi esclusivamente nello strato superficiale.

4.4) Discussione delle analisi delle μ P rinvenute

I risultati dell'analisi spettroscopica dei singoli corpuscoli individuati hanno consentito di caratterizzare il materiale dei frammenti plastici rinvenuti, i quali hanno evidenziato una netta predominanza di Polietilene, per la maggior parte costituito da polimeri a bassa densità (PE-LD).

Come già osservato nel precedente studio oggetto del progetto di tesi magistrale, tale concentrazione potrebbe essere giustificabile da una effettiva maggiore abbondanza di questa forma di detrito piuttosto che alle preferenze alimentari degli individui interessati; tali polimeri infatti, essendo ampiamente impiegati nella realizzazione della gran parte di prodotti di uso quotidiano, sono più soggetti all'accidentale o volontaria dispersione negli habitat marini.

La minore densità di gran parte di questi materiali inoltre, influirebbe sull'accessibilità di queste particelle alle specie interessate; la loro galleggiabilità, e quindi persistenza duratura negli strati più superficiali della colonna d'acqua, offrirebbe agli individui una reale maggiore disponibilità di questi materiali alla predazione.

Gli spettri di assorbimento delle particelle analizzate hanno evidenziato anche una notevole presenza di Polipropilene.

Di notevole interesse è anche la presenza di particelle di Polistirene, materiale a bassa densità, flottante ed ampiamente diffuso come forma di inquinamento antropico. Tali particelle sono state rinvenute in 4 individui di *Mugil cephalus*, tutti prelevati durante la stessa occasione di campionamento, avvenuto il 21/06/2019 all'interno dell'area Portuale e nelle immediate vicinanze del dispositivo SeaBin, all'interno del quale, proprio in occasione del controllo settimanale, sono state rinvenute particelle di polistirene analoghe per forma e dimensioni a quelle rinvenute nei contenuti stomacali di questi individui.

Tale informazione potrebbe evidenziare come il dispositivo possa essere un reale ausilio per allontanare dalle aree portuali detriti eventualmente captabili dalle specie frequentatrici di queste acque.

Sono infine state rinvenute due tipologie di plastiche non appartenenti alle categorie più diffuse, queste sono rappresentate da due particelle di Poliestere, costituite probabilmente da un mix di resine alchidiche e da una gomma siliconica di non identificabile composizione.

CAPITOLO 5: Conclusioni

Per quanto riguarda lo studio dei dati risultanti dal dispositivo SeaBin, La correlazione tra detrito totale e precipitazioni è più evidente durante i mesi autunnali di ottobre e novembre, mesi in cui le piogge trasporterebbero i maggiori quantitativi di rifiuti totali.

Essendo la maggior parte del rifiuto caratterizzato da detrito vegetale, durante i mesi estivi, questi risultano nettamente inferiori.

Tale correlazione è meno evidente per quanto riguarda il detrito plastico. Durante i mesi estivi, nonostante la scarsità di piogge, è infatti stato riscontrato comunque un alto valore di detrito plastico raccolto. La spiegazione di ciò potrebbe essere che durante i mesi autunnali l'accumulo di detriti sia causato per la maggior parte dal trasporto fluviale, accentuato dai frequenti piovachi, mentre durante il periodo primaverile ed estivo tale accumulo sarebbe imputabile ad altre forme di inquinamento diretto.

Il rinvenimento di microplastiche in alcuni campioni di *Mugil cephalus* prelevati in prossimità del dispositivo SeaBin, mostrerebbero la presenza nei contenuti stomacali di una forma di inquinamento analoga a quella rinvenuta all'interno del

dispositivo, confermando come la presenza nell'area portuale di una tipologia di microplastica possa effettivamente esporre questa specie alla forma di inquinamento in questione.

La frequenza con la quale le microplastiche sono state rinvenute negli stomaci degli esemplari delle varie specie campionate, attraverso pazienti attività di individuazione e conteggio di fibre e frammenti artificiali frammisti al contenuto organico semidigerito, sembra evidenziare una situazione che si potrebbe definire allarmante riguardo presenza, concentrazione e distribuzione delle microplastiche nel Mar Ligure o comunque nelle acque frequentate dalle specie in questione: almeno un individuo su quattro conterrebbe plastica di qualche tipo all'interno del suo stomaco. Per alcune specie questo rapporto sale ad uno ogni tre.

Le branchiospine, rivolte verso il lume della cavità boccale, costituiscono una sorta di filtro, il quale svolge il duplice compito di proteggere le delicate branchie dall'impatto con corpuscoli di ogni natura eventualmente entrati nella bocca durante il nuoto, ed ovviamente, di trattenere e convogliare nell'esofago il plancton che rappresenta il nutrimento elettivo di numerose specie. In tal modo fibre e frammenti accidentalmente trattenuti da questi organi, potrebbero così raggiungere esofago e stomaco e stazionare brevemente prima di essere successivamente espulse con le feci.

Sembrerebbe dunque ridimensionarsi la possibilità che l'ingestione di frammenti sia dovuta ad una presunta confusione alimentare conseguente ad un'attività predatoria volontaria ed intensificata dalla necessità di assumere alimenti di maggiore apporto energetico.

Per quanto riguarda le specie pelagiche di *Trachurus mediterraneus*, *Scomber colias*, e *Auxis rochei*, tale ipotesi sembrerebbe infatti poco plausibile. Viste le dimensioni delle particelle rinvenute, se confrontate con le dimensioni delle prede abituali, ne sarebbe escludibile una volontaria predazione attiva, in quanto

probabilmente tali frammenti neppure sarebbero percepibili alla vista di questi individui.

Tali corpuscoli potrebbero derivare dalla frammentazione di plastiche di maggiori dimensioni predate attivamente dagli individui delle specie sopracitate ed in fase di eliminazione, oppure stazionare temporaneamente nei contenuti stomacali a seguito di attività predatoria mediante meccanismi di bioaccumulo.

Dal precedente studio condotto durante il progetto di tesi magistrale sugli individui di *Engraulis encrasicolus*, è stato confermato come i risultati ottenuti, correlati alle informazioni relative alla biologia della specie in questione, lascerebbero presumere che gli individui di questa specie predino volontariamente i frammenti, selezionando quelli trasparenti e bianchi, confondendoli probabilmente con le loro prede naturali.

Rigettando dunque l'ipotesi della predazione volontaria ed ammettendo la più probabile filtrazione involontaria o bioaccumulo, per quanto riguarda le specie pelagiche di *Trachurus mediterraneus*, *Scomber colias*, e *Auxis rochei*, tutti i frammenti potrebbero essere stati ingeriti lungo la colonna d'acqua ad ogni quota a seguito della predazione di altre prede più soggette all'ingestione di microparticelle.

L'ipotesi di una predazione volontaria dei frammenti, potrebbe però essere valida per la specie *Mugil cephalus*, la quale potrebbe essere l'unica a ricercare volontariamente questi frammenti sulla superficie dell'acqua, confondendoli per particelle di cibo.

E' difficile stabilire se l'ingestione diretta di frammenti possa condurre gli individui di *Mugil cephalus* alla morte, prendendo in considerazione la dimensione dei frammenti di microplastica rinvenuti negli stomaci e la scabrosità dei loro margini esisterebbe la possibilità, con il crescere dell'età, di un accumulo progressivo degli

elementi di maggiori dimensioni all'interno del sacco stomacale, pregiudicandone la sopravvivenza.

Tuttavia l'assenza di frammenti molto grandi nei contenuti stomacali potrebbe essere spiegata tenendo presente l'azione dei continui movimenti peristaltici della parete muscolare dello stomaco, la quale, con il tempo, potrebbe essere in grado di smussare gli spigoli troppo vivi oltre a sminuzzare meccanicamente l'oggetto estraneo fino a consentirne la definitiva espulsione.

La presenza così massiccia di fibre rispetto ai frammenti ingeriti induce a ritenere più probabile un'assunzione accidentale anche di queste, ingerite durante le fasi di suzione dell'acqua, sembrerebbe infatti poco probabile la possibilità di una individuazione visiva da parte dei predatori.

Tali fibre hanno mostrato possedere colorazioni prevalentemente scure, per la maggior parte nere o blu, per questo risultato si può ipotizzare una reale maggiore presenza in mare di fibre di questi colori, occorre tuttavia tenere presente la maggiore difficoltà incontrata anche dall'analista nell'individuazione delle fibre altre colorazioni colori nella massa semidigerita del contenuto gastrico, con conseguente possibile errore di analisi del campione.

L'individuazione in laboratorio sembra facilitata da colori più intensi e scuri, come il blu ed il nero ed in minor misura per le altre colorazioni, rinvenute invece in quantità notevolmente inferiori.

Infine, la maggiore quantità dei frammenti ingeriti dagli individui analizzati è costituita da polietilene a bassa densità (PE-LD) e, in minor numero, da polipropilene (PP-LD). Si tratta di materie plastiche che, proprio in virtù della minore densità rispetto all'acqua marina, possono rimanere a lungo a flottare negli strati superficiali rimanendo a disposizione di accidentali o volontari "predatori". Pertanto è logico che le materie plastiche meno dense possano

essere più frequenti negli stomaci rispetto a frammenti di materiale più denso, come ad es. PVC, che tende a scendere più rapidamente sul fondo.

Tali frammenti hanno mostrato due prevalenti colorazioni, bianche ed incolori, tale risultato potrebbe essere legato ad una maggiore effettiva disponibilità di queste colorazioni rispetto ad altre, piuttosto che ad un maggior interesse verso queste da parte di individui appartenenti alle specie predate dagli individui oggetto di studio.

Considerazioni finali

Questa attività di Dottorato è stata per me una grande opportunità per conoscere ed approfondire le conoscenze sul fenomeno dell'inquinamento da plastiche e microplastiche nei nostri mari.

Ciò che inizialmente consideravo essere delle buone conoscenze riguardo il punto della situazione, si sono invece rivelate essere solamente delle solide basi dalle quali procedere per approfondire un vastissimo ambito ancora in parte inesplorato.

Molte sono state le ipotesi e le correlazioni alla quale in questi anni ho provato a dare un significato, talvolta riuscendoci, altre volte invece rimandando le risposte a studi futuri.

Tuttavia questo ha dimostrato come ancora, anche in campo scientifico, gran parte del problema risulta essere poco compreso.

La ricerca bibliografica, finalizzata alla realizzazione dei primi capitoli della tesi, è stata per me un'importante presa di coscienza di quanto tale problematica interessasse più aspetti e coinvolgesse più ambiti scientifici.

Durante questo periodo ho potuto constatare come il fenomeno dell'inquinamento da microplastiche sia sottovalutato o addirittura ignorato dalla

maggior parte dei non “addetti ai lavori”, i quali lo considerano negativo esclusivamente per quanto riguarda l’impatto visivo, ignorando quasi totalmente il pericolo che grava sugli ecosistemi marini.

È di questi che infatti è in gioco il futuro, e delle risorse naturali dalle quali noi in gran parte dipendiamo.

Uno studio durato tre anni firmato dalla Ellen Mc Arthur Foundation ha ipotizzato che dal 2050 in poi negli oceani sarà presente più plastica che pesci.

Gli sforzi sono attualmente incentrati a capire e quantificare l’entità del problema, solo pochi studi invece stanno affrontando la questione di petto, e finora non è ancora stata trovata una sola soluzione pratica definitiva.

Ciò che è ovvio è che questa può essere raggiunta solamente cercando di ripulire i mari di quanto già presente e contemporaneamente lavorando per ridurre l’entità dei nuovi apporti.

Le modalità per agire sulle future fonti di inquinamento necessitano di affrontare la problematica sotto diversi aspetti, ma, per giungere alla soluzione definitiva del problema, è indispensabile informare i cittadini, educandoli su una corretta gestione dei materiali plastici e collaborare con le industrie produttrici per sensibilizzarle al problema.

È dovere di ogni cittadino conoscere quali comportamenti adottare; campagne di sensibilizzazione quindi, sono indispensabili ad accrescere la coscienza del fatto che ognuno di noi deve contribuire alla soluzione del problema, cominciando ad adottare comportamenti responsabili, a partire dal cambiamento delle semplici abitudini quotidiane.

Altro passo fondamentale è mettere in condizione il cittadino informato di comportarsi responsabilmente, tramite semplici accorgimenti come l’installazione di impianti di raccolta differenziata adeguati.

L'impegno da parte dei produttori di materiale plastico invece, occorre che sia indirizzato verso un suo minor impiego, con utilizzo di materiali più ecocompatibili, come quelli biodegradabili o, ancora meglio, con la produzione di materiali più facilmente riciclabili o riutilizzabili.

La maggior parte dei rifiuti plastici presenti sulle spiagge ed in ambiente marino, è costituito infatti da packaging monouso.

A mio parere, l'impegno delle istituzioni competenti in materia, occorre sia rivolto al monitoraggio; prima azione indispensabile è la realizzazione di un protocollo di campionamento comune, il quale permetta di confrontare i risultati ottenuti, per realizzare in seguito opportune e valide politiche in grado di affrontare il problema.

Bibliografia

- Carlo Giacomo Avio, Stefania Gorbi, Francesco Regoli, 2015. Experimental development of a new protocol for extraction and characterization of microplastics in fish tissues: First observations in commercial species from Adriatic Sea. *Marine Environmental Research* 111 (2015) 18e26
- Law, K., Morét-Ferguson, S., Maximenko, N., Proskurowski, G., Peacock, E., Hafner, J., Reddy, C., 2010. Plastic accumulation in the North Atlantic Subtropical Gyre. *Science*, 329: 1185–1188.
- Plastics Europe - Plastics the Facts 2015. <http://www.plasticseurope.org/Document/plastics---the-facts-2015.aspx>.
- Luigi Alcaro, 2013. I rifiuti solidi in mare (Marine litter) problem e possibili soluzioni—ISPRA Progetto Marlisco.
- Stemming the Tide: Land-based strategies for a plastic-free ocean. McKinsey Center for Business and Environment 2015
- Kenyon, K. W., Kridler, E., 1969. Laysan albatrosses swallow indigestible matter. *The Auk*, 339–343.
- Fowler, C. W., 1987. Marine debris and northern fur seals: a case study. *Marine Pollution Bulletin* 18 (6), 326–335.

- Carpenter, E. J., Smith, K., 1972. Plastics on the sargasso seasurface. *Science* 175 (4027), 1240–1241.
- Ryan, P. G., 2015. A brief history of marine litterresearch. Springer.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, K. L., 2015. Plastic wasteinputs from landinto the ocean. *Science* 347 (6223), 768–771.
- Betts, K., 2008. Why small plasticparticlesmay pose a big problem in the oceans.
Environmental science &technology 42 (24), 8995–8995.
- Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., Box, C., Zellers, A., Edwards, W., Farley, H., Amato, S. (2013). Microplasticpollution in the surfacewaters of the Laurentian Great Lakes. *Mar. Pollut. Bull.* 77: 177-182.
- Matthew Cole, PennieLindeque,Elaine Fileman, Claudia Halsband, RhysGoodhead, Julian Moger,and Tamara S. Galloway - Microplastic Ingestion by Zooplankton– *Enviromental science and technology*- 2013, 47, 6646–6655
- Ryan, P.G., 1988. Effects of ingestedplastic on seabirdfeeding: evidence from chickens. *Mar. Pol. Bul.* 19 (3), 125–128. [http://dx.doi.org/10.1016/0025-326X\(88\)90708-4](http://dx.doi.org/10.1016/0025-326X(88)90708-4).

- Lönnstedt O.M., Eklöv P., 2013. Environmentally relevant concentrations of microplastic particles influence larval fish ecology. *Sci.* 03 Jun 2016: Vol. 352, Issue 6290, pp. 1213-1216 DOI: 10.1126/science.aad8828
- Bocio, A., Domingo, J. L., Falcò, G., Llobet, J. M., 2007. Concentrations of pcdd/pcdfs and pcbs in fish and seafood from the catalan (spain) market: estimated human intake. *Environment international* 33 (2), 170–175.
- Hammer, J., Kraak, M. H., Parsons, J. R., 2012. Plastics in the marine environment: the dark side of a modern gift. In: *Reviews of environmental contamination and toxicology*. Springer, pp. 1–44.
- Ashton, K., Holmes, L., Turner, A. (2010). Associations of metals with plastic production pellets in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 60: 2050-2055.
- Seltenrich, N. (2015). New link in the food chain? Marine plastic pollution and seafood safety. *Environ. Health Perspect.*, 123 (2): 34–41.
- Fossi M.C. (2013). Sintesi della relazione finale del progetto “Il problema emergente delle Microplastiche nel Mar Mediterraneo Il anno: potenziale impatto sulla Balenottera comune come modello di “descrittore ambientale”. Ministero dell’Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare.

- Connolly, J. P., Pedersen, C. J., 1988. A thermodynamic-based evaluation of organicchemical accumulation in aquatic organisms. *Environmental science & technology* 22 (1), 99–103.
- Teuten, E. L., Saquing, J. M., Knappe, D. R., Barlaz, M. A., Jonsson, S., Björn, A., Rowland, S. J., Thompson, R. C., Galloway, T. S., Yamashita, R., et al., 2009. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364 (1526),2027–2045.
- Murray R. Gregory, 2009 Environmental implications of plastic debris in marine settings-entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitchhiking and alien invasions. *Phil. Trans. R. Soc. Bio* 364, 2013–2025 DOI: 10.1098/rstb.2008.0265.
- Eriksen, M., Lebreton, L. C., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borrerro, J. C., Galgani, F., Ryan, P. G., Reisser, J., 2014. Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PloS one* 9 (12), e111913.
- Carlo Giacomo Avio, Stefania Gorbi, Francesco Regoli. *Marine Environmental Research* Volume 111, October 2015, Pages 18–26 Particles in the Oceans: Implication for a safe marine environment
- Giulio Relini, Anna Vetrano, Mireno Borghini, Eleonora Marzi, Mario Astraldi - *Dominio Pelagico. Il santuario dei cetacei Pelagos – Caratteristiche oceanografiche.*

- Bombace G., Lucchetti A., Elementi di biologia della pesca, Edagricole, 2011
- Patrick Louisy, Guida all'identificazione dei pesci marini d'Europa e del Mediterraneo, a cura di Trainito, Egidio, Milano, Il Castello, 2006
- Costa F. - Atlante dei pesci dei mari italiani Mursia 1991
- Louisy P., Trainito E. (a cura di) Guida all'identificazione dei pesci marini d'Europa e del Mediterraneo. Milano, Il Castello, 2006.
- Egidio Trainito, Atlante di flora e fauna del Mediterraneo, 2004^a ed., Milano, Il Castello, 2004
- Tortonese E. Osteichthyes, Calderini, 1975
- Lythgoe J. e G Il libro completo dei pesci dei mari europei, Mursia, 1971

Dati dei campioni analizzati

Di seguito sono state riportate le tabelle di osservazione di ogni campionamento effettuato.

Per ogni individuo esaminato è stata annotata la presenza di plastica e la tipologia.

Per ogni frammento analizzato è stata infine allegata la scheda riportante lo spettro di assorbimento IR e la fotografia con relativa misurazione delle dimensioni della microparticella.
