



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA

**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA,
DELL'AMBIENTE E DELLA VITA (DISTAV)**

Classe delle Lauree Magistrali in Biologia LM/6

Corso di Laurea Magistrale in Biologia ed Ecologia Marina

TESI DI LAUREA

***Caratterizzazione qualitativa e quantitativa dello scarto in diversi
attrezzi da pesca: un confronto tra pesca a strascico e piccola pesca***

Laureando:

Andrea Buonanni

Relatore:

Dott. Luca Lanteri

Correlatore:

Prof. Marco Bertolino

ANNO ACCADEMICO 2025-2026

RIASSUNTO

Il presente lavoro di tesi si inserisce nel contesto degli studi sul bycatch e sugli scarti della pesca commerciale, fenomeni che rappresentano una delle principali criticità per la gestione sostenibile delle risorse marine, in particolare nel bacino del Mar Mediterraneo. In tale area, caratterizzata da elevata biodiversità e da attività di pesca multi-specifiche, lo scarto costituisce una frazione significativa delle catture totali ed è fortemente influenzato dal tipo di attrezzo utilizzato, dalle caratteristiche ambientali e dalle strategie operative della pesca. L'obiettivo principale dello studio è stato quello di effettuare una caratterizzazione qualitativa e quantitativa dello scarto prodotto da due principali categorie di attrezzi: la pesca a strascico e le reti da posta fissa, analizzando i diversi *métiers* che le compongono. In particolare, per la pesca a strascico (OTB) sono stati analizzati i *métiers* DES (Demersal Shelf), DWS (Deep Water Shelf) e MIX (Mixed Demersal and Deep-water species), mentre per la piccola pesca sono stati esaminati i dati derivati dalla rete a imbrocco per naselli (GNS_HKE), dal tramaglio per triglie (GTR_MUX) e dal tramaglione per aragoste (GTR_PAL).

Per ciascuna giornata di campionamento sono stati raccolti dati relativi alla frazione commerciale e alla frazione scartata, calcolando il tasso percentuale di scarto (TS%) e i rendimenti di pesca (CPUE), espressi sia in abbondanza che in biomassa.

I risultati evidenziano come la pesca a strascico produca quantità di scarto significativamente superiori rispetto alla piccola pesca. In particolare, il *métier* dello strascico di piattaforma (DES) mostra i valori più elevati (TS% pari al 25% in abbondanza e al 21% in biomassa), seguito dal MIX, mentre il *métier* di profondità (DWS) presenta valori inferiori. Nella piccola pesca, i tassi di scarto risultano generalmente più contenuti, sebbene il tramaglione (GTR_PAL) evidenzia valori elevati in abbondanza (55%), legati principalmente alla cattura di invertebrati bentonici.

L'analisi della composizione specifica ha evidenziato una maggiore multispecificità dello scarto nello strascico (76 specie) rispetto alla piccola pesca (46 specie). In entrambi i casi, il gruppo più rappresentato è quello degli Osteitti (91,7% nello strascico e 36% nella piccola pesca), mentre gli Invertebrati risultano particolarmente abbondanti nei *métiers* con reti da posta (52% abbondanza totale della piccola pesca). L'analisi dei rendimenti per taxa ha mostrato una predominanza degli Osteitti nello strascico e una maggiore variabilità nella piccola pesca, dove in alcuni casi gli Invertebrati o i Condroitti risultano dominanti.

Lo studio delle distribuzioni di taglia per specie target, quali *Merluccius merluccius* e *Mullus barbatus*, ha evidenziato una marcata differenza tra attrezzi. Lo strascico cattura una quota significativa di individui giovanili con una lunghezza mediana inferiore alla taglia minima di conservazione e alla taglia di prima maturità, mentre le reti da posta mostrano una maggiore selettività, con catture concentrate su individui di dimensioni maggiori e una ridotta o nulla presenza di scarto.

Gli indici di diversità (Shannon e Pielou) confermano una maggiore ricchezza specifica nello strascico, a fronte di una distribuzione relativamente uniforme degli individui tra le specie in tutti i *métiers*.

Nel complesso, i risultati evidenziano come la produzione di scarto sia fortemente influenzata dal tipo di attrezzo e dalle caratteristiche operative dei *métiers*. La pesca a strascico emerge come il comparto più critico in termini di sostenibilità, soprattutto per la cattura di individui immaturi. Il miglioramento della selettività degli attrezzi e l'adozione di misure gestionali mirate risultano quindi fondamentali per ridurre lo scarto e garantire una gestione sostenibile delle risorse marine.

ABSTRACT

This thesis is framed within the context of studies on bycatch and discards from commercial fisheries, phenomena that represent one of the main challenges for the sustainable management of marine resources, particularly in the Mediterranean Sea basin. In this area, characterized by high biodiversity and multispecific fisheries, discards constitute a significant fraction of total catches and are strongly influenced by the type of fishing gear used, environmental conditions, and fishing strategies.

The main objective of this study was to provide a qualitative and quantitative characterization of discards generated by two main categories of fishing gear: bottom trawling and set nets, by analyzing the different *métiers* composing them. In particular, for bottom trawling (OTB), the *métiers* DES (Demersal Shelf), DWS (Deep Water Shelf), and MDD (Mixed Demersal and Deep-water species) were analyzed, while for small-scale fisheries, data derived from hake gillnets (GNS-HKE), red mullet trammel nets (GTR-MUX), and lobster trammel nets (GTR-PAL) were examined.

For each sampling day, data were collected for both the commercial fraction and the discarded fraction, calculating the discard rate (TS%) and catch per unit effort (CPUE), expressed in terms of both abundance and biomass.

The results show that bottom trawling produces significantly higher amounts of discards compared to small-scale fisheries. In particular, the demersal shelf trawl *métier* (DES) exhibited the highest values (TS% equal to 25% in abundance and 21% in biomass), followed by the MIX *métier*, while the deep-water *métier* (DWS) showed lower values. In small-scale fisheries, discard rates were generally lower, although the lobster trammel net (GTR-PAL) showed high values in terms of abundance (55%), mainly due to the capture of benthic invertebrates.

The analysis of species composition revealed a higher multispecific nature of discards in trawling (76 species) compared to small-scale fisheries (46 species). In both cases, the most represented group was Osteichthyes (91.7% in trawling and 36% in small-scale fisheries), while invertebrates were particularly abundant in set net *métiers* (52% of total abundance in small-scale fisheries). The analysis of CPUE by taxa showed a dominance of Osteichthyes in trawling and greater variability in small-scale fisheries, where in some cases invertebrates or chondrichthyans were dominant.

The study of length distributions for target species, such as *Merluccius merluccius* and *Mullus barbatus*, highlighted a marked difference between gear types. Trawling captures a significant proportion of juvenile individuals, with a median length below both the minimum conservation reference size and the length at first maturity, whereas set nets show higher selectivity, with catches concentrated on larger individuals and a reduced or negligible discard component.

Diversity indices (Shannon and Pielou) confirmed a higher species richness in trawling, with a relatively even distribution of individuals among species across all métiers.

Overall, the results highlight that discard production is strongly influenced by gear type and the operational characteristics of métiers. Bottom trawling emerges as the most critical sector in terms of sustainability, particularly due to the capture of immature individuals. Improving gear selectivity and implementing targeted management measures are therefore essential to reduce discards and ensure the sustainable management of marine resources.

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	1
1.1	La pesca professionale nel contesto moderno.....	1
1.2	Bycatch e scarto nella pesca commerciale.....	2
1.2.1	Definizione di bycatch.....	2
1.2.2	Il concetto di scarto (discard).....	3
1.2.3	Lo scarto nella pesca a strascico e nella piccola pesca.....	4
1.3	Classificazione degli attrezzi da pesca.....	5
1.3.1	Le reti a strascico.....	6
1.3.2	Le reti a posta fissa.....	7
1.4	I Métiers.....	9
1.5	Selettività ed efficienza degli attrezzi da pesca.....	11
1.6	Taglie minime di conservazione e taglia di prima maturità sessuale.....	13
1.7	Quadro normativo della pesca a strascico.....	14
1.7.1	Inquadramento generale.....	14
1.7.2	Normativa europea.....	14
1.7.3	Normativa italiana.....	15
2.	SCOPO DELLA TESI.....	17
3.	MATERIALI E METODI.....	18
3.1	Inquadramento geografico dell'area di studio.....	18
3.2	Caratteristiche biocenotiche.....	19
3.3	Attività di pesca nell'area di studio.....	21
3.4	Raccolta dei dati.....	25
3.4.1	Pesca a strascico.....	25
3.4.2	Piccola pesca.....	27
3.5	Elaborazione e analisi dei dati.....	27
3.5.1	Calcolo delle distribuzioni di frequenza e delle curve cumulate.....	28
3.5.2	Calcolo degli indici di diversità.....	29

4.	RISULTATI	30
4.1	Pesca a strascico	30
4.1.1	Descrizione dello scarto	30
4.1.2	Composizione specifica dello scarto	33
3.1.3	Specie più rappresentative dello scarto da strascico.....	35
4.2	Piccola pesca	40
4.2.1	Descrizione dello scarto	40
4.2.2	Composizione specifica dello scarto	43
4.2.3	Specie più rappresentative dello scarto da piccola pesca	46
4.3	Analisi delle distribuzioni di taglia di nasello e triglia di fango	50
4.4	Indici di diversità	55
5.	DISCUSSIONE	57
6.	CONCLUSIONI	61
7.	BIBLIOGRAFIA	62
8.	RINGRAZIAMENTI	66

1. INTRODUZIONE

1.1 La pesca professionale nel contesto moderno

L'aumento della domanda di prodotti ittici, unito allo sviluppo tecnologico delle flotte e degli attrezzi da pesca, ha progressivamente incrementato l'efficienza delle operazioni di cattura, favorendo un'intensificazione dello sfruttamento delle risorse marine (Hall et al., 2000; FAO, 2005; Colloca et al., 2013; Tsagarakis et al., 2014).

L'adozione di sistemi di localizzazione satellitare, ecoscandagli e strumenti elettronici di bordo, insieme al miglioramento delle capacità di conservazione del pescato, ha contribuito ad accrescere la produttività delle attività di pesca, consentendo di mantenere elevati livelli di cattura anche in presenza di un progressivo declino degli stock (Hall et al., 2000; Pauly et al., 2002; Damalas et al., 2015).

In tale contesto si realizzano due fenomeni tanto inevitabili quanto negativi per gli ecosistemi marini, le catture accessorie (bycatch) e gli scarti (discards), che rappresentano le principali problematiche per la gestione sostenibile delle risorse alieutiche (Alverson et al., 1994; Hall et al., 2000; Kelleher, 2005; Tsagarakis et al., 2014).

Catture accessorie e scarti, pur essendo concetti strettamente correlati, descrivono fenomeni distinti nel contesto delle attività di pesca. Il termine catture accessorie (bycatch) indica in senso generale l'insieme degli organismi catturati incidentalmente durante le operazioni di pesca che non costituiscono il bersaglio principale dell'attività (Alverson et al., 1994; Hall et al., 2000; Kelleher, 2005). Gli scarti (discards) rappresentano invece la frazione delle catture che, per ragioni biologiche, normative o economiche, non può essere venduta e quindi viene scartata (Alverson et al., 1994; Hall et al., 2000; Kelleher, 2005; Tsagarakis et al., 2014).

Il problema dello scarto assume particolare rilevanza nel contesto della pesca nel mar Mediterraneo, caratterizzato da un'elevata biodiversità e dalla natura multispecifica delle attività di pesca (Machias et al., 2001; Sánchez et al., 2004; Tsagarakis et al., 2014).

Qui la mole di scarto ammonta a circa 230.000 tonnellate annue, pari a circa 18–19% delle catture totali (Tsagarakis et al., 2014), una percentuale ben più che discreta se consideriamo

le 7,3 tonnellate di scarto a livello globale (Kelleher, 2005) ed il fatto che il mar Mediterraneo occupa solo lo 0,8% degli oceani del pianeta (Bethoux et al., 1999).

Tra i diversi segmenti della flotta, le pesche demersali a strascico rappresentano generalmente la principale fonte di bycatch e discards nel Mediterraneo (Machias et al., 2001; Sánchez et al., 2004; Tsagarakis et al., 2014; Lucchetti et al., 2016; Hall et al., 2000). La piccola pesca costiera (small-scale fisheries) rappresenta una componente fondamentale delle attività di pesca nel Mediterraneo. Questo segmento della flotta utilizza prevalentemente attrezzi passivi, tra cui reti da posta, tramagli e palangari, ed è generalmente caratterizzato da una maggiore selettività rispetto alle pesche trainate (Stergiou et al., 1998; Stergiou et al., 2006). Tuttavia, anche la piccola pesca può generare catture accessorie e scarti, sebbene generalmente in percentuali inferiori rispetto alla pesca a strascico.

Negli ultimi anni la gestione dei *discards* è diventata una questione centrale nell'ambito della riforma della Politica Comune della Pesca dell'Unione Europea, che ha introdotto l'obbligo di sbarco con l'obiettivo di ridurre gli scarti e migliorare la sostenibilità delle attività di pesca (Bellido et al., 2015). Tuttavia, l'applicazione di questa misura nelle pesche mediterranee risulta particolarmente complessa a causa della natura multispecifica delle catture e della presenza di numerose specie soggette a taglie minime di conservazione piuttosto che a sistemi di quota (Colloca et al., 2013; Damalas et al., 2018)

1.2 Bycatch e scarto nella pesca commerciale

1.2.1 Definizione di bycatch

Il termine *bycatch* indica l'insieme degli organismi catturati durante un'operazione di pesca che non costituiscono la specie o il gruppo di specie bersaglio dell'attività stessa. La definizione classica proposta da Alverson et al. (1994) descrive il bycatch come la porzione della cattura totale non direttamente mirata dal pescatore, comprendente sia specie non target sia individui di specie target catturati accidentalmente.

In ambito gestionale, il bycatch include sia catture accessorie commercializzate sia catture che vengono scartate (*discards*) (FAO, 2011). La sua entità dipende da diversi fattori, tra cui la selettività dell'attrezzo, la composizione della comunità biologica nell'area di pesca e la strategia operativa adottata.

Il bycatch viene comunemente suddiviso in due macro categorie: bycatch commerciale e bycatch non commerciale (Alverson et al. 1994). Il bycatch commerciale comprende specie

non bersaglio che, pur non essendo oggetto primario della pesca, possiedono un valore economico e vengono pertanto sbarcate e vendute. Questa componente è particolarmente rilevante nelle pesche multispecifiche, dove il pescato include frequentemente un insieme eterogeneo di specie di interesse commerciale (Alverson et al. 1994).

Il bycatch non commerciale, invece, comprende specie prive di valore di mercato. Queste appartengono principalmente a due categorie, le specie che per natura non possiedono un valore commerciale (sia specie comuni come pesci topo o pesci vipera, sia specie protette come tartarughe o cetacei), oppure specie che possiedono un valore commerciale, ma che, o perché sottotaglia, o perché fuori quota, non possono essere commercializzate (Alverson et al. 1994). Questa componente rappresenta spesso la quota più problematica dal punto di vista ecologico, in quanto può includere organismi vulnerabili o appartenenti a gruppi a bassa resilienza biologica (Hall et al., 2000).

Nell'immagine seguente (figura 1) è rappresentata in forma schematica la triplice natura di una cattura.

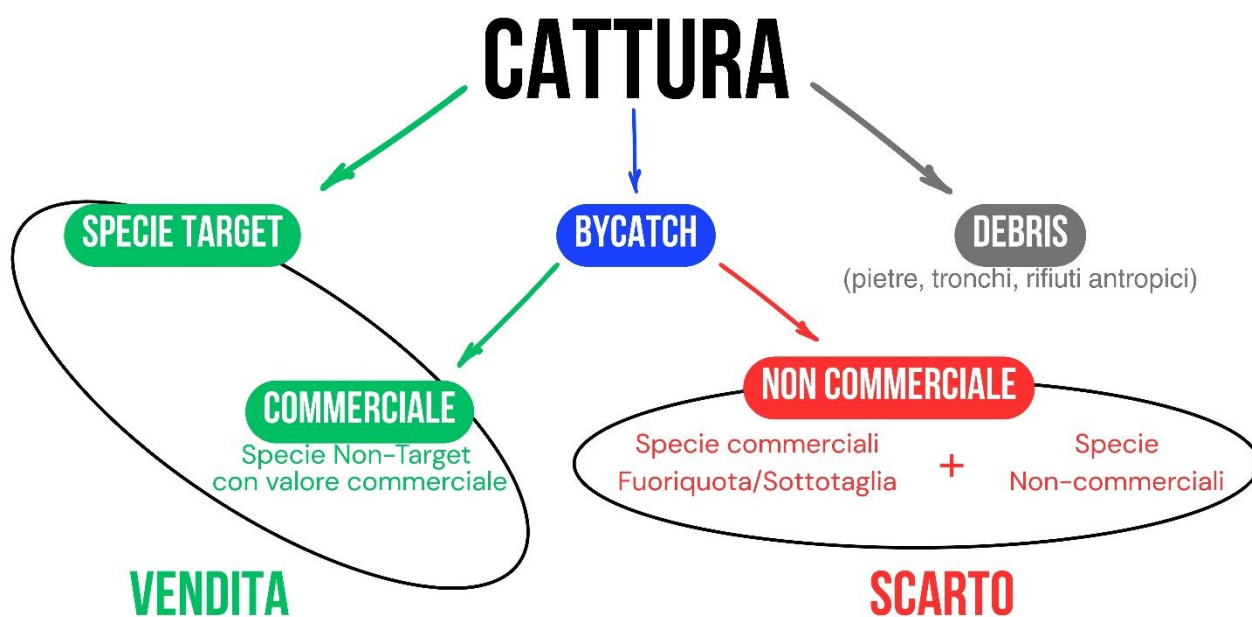


Figura 1 - Schema riassuntivo della suddivisione della cattura

1.2.2 Il concetto di scarto (discard)

Il termine *discard* indica la parte della cattura totale che, per motivi normativi, economici o biologici, non può essere commercializzata e di conseguenza viene scartata (Kelleher et al., 2005).

I tassi di scarto possono variare considerevolmente in relazione al tipo di attrezzo utilizzato, all'area di pesca e altri fattori, in generale le percentuali di scarto possono variare da un minimo del 3% ad un massimo del 55% (K. Tsagarakis et al., 2014).

1.2.3 Lo scarto nella pesca a strascico e nella piccola pesca

La pesca a strascico con divergenti (OBT) rappresenta una delle tecniche di pesca meno selettive in assoluto (Kelleher et al., 2005; Machias et al. 2001, Sánchez et al. 2004, Tsagarakis et al. 2008).

Le percentuali di bycatch nello strascico variano di molto a seconda di diversi fattori, uno dei quali è la profondità. I tre *métiers* dello strascico operano a profondità diverse, in media il DES opera tra 50-150 metri di profondità, il MIX opera tra 150-350 m di profondità ed infine il DWS opera oltre i 350 m di profondità. Si stima che per la fascia batimetrica 50-150 m, la percentuale di scarto varia tra 23-67% (FAO, 2004), tra 150-350 m varia tra 13-62% (FAO, 2004) e infine nella fascia 350-1000 m varia tra 14-43% (FAO, 2004).

Un altro fattore importante che incide sulla selettività delle reti a strascico è la quantità del pescato (o presenza di debris), in quanto una maggiore quantità di pescato o di altra biomassa inorganica ostruisce maggiormente le maglie del sacco e rende più difficile la fuga per i pesci di piccola taglia (Wileman et al., 1996, Madsen & Holst, 2002).

Lo scarto dello strascico è caratterizzato da un'elevata abbondanza di specie (Tsagarakis et al., 2014; Blanco et al., 2023; Petetta et al., 2023), di cui il gruppo più rappresentato è quello degli Osteitti (Sartor et al., 2003; Tsagarakis et al., 2014; Damalas et al., 2018), dato lo scarso valore commerciale di molte specie. Si riscontra anche un'abbondante presenza di Condroitti e Invertebrati (Tsagarakis et al., 2014; Blanco et al., 2023; Petetta et al., 2023). Tra gli Invertebrati il numero dei Crostacei spesso è ridotto dal fatto che quasi tutti gli individui vengono commercializzati per l'elevato valore commerciale che questi hanno (Carbonell et al., 1998; Sartor et al., 2011; Tsagarakis et al., 2014; Damalas et al., 2018).

Le reti da posta non raggiungono sicuramente i livelli di scarto e bycatch dello strascico, ma possono comunque risultare poco selettive e raggiungere livelli di scarto intorno al 25% (Sartor et al., 2018; Tzanatos et al. 2007, Batista et al. 2009, Villasante et al. 2015). Nonostante ciò, in Mediterraneo, lo scarto della piccola pesca è ancora poco studiato e documentato (Maynou et al., 2011; Papaconstantinou and Farrugio, 2000; Lucchetti et al., 2020).

Nelle reti da posta la maglia della rete è uno dei parametri principali che contribuiscono alla selettività della rete (Jennings et al., 2001; Stergiou et al., 2006; Lucchetti et al., 2020).

Un altro fattore determinante nella selettività della rete è l'imbandito, ovvero quanto la rete sia stirata o morbida nella colonna d'acqua. Quanto la rete sia stirata o morbida è definito dal rapporto di armamento ($HR = \text{hanging ratio}$), ovvero tra il rapporto della lima di galleggianti e della lunghezza della rete. È stato osservato che per valori di HR maggiori o uguali a 0,5 la selettività della rete diminuisce significativamente (Lucchetti et al., 2020).

Anche nella piccola pesca la selettività varia a seconda del *métier*, che nel caso delle reti da posta vede il tramaglio essere il *métier* meno selettivo (Tzanatos et al., 2006; Colloca et al., 2004; Batista et al., 2009; Lucchetti et al., 2020).

Le catture e lo scarto delle reti da posta prevede principalmente le specie di Osteitti sottotaglia e Invertebrati bentonici privi di valore economico (Rossetti et al., 2006).

1.3 Classificazione degli attrezzi da pesca

Gli attrezzi da pesca utilizzati nell'ambito della pesca commerciale possono essere distinti principalmente in due macro categorie funzionali: attrezzi attivi e attrezzi passivi, in base alla modalità con cui intercettano gli organismi marini.

Gli attrezzi attivi sono caratterizzati da un'azione diretta dell'imbarcazione durante la fase di cattura e vengono movimentati attivamente per intercettare le specie bersaglio (Ferretti et al. 1983).

Gli attrezzi passivi, al contrario, vengono calati in mare e lasciati operare senza un movimento attivo da parte dell'imbarcazione (reti da posta, nasse, palangari). La cattura avviene in funzione del comportamento e degli spostamenti naturali degli organismi, che entrano in contatto con l'attrezzo. La loro efficacia dipende principalmente dalle caratteristiche tecniche dell'attrezzo, dalla posizione di calata e dalle dinamiche ecologiche delle specie target (Ferretti et al. 1983).

Tra gli attrezzi attivi vi sono le reti trainate suddivise in reti a strascico, volanti e agugliare. Le reti a strascico si suddividono a loro volta in reti a strascico a divergenti e reti a strascico a bocca fissa (Ferretti et al. 1983).

Tra gli attrezzi passivi invece troviamo le reti da posta suddivise in reti da posta fissa, reti da posta derivante e reti da posta circuitante. Le reti da posta fissa si suddividono ulteriormente in reti da imbrocco, tremaglio e incastellata (Ferretti et al. 1983).

1.3.1 Le reti a strascico

La pesca a strascico rappresenta una delle tecniche più diffuse e produttive nel bacino mediterraneo, costituendo una componente predominante delle flotte demersali e contribuendo in modo significativo alle catture totali della regione (FAO, 2005; Ferretti et al., 1990). Nel Mediterraneo, lo strascico svolge un ruolo centrale dal punto di vista economico, in quanto consente lo sfruttamento di numerose specie di elevato valore commerciale localizzate sulla piattaforma e sulla scarpata continentale (Sardà et al., 2004; Bombace & Lucchetti 2011).

La pesca a strascico è una tecnica di cattura attiva che consiste nel traino di una rete mediante un'imbarcazione lungo il fondale marino o nella colonna d'acqua. Il principio di funzionamento si basa sulla capacità della rete di intercettare gli organismi presenti nell'area esplorata e convogliarli progressivamente verso il sacco terminale, dove vengono trattenuti (Ferretti et al., 1983).

L'efficacia dello strascico dipende dalla superficie esplorata, dalla velocità di traino e dalla configurazione della rete, che determinano la probabilità di contatto tra attrezzo e organismi. L'area effettivamente "pescata" è funzione sia dell'apertura orizzontale sia di quella verticale della rete, oltre che della durata della cala (Ferretti et al., 1983). Come è possibile osservare dalla figura 2, una rete a strascico è composta da diverse parti funzionali.

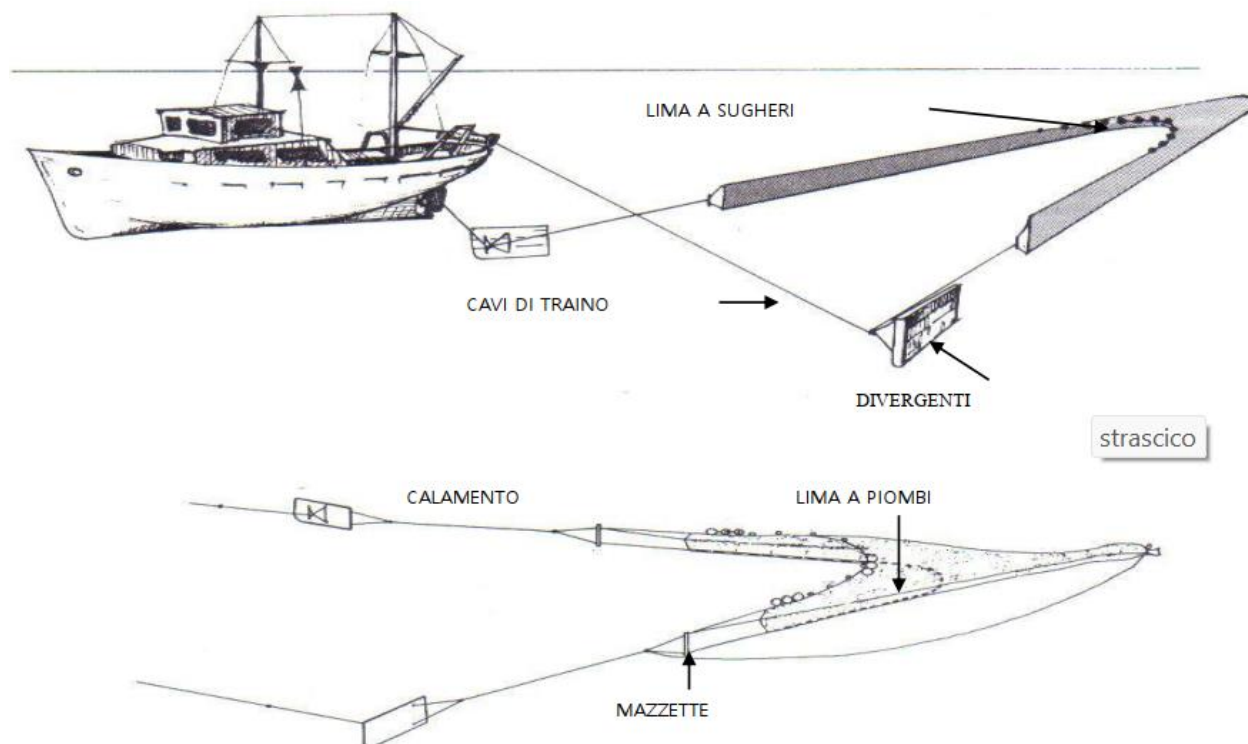


Figura 2 – Componenti strutturali della rete a strascico.

Le ali sono le porzioni laterali di rete che sporgono di molto oltre la bocca della rete stessa, servono a convogliare gli organismi verso il centro della rete ed evitare che questi possano scappare lateralmente (Ferretti et al., 1983).

Il corpo è la parte centrale che guida gli organismi verso il sacco. Generalmente è conico e ha maglie di grandezza decrescente dalla bocca verso il sacco. Il sacco è il segmento finale in cui avviene la ritenzione delle catture, generalmente è la porzione di rete con la maglia più fine, per aumentare il più possibile la percentuale di cattura (Ferretti et al., 1983).

I divergenti sono pannelli rettangolari, generalmente di acciaio, posizionati tra i cavi di traino e i calamanti, che hanno il duplice scopo di tenere ben aperta la bocca della rete e di dragare il fondale per stanare gli organismi infossati nel sedimento e convogliarli nella rete (Ferretti et al., 1983).

I galleggianti e i piombi sono posizionati sulla bocca della rete, assicurano l'apertura verticale e il corretto assetto dell'attrezzo. Nella parte inferiore della bocca della rete spesso sono presenti delle ruote rigide, che hanno la doppia funzione di far camminare più agevolmente la rete sul fondale, e di eliminare eventuali ostacoli presenti di fronte la rete.

La dimensione e la configurazione delle maglie, in particolare nel sacco terminale della rete, rappresentano uno dei principali fattori che determinano la selettività degli attrezzi da pesca, influenzando la probabilità di fuga degli individui in funzione della loro taglia e morfologia corporea (Ferretti et al., 1983; FAO, 1995; Sala & Lucchetti, 2011).

1.3.2 Le reti a posta fissa

Le reti da posta fissa sono reti passive tipicamente usate nella “piccola pesca” o “pesca artigianale”, definita dalla normativa europea come l'attività di pesca esercitata da imbarcazioni di lunghezza inferiore a 12 m che non utilizzano attrezzi trainati (Regulation EU No 1380/2013, Art. 4). Questa tipologia di pesca è la più praticata nel Mediterraneo, comprendendo il 70-80% di tutte le imbarcazioni di pesca commerciale del *mare nostrum* (Tzanatos et al., 2006; FAO 2018; STECF 2023).

Le reti da posta sono attrezzi da pesca passivi costituiti da pannelli di rete verticali lasciati in posizione nella colonna d'acqua o ancorati al fondale, come parte della cosiddetta “set net gear” (FAO gear type descriptions; Ferretti et al., 1983). Queste reti non vengono trainate attivamente, ma intercettano gli organismi che si muovono lungo i loro percorsi quotidiani.

Come mostrato in figura 3 le reti da posta possono intrappolare pesci o altri organismi marini in quattro diversi modi: imbrocco, impigliamento, insaccamento e ammagliamento. L'imbrocco è l'intrappolamento del pesce a livello dell'opercolo branchiale, si verifica quando il pesce forza con la testa la maglia della rete e vi rimane imprigionato. L'ammagliamento si verifica quando il pesce viene intrappolato a livello della prima pinna dorsale, ovvero dove la circonferenza del corpo è massima pertanto rimane incastrata nella maglia della rete. L'impigliamento si verifica quando il pesce rimane intrappolato nella rete mediante asperità o protuberanze sul suo corpo, come la spada di un pesce spada o le pinne pettorali di un'alalunga. Infine, l'insaccamento è il tipico esempio di cattura del tramaglio, dove il pesce viene intrappolato nelle fitte maglie della rete e nel tentativo di liberarsi, aumenta il suo livello di intrappolamento (figura 3).

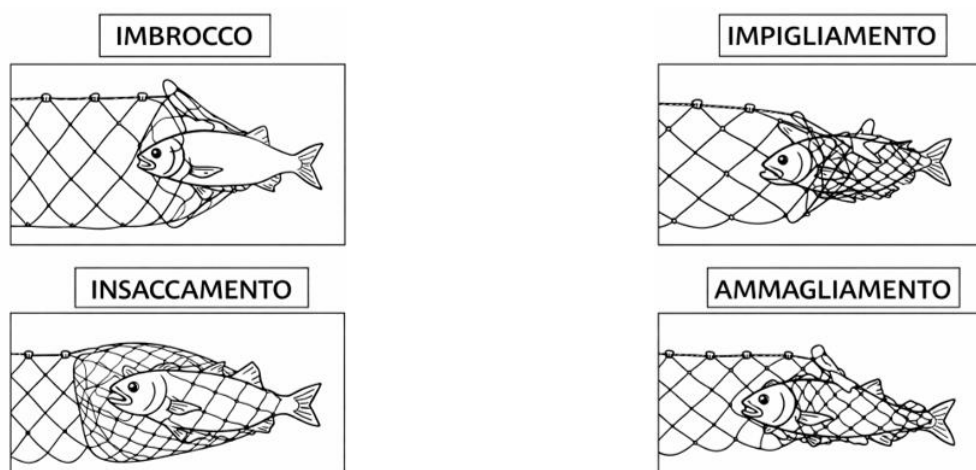


Figura 3 – Modalità di cattura delle reti da posta

Le reti a posta fissa hanno diverse componenti strutturali fondamentali (figura 4).

La lima dei galleggianti si trova nella parte superiore della rete e ha lo scopo di mantenere verticale la rete, in modo tale che questa possa intercettare quanti più pesci possibile (Ferretti et al., 1983). La lima dei galleggianti ha un ruolo centrale nel definire la selettività della rete, in quanto definisce l'imbando. L'imbando è quanto la rete rimane distesa o morbida nella colonna d'acqua. Per definire l'imbando numericamente si usa il rapporto di armamento, ovvero il rapporto tra la lunghezza della lima di galleggianti e la lunghezza della rete. Più la rete è morbida (più è basso il rapporto di armamento) e maggiore sarà la capacità di cattura della rete, quindi più bassa la sua selettività (Lucchetti et al., 2020).

La lima dei piombi si trova nella parte sottostante della rete e ha lo scopo di mantenere la rete adesa al fondo (Ferretti et al., 1983).

La boa è una componente imprescindibile che le reti a posta fissa devono presentare, in quanto sono essenziali per segnalare la presenza della rete alle altre imbarcazioni. Le boe devono essere accompagnate da una bandiera o un segnale luminoso come indicato nella normativa europea sulla pesca mediterranea (Reg. CE 1967/2006).

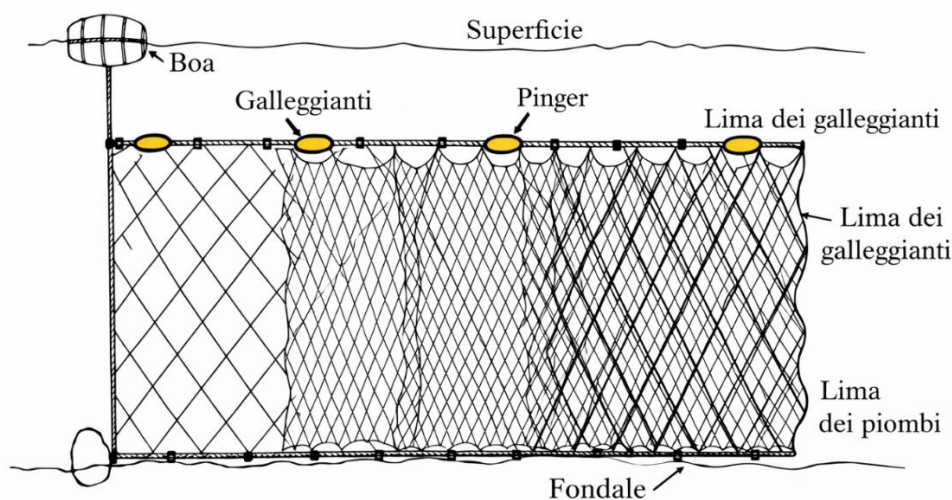


Figura 4 – Componenti strutturali di una rete a posta fissa

1.4 I Métiers

Secondo quanto stabilito dalla commissione europea, gli attrezzi da pesca sono classificati secondo sei livelli diversi in ordine crescente: attività, classe dell'attrezzo, gruppo dell'attrezzo, tipologia di attrezzo, specie bersaglio e misura della maglia o di altri dispositivi di selezione (European Decision 2008/949/CE). Il quinto livello di classificazione, ovvero le specie bersaglio, definisce il *métier*, letteralmente il mestiere. Il *métier* è definito come un insieme di operazioni di pesca rivolte a specie o assemblaggi di specie simili, effettuate con attrezzi analoghi, nello stesso periodo dell'anno e/o nella stessa area geografica, e caratterizzate da un analogo modello di sfruttamento delle risorse (European Decision 2008/949/CE). La classificazione basata sui *métiers* viene utilizzata per identificare e differenziare attività di pesca regionali o su piccola scala a scopo descrittivo e/o gestionale (Mesnil & Shepherd, 1990; Tzanatos et al., 2006).

Uno stesso attrezzo da pesca può quindi acquisire denominazioni diverse a seconda del *métier* che si considera.

In Italia lo strascico a divergenti viene suddiviso in tre diversi *métiers* a seconda della presenza/assenza di due specie di gamberi: *Aristeus antennatus* (gambero viola) e *Aristaeomorpha foliacea* (gambero rosso) (STECF, JRC report).

Sulla base di questo parametro vengono identificati: DES, MDD e DWS. Il DES o strascico demersale non prevede una percentuale di gamberi rossi o viola nelle catture in quanto opera preferibilmente su fasce batimetriche comprese tra 50-150 m (figura 5), dove non ci sono gamberi rossi o viola, il MDD o misto demersale profondo, prevede una percentuale di gamberi rossi o viola compresa tra 0-40%, in quanto opera a profondità comprese tra 150-350 m (figura 5), infine il DWS prevede una percentuale di gamberi rossi o viola superiore al 40% (STECF, JRC report), in quanto entrambe sono specie bersaglio di questo *métier* che opera oltre i 350 m di profondità (figura 5).

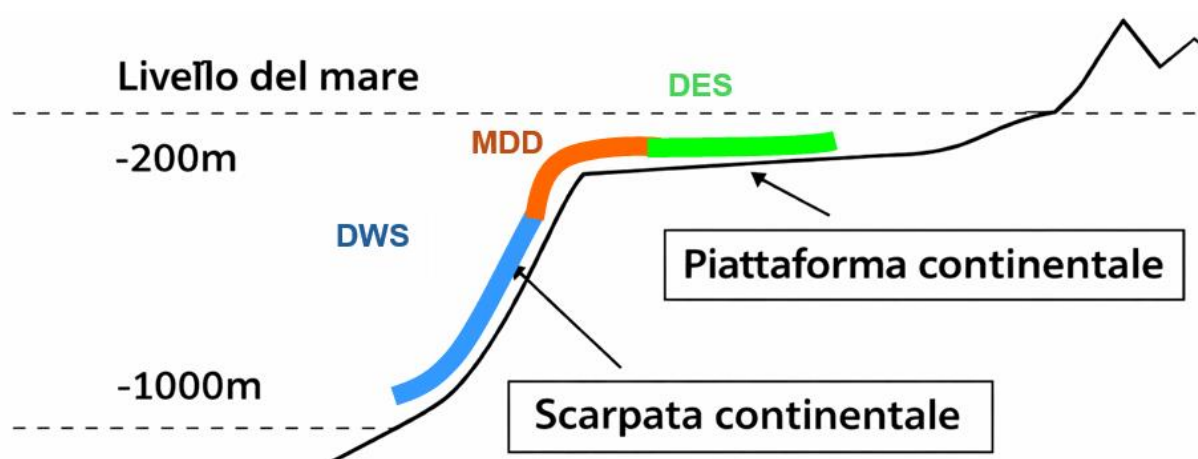


Figura 5 – Suddivisione del fondale in fasce batimetriche a cui operano i diversi *métiers* dello strascico.

Le reti da posta fissa si suddividono in due tipologie di attrezzo (livello 4, European Decision 2008/949/CE) le GNS (gill nets o reti a imbrocco) e le GTR (trammel nets o tramaglio).

Nel Mediterraneo possono essere individuati diversi *métiers* per il GNS e per il GTR a seconda della specie bersaglio. Ad esempio per le gill nets le più comuni sono reti da posta destinate alla cattura del nasello (*Merluccius merluccius*), con maglie comprese tra 55-80 mm e altezze di circa 5–6 m e reti da posta impiegate per specie come sugarello, triglia e sparidi, caratterizzate da maglie di circa 55–70 mm e altezze della rete comprese tra 3-5 m (Lucchetti et al., 2023).

I tramagli più comuni invece sono quelli destinati alla cattura della seppia (*Sepia officinalis*) e delle triglie (*Mullus barbatus* e *Mullus surmuletus*) che presentano generalmente una maglia del pannello interno di circa 70 mm e un'altezza del pannello esterno di circa 1–2 m. Un'altra tipologia comune di tramaglio è quella dedicata alla cattura delle aragoste (*Palinurus elephas* e *Palinurus mauritanicus*) con maglie superiori agli 80 millimetri (Lucchetti et al., 2023).

1.5 Selettività ed efficienza degli attrezzi da pesca

La selettività di un attrezzo da pesca rappresenta la sua capacità di catturare preferenzialmente individui appartenenti a determinate specie e classi dimensionali, producendo una composizione delle catture differente rispetto a quella delle popolazioni presenti nell'area di pesca (Bombace & Lucchetti 2011). In particolar modo la selettività di una rete, dipende sia da fattori strutturali, come la grandezza della maglie o la lunghezza della rete, sia dalle caratteristiche ecologiche ed etologiche degli organismi marini (Sala et al., 2008; Bombace & Lucchetti 2011).

Studiare e regolare la selettività di un attrezzo da pesca è fondamentale per una corretta gestione delle risorse alieutiche (Beverton & Holt; Levi et al., 2002; Vasilakopoulos et al., 2019; Bombace & Lucchetti 2011). Per determinare la selettività di una rete esistono diverse metodologie a seconda della tipologia di rete. Per le reti a strascico il metodo più utilizzato è quello del coprisacco (Pope et al., 1975; Jones, 1976; Bombace & Lucchetti 2011) che è una rete che viene aggiunta esternamente al sacco della rete a strascico. Avendo una maglia più stretta di quella del sacco, il coprisacco cattura tutti quegli organismi di piccola taglia che di norma non verrebbero ritenuti nel sacco. In questo modo è possibile osservare la taglia e il numero degli organismi che sfuggono alla cattura della rete (Bombace & Lucchetti 2011).

Nelle le reti da posta la selettività dipende sicuramente dalla grandezza delle maglie ma soprattutto dalla modalità di cattura della rete e di conseguenza, dalle caratteristiche morfologiche degli organismi marini. Nelle reti da imbocco (GNS), il meccanismo di cattura principale è l'imbocco, di conseguenza, la cattura avviene solo quando è verificata una specifica relazione tra la dimensione della maglia e la circonferenza della testa. Gli individui con testa troppo piccola rispetto alla maglia riescono ad attraversarla completamente e a sfuggire, mentre quelli con testa troppo grande non riescono a penetrarla e tendono a rimbalzare contro la rete senza rimanere intrappolati (Bombace & Lucchetti 2011; Lucchetti et al., 2020)

Nei tramagli (GTR), invece, il meccanismo di cattura prevalente è l'insaccamento. In questo caso la cattura non dipende esclusivamente dal rapporto tra dimensione della maglia e dimensione della testa dell'animale, ma anche dalla capacità della rete di avvolgere o impigliare l'organismo. Di conseguenza, i tramagli tendono ad essere meno selettivi delle reti a imbocco, poiché possono catturare individui appartenenti a un intervallo dimensionale più ampio, inclusi organismi sia più piccoli sia più grandi rispetto alla dimensione della maglia della rete interna (FAO 2000; Fabi et al., 2002; Karakulak, F.S. & Erk, H. 2008).

Per le reti da posta fisse, in generale, la selettività è misurata attraverso campionamenti con reti a maglie diverse. Per ogni rete poi si analizza la distribuzione delle taglie degli individui catturati per capire quali classi di taglia vengono preferibilmente ritenute da una determinata maglia (Petraakis, G. & Stergiou, K.I. 1995; Karakulak, F.S. & Erk, H. 2008). Per stimare quantitativamente la selettività di una rete ed attribuirgli quindi un valore numerico, si utilizzano le curve di selettività. Queste curve vengono calcolate grazie ai dati sperimentali raccolti sul campo e hanno un andamento diverso a seconda dell'attrezzo che si considera. Nel caso delle reti a strascico la curva di selettività è una curva logistica, ovvero una sigmoide dove il punto di flesso corrisponde alla L_{50} , ovvero la taglia alla quale un Pesce, un Crostaceo o un Mollusco ha il 50% di probabilità di essere catturato (Bombace & Lucchetti 2011).

Nelle reti da posta la curva di selettività assume una forma a campana ed è descritta da una distribuzione normale (Holt, 1963). In questo caso la L_{50} corrisponde al picco della curva e indica la taglia ottimale di cattura (Bombace & Lucchetti 2011).

Eliminare la presenza di bycatch all'interno del pescato ed aumentare la selettività dell'attrezzo da pesca fino al 100% è pressoché impossibile. Nonostante ciò, ci sono alcune soluzioni che possono essere adottate per ridurre l'incidenza dei bycatch e quindi di aumentare la selettività della rete. A livello mondiale, queste soluzioni sono conosciute con nome di *Bycatch Reducer Devices* (BRD) ed hanno diverse forme e funzioni a seconda dell'attrezzo da pesca su cui vengono applicati.

Per la pesca a strascico sono stati sviluppati diversi BRD nel corso degli anni, due in particolare risultano essere i più efficaci: la *sorting grid* e il *T90* (Sbrana et al., 2022). La *sorting grid* è una griglia metallica posta all'interno del corpo della rete, che evita principalmente la cattura di animali di grandi dimensioni, come cetacei, rettili marini e grandi elasmobranchi. Il *T90* invece non è altro che la stessa maglia della rete, ma ruotata di 90°. Questo è stato dimostrato che contribuisca notevolmente a mantenere le maglie ben aperte e quindi a favorire la fuga di piccoli pesci, come ad esempio giovanili (Sbrana et al., 2022). Per le reti da posta un BRD molto efficace è il *guarding net*, ovvero una pezza di rete di maglia molto sottile posta tra la lima dei piombi e la rete principale. Da molti studi emerge come questa rete guardiana impedisca la cattura di specie bentoniche indesiderate, come granchi o razze, con un'efficacia del 75% (Sartor et al., 2018).

1.6 Taglie minime di conservazione e taglia di prima maturità sessuale

Come descritto nel capitolo 1.2 una componente rilevante dello scarto è rappresentata dagli organismi sottotaglia. Per individui sottotaglia si intendono tutti gli esemplari la cui lunghezza è inferiore alla taglia minima di conservazione stabilita dalla normativa europea, e che pertanto non possono essere legalmente trattenuti a bordo, sbarcati o commercializzati (Regolamento EU 2019/1241).

Non tutte le specie del Mediterraneo hanno una taglia minima di conservazione, anzi solo poche ce l'hanno. Le specie che hanno una taglia minima di conservazione sono spesso specie fortemente minacciate dall'attività di pesca e/o specie particolarmente sensibili al prelievo da parte dell'uomo. Per questo motivo la comunità europea stabilisce una taglia minima di conservazione per queste specie, cosicché queste abbiano una maggiore probabilità di sopravvivere all'azione di pesca e quindi di riprodursi con maggiore efficacia (FAO, 1995; Froese, R. 2004; Regolamento EU 2019/1241).

Per stabilire quale sia la taglia minima di conservazione viene utilizzato un principio fondamentale, ovvero la taglia minima di conservazione sia sempre maggiore della taglia di prima maturità sessuale (L_{50MAT}) (Beverton & Holt; Froese, R. 2004). La taglia di prima maturità sessuale equivale alla lunghezza alla quale gli individui diventano maturi per la prima volta (FAO, 2001). È molto importante che la taglia minima di conservazione sia maggiore della L_{50MAT} perché in questo modo si evita di catturare organismi che non si siano ancora riprodotti e quindi di prelevare potenziali *spawners*, cioè esemplari in grado di accoppiarsi e generare una generazione filiale (Beverton & Holt, 1957; FAO, 1995; Jennings et al., 2001; Froese, 2004). La taglia di prima maturità per quanto importante non è l'unico valore di riferimento per una corretta gestione degli stock. Infatti è altrettanto importante conoscere la taglia di prima cattura o L_{50} ovvero la taglia alla quale il 50% degli individui di uno stock vengono ritenuti dall'attrezzo da pesca (Wileman et al., 1996). Questo valore varia a seconda dell'attrezzo e dello stock considerato ed è importante in quanto indica, in base alle taglie degli individui che vengono catturati, quale frazione percentuale della popolazione è stata sottoposta all'azione di pesca.

Per scegliere la taglia minima di conservazione è perciò essenziale conoscere il ciclo vitale degli organismi e sapere a che taglia compiono il primo evento riproduttivo, oltre che la taglia di prima cattura.

1.7 Quadro normativo della pesca a strascico

1.7.1 Inquadramento generale

La regolamentazione della pesca commerciale si fonda su principi di conservazione e gestione sostenibile delle risorse biologiche marine, sviluppatasi progressivamente a livello internazionale in risposta al crescente sfruttamento degli stock ittici. Un riferimento fondamentale in questo ambito è rappresentato dal *Code of Conduct for Responsible Fisheries* adottato dalla FAO nel 1995, che stabilisce linee guida per un utilizzo responsabile delle risorse, promuovendo la riduzione delle catture accessorie, la protezione degli habitat vulnerabili e l'adozione di un approccio precauzionale nella gestione della pesca (FAO, 1995).

Nel bacino del Mediterraneo, la gestione delle risorse condivise è coordinata anche dalla General Fisheries Commission for the Mediterranean (GFCM), organismo regionale istituito in ambito FAO, che adotta raccomandazioni vincolanti per gli Stati membri relative alla limitazione dello sforzo di pesca, all'uso degli attrezzi trainati e alla protezione di specifiche aree sensibili.

In tale contesto, la pesca a strascico riveste un ruolo centrale nel dibattito gestionale, in quanto attrezzo trainato potenzialmente impattante sugli habitat bentonici e sulle comunità demersali, richiedendo pertanto una disciplina normativa articolata e multilivello.

Parallelamente la piccola pesca, seppure operi su scale spaziali più ridotte, è oggetto di regolamentazioni dettate dal quadro normativo europeo riguardo gli attrezzi utilizzati, le dimensioni delle maglie e degli sforzi di pesca (FAO, 2015; GFCM, 2018).

1.7.2 Normativa europea

A livello dell'Unione Europea, la pesca è disciplinata dalla Politica Comune della Pesca (PCP), il cui quadro normativo vigente è definito dal Regolamento (UE) n. 1380/2013 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 11 dicembre 2013, relativo alla conservazione e allo sfruttamento sostenibile delle risorse biologiche marine nel contesto della Politica Comune della Pesca (Eur-Lex, CELEX 32013R1380).

Il Regolamento (UE) 1380/2013 stabilisce che la gestione della pesca debba essere condotta secondo l'approccio precauzionale e l'approccio ecosistemico, con l'obiettivo di mantenere o ricostituire gli stock a livelli superiori a quelli in grado di produrre il rendimento massimo sostenibile (MSY). Tra le misure più rilevanti introdotte dalla riforma della PCP vi è l'obbligo di sbarco (Landing Obligation), previsto dall'articolo 15 dello stesso regolamento,

che impone lo sbarco di tutte le catture di specie soggette a limiti di cattura o a taglia minima di riferimento, vietando progressivamente la pratica dei rigetti in mare.

Per quanto concerne specificamente gli aspetti tecnici relativi agli attrezzi da pesca, il riferimento normativo principale è costituito dal Regolamento (UE) 2019/1241 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 20 giugno 2019, relativo alla conservazione delle risorse della pesca e alla protezione degli ecosistemi marini attraverso misure tecniche (Eur-Lex, CELEX 32019R1241). Tale regolamento disciplina, tra l'altro, la dimensione minima delle maglie, la configurazione dei codend, l'utilizzo di dispositivi di selettività e le condizioni operative degli attrezzi trainati, con l'obiettivo di migliorare la selettività delle catture e ridurre l'impatto sugli habitat marini.

Più precisamente per la pesca a strascico sono vietate maglie romboidali inferiori a 50 mm e quadrate inferiori a 40 mm, inoltre è vietato effettuare pesca a strascico entro le 1,5 miglia dalla costa e 50 metri di fondale. In Liguria date le peculiari morfologie dei fondali, che raggiungono profondità molto elevate a poche miglia dalla costa, è consentita in deroga l'attività di pesca a strascico ad una distanza minima di 0,75 miglia dalla costa (Regolamento UE 2019/1241).

Per le reti da posta fisse le normative impongono una maglia minima della rete e dimensioni massime in lunghezza e altezza delle reti:

- Tramaglio: maglia minima di 20 mm, lunghezza massima di 6000 metri e altezza massima di 4 m (Reg. CE 1967/2006).
- Imbrocco: maglia minima di 16 mm, lunghezza massima di 6000 metri e altezza massima di 10 m (Reg. CE 1967/2006).

1.7.3 Normativa italiana

In Italia, la disciplina della pesca marittima recepisce e attua il quadro normativo europeo attraverso provvedimenti nazionali. Un riferimento centrale è rappresentato dal Decreto Legislativo 4 agosto 2015, n. 145, recante "Attuazione della Politica Comune della Pesca nell'Unione Europea", che integra nel diritto interno italiano le disposizioni contenute nel Regolamento (UE) 1380/2013 e nei regolamenti collegati (Normativa, D.Lgs. 145/2015). Oltre al recepimento delle norme europee, l'ordinamento italiano prevede misure gestionali specifiche applicate alla pesca a strascico, tra cui:

- l'istituzione del fermo biologico obbligatorio, consistente in periodi di sospensione temporanea dell'attività di pesca finalizzati alla tutela delle principali fasi riproduttive delle specie bersaglio;

- limitazioni sul numero di giorni di attività e sullo sforzo esercitabile dalle unità autorizzate;
- controlli sulle caratteristiche tecniche degli attrezzi e sull'osservanza delle dimensioni minime delle maglie;
- restrizioni spaziali aggiuntive in prossimità di Aree Marine Protette (AMP) e siti appartenenti alla rete Natura 2000.

A tali strumenti si affiancano misure più recenti orientate alla riduzione dell'impatto ambientale delle attività di pesca, tra cui la Legge Salvamare (2022), che consente ai pescatori di riportare a terra i rifiuti accidentalmente catturati durante le operazioni di pesca. Tale normativa rappresenta un importante passo verso la mitigazione dell'inquinamento marino e il coinvolgimento attivo del settore ittico nella tutela degli ecosistemi.

Il sistema normativo italiano, pertanto, si inserisce in un quadro multilivello in cui le disposizioni europee vengono integrate da misure nazionali e locali, con l'obiettivo di bilanciare le esigenze produttive delle flotte con la conservazione degli stock e la riduzione degli impatti ambientali associati alla pesca a strascico.

Un altro fattore importante riguardo la taglia di prima maturità sessuale e la taglia minima di conservazione è la selettività degli attrezzi da pesca. Questi, infatti, devono essere progettati per evitare di catturare individui al di sotto della taglia minima di conservazione (e quindi della taglia di prima maturità sessuale), in quanto tali organismi non potrebbero essere commercializzati. In una condizione ideale, quindi, la taglia di prima cattura risulta superiore alla taglia minima di conservazione. Tuttavia, nella pratica ciò non avviene sempre: in particolare, nelle reti a strascico la taglia degli individui catturati non supera necessariamente la taglia minima di conservazione (Lucchetti et al., 2021).

2. SCOPO DELLA TESI

L'obiettivo del seguente lavoro è effettuare un confronto in termini di abbondanza e biomassa dello scarto di due attrezzi da pesca: reti a strascico e reti da posta. Il confronto è stato effettuato sia tra i due attrezzi, sia tra i diversi *métiers* all'interno di ciascun attrezzo. Al fine di eseguire tali analisi sono stati suddivisi i due attrezzi in tre *métiers* ciascuno, rispettivamente OTB_DES, OTB_DWS e OTB_MIX per la rete a strascico e Nasellara (GNS_HKE), Tramaglio (GTR_MUX) e Tramaglione (GTR_PAL) per la rete da posta. Per il confronto qualitativo e quantitativo sono stati standardizzati i dati calcolando due indici: il tasso percentuale di scarto (TS%) e la Catch Per Unit of Effort (CPUE). Gli indici sono stati calcolati sia in termini di abbondanza che di biomassa dello scarto, permettendo così di confrontare i tre diversi *métiers* di ciascun attrezzo.

I dati raccolti in tale studio provengono da tre zone di pesca differenti per ciascun attrezzo: rispettivamente Genova, Sanremo e Santa Margherita Ligure per lo strascico e Genova, Arenzano e Lavagna per la piccola pesca. In questo modo si intende offrire una visione completa dello scarto nella Geographical Sub-Area 9 (GSA 9) della General Fisheries Commission for the Mediterranean (GFCM),

Lo scopo di questo studio è inoltre effettuare una caratterizzazione delle classi dimensionali delle specie campionate, individuando una taglia di prima cattura (L_{50MED}) esclusiva del presente studio e confrontarla con la taglia di prima cattura (L_{50SEL}), la taglia di prima maturità sessuale (L_{50MAT}) e la taglia minima di conservazione (LMC, quando presente), riportate in letteratura. Questo approccio permette di valutare in che misura gli attrezzi utilizzati intercettino gli individui di ciascuna specie, fornendo indicazioni utili sul grado di selettività delle diverse tecniche di pesca.

I risultati ottenuti contribuiscono a migliorare la comprensione dei processi che determinano la produzione di scarto nelle attività di pesca mediterranee e possono rappresentare un utile supporto per lo sviluppo di strategie di gestione e di miglioramento della selettività degli attrezzi, in linea con gli obiettivi di sostenibilità promossi dalla Politica Comune della Pesca.

3. MATERIALI E METODI

3.1 Inquadramento geografico dell'area di studio

L'area oggetto del presente studio ricade nella Geographical Sub-Area 9 (GSA 9) della General Fisheries Commission for the Mediterranean (GFCM), corrispondente al Mar Ligure e Tirreno settentrionale (figura 6). Tale suddivisione geografica rappresenta l'unità di riferimento utilizzata nei programmi di raccolta dati e nelle valutazioni di stock assessment nel Mediterraneo (GFCM, FAO).

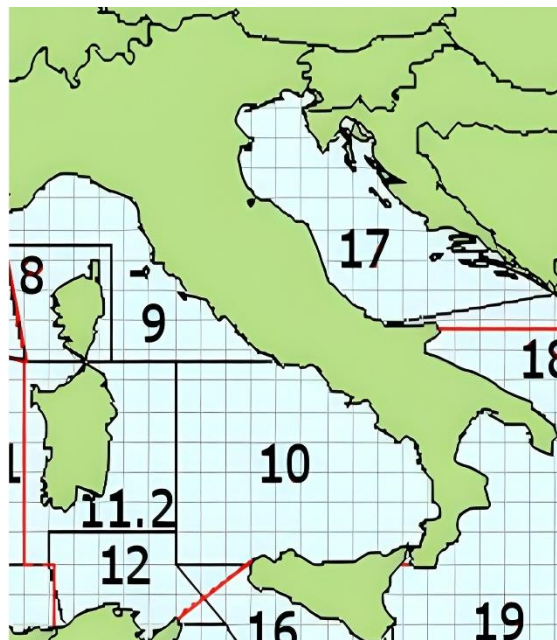


Figura 6 – GSA 9 mar Ligure e mar Tirreno settentrionale (Resolution GFCM/31/2007/2).

Dal punto di vista morfologico, il Mar Ligure è caratterizzato da una piattaforma continentale stretta e fortemente inclinata, con una rapida transizione verso la scarpata continentale. Tale configurazione geomorfologica determina fondali generalmente ripidi, con profondità che aumentano rapidamente già a breve distanza dalla costa. Questa peculiarità condiziona in modo significativo la distribuzione degli habitat bentonici e le modalità operative della pesca demersale (Astraldi et al., 1995).

Dal punto di vista oceanografico, il Mar Ligure è influenzato dalla circolazione ciclonica tipica del bacino nord-occidentale mediterraneo, caratterizzata da una corrente costiera ligure e

da dinamiche stagionali che incidono sulla stratificazione termica e sulla produttività primaria (Astraldi et al., 1995). Sebbene il Mediterraneo sia generalmente considerato un bacino oligotrofico, alcune aree del Mar Ligure presentano livelli di produttività relativamente più elevati, legati alla morfologia del bacino e alla dinamica delle masse d'acqua (Astraldi et al., 1995).

La combinazione tra morfologia ripida, distribuzione batimetrica degli habitat e caratteristiche oceanografiche locali contribuisce a determinare una comunità demersale diversificata e una struttura multi specifica delle catture, elementi che risultano particolarmente rilevanti nell'analisi qualitativa e quantitativa dello scarto oggetto della presente tesi.

3.2 Caratteristiche biocenotiche

La combinazione tra piattaforma continentale stretta, scarpata ripida e canyon sottomarini influenza significativamente la distribuzione degli habitat nel Mar Ligure, determinando una prevalenza di fondali fangosi e sabbio-fangosi alle profondità comprese tra 150 e 300 metri. Tali substrati rappresentano ambienti idonei per numerose specie bersaglio della pesca a strascico, in particolare crostacei decapodi e pesci demersali tipici delle comunità di piattaforma esterna e scarpata superiore, come il nasello *Merluccius merluccius* e la triglia di fango *Mullus barbatus* (Sardà et al., 2004; Colloca et al., 2013).

Per quanto riguarda le reti da posta, l'ampio intervallo batimetrico operativo (12–230 m) implica l'interazione con habitat costieri e sub-costieri caratterizzati da maggiore eterogeneità, inclusi fondali sabbiosi, misti e talvolta rocciosi. Questa variabilità ambientale è tipica delle fasce batimetriche costiere del Mar Ligure, dove la complessità del substrato favorisce una maggiore diversità specifica e una struttura multi specifica delle catture, come documentato in studi sulle comunità ittiche demersali mediterranee (Sardà et al., 2004).

Tale contesto ambientale rappresenta un elemento chiave per l'interpretazione dei dati relativi alla composizione delle catture e allo scarto analizzati nei capitoli successivi, in quanto la struttura dell'habitat condiziona direttamente la selettività operativa degli attrezzi e la probabilità di cattura delle specie accessorie.

Le attività sono state condotte con la collaborazione di cinque imbarcazioni della piccola pesca e sei unità a strascico, selezionate a rotazione casuale durante i diversi mesi di campionamento, al fine di ridurre eventuali bias legati all'operatività di una singola unità. Le sei imbarcazioni di strascico appartenevano a tre marinerie diverse e tutte comprese

all'interno della GSA 9, rispettivamente Sanremo, Genova e Santa Margherita Ligure (figura 7). Le cinque imbarcazioni della piccola pesca invece appartenevano alle marinerie di Arenzano, Genova e Lavagna (figura 8).



Figura 7 – Stazioni di campionamento per la pesca a strascico all'interno della GSA 9.



Figura 8 – Stazioni di campionamento per la piccola pesca all'interno della GSA 9.

Le comunità biologiche del Mar Ligure, ricadenti nella GSA 9, riflettono la peculiare combinazione di morfologia ripida, piattaforma continentale ridotta e dinamiche oceanografiche proprie del Mediterraneo nord-occidentale. La struttura delle assemblages demersali è fortemente influenzata dal gradiente batimetrico e dalla tipologia di substrato, con una chiara zonazione ecologica tra fascia costiera, piattaforma e scarpata superiore (Massutí et al., 2003; D'Onghia et al., 2003; Danovaro et al., 2010).

In relazione alla fascia batimetrica si possono trovare diverse specie di organismi animali e vegetali. Nel presente studio verranno analizzate due fasce batimetriche differenti: la piattaforma continentale e la scarpata continentale.

Nella prima fascia, caratterizzata da fondali sabbiosi, misti e rocciosi, si osserva una comunità diversificata composta da specie bentonico-costiere e necto-bentoniche tipiche

del Mediterraneo nord-occidentale (Massutí et al., 2003; D'Onghia et al., 2003; Bianchi et al., 2007; Danovaro et al., 2010).

Tra le specie più comuni si annoverano (figura 9) sparidi quali *Diplodus* sp., *Pagellus* sp. e *Sparus aurata*; mullidi come *Mullus barbatus* e *Mullus surmuletus* associate a substrati sabbiosi e/o rocciosi; serranidi come *Epinephelus marginatus*.

Nella scarpata continentale, corrispondente all'area maggiormente interessata dalla pesca a strascico nello studio, prevalgono fondali fangosi e sabbio-fangosi che ospitano comunità demersali tipiche del Mediterraneo occidentale (Sardà et al., 2004).

Tra le specie più rappresentative si osservano pesci ossei come *Merluccius merluccius* (nasello), specie simbolo dello strascico mediterraneo, e *Micromesistius poutassou* (melù); crostacei come *Parapenaeus longirostris*, e *Nephrops norvegicus*; pesci cartilaginei come *Scyliorhinus canicula* (figura 9).

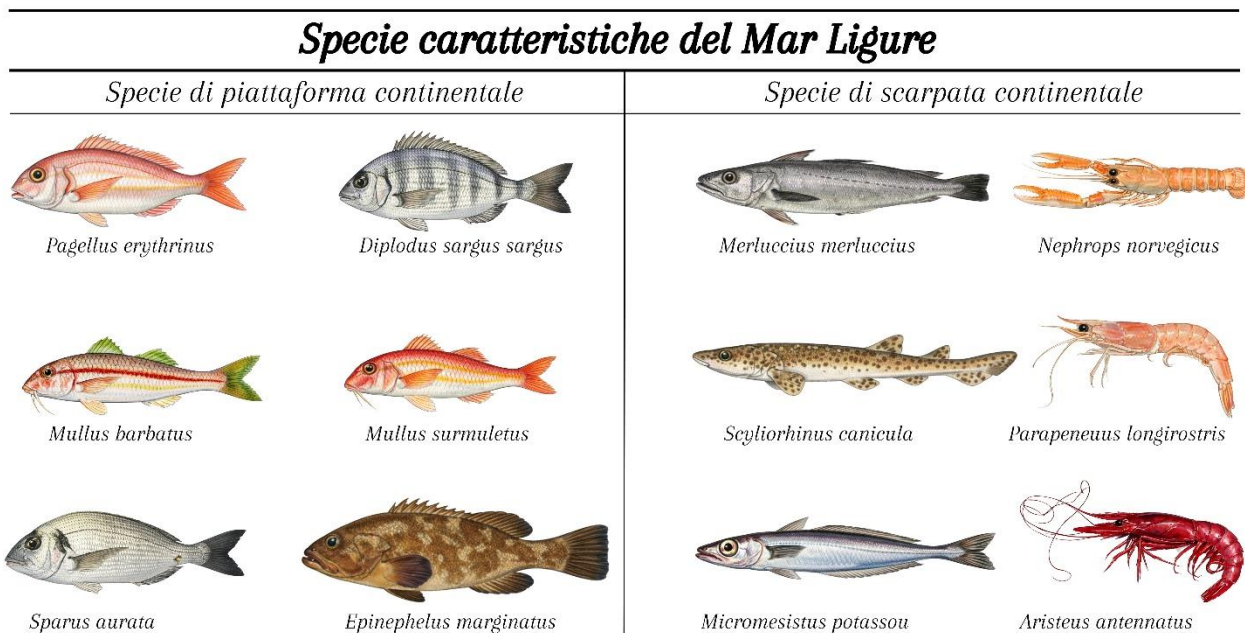


Figura 9 – Specie caratteristiche del Mar Ligure.

3.3 Attività di pesca nell'area di studio

L'area di studio, ricadente nella GSA 9 (Mar Ligure e Tirreno settentrionale), è caratterizzata dalla presenza di una flotta demersale attiva sia con attrezzi trainati sia con attrezzi passivi. La pesca a strascico rappresenta una componente storicamente rilevante della flotta ligure, sebbene la morfologia costiera — caratterizzata da piattaforma continentale stretta e fondali rapidamente declinanti — limiti l'estensione delle aree sfruttabili rispetto ad altri settori del Mediterraneo occidentale. Per questo motivo, solo per le imbarcazioni che effettuano pesca

a strascico in mar Ligure, è stato concesso il permesso straordinario di poter effettuare le cale entro un limite minimo di 0,75 miglia dalla costa, anziché 1,5 miglia (purché ci sia una profondità maggiore di 50 metri). La pesca a strascico ligure ha come specie target di pregio il gambero viola (*Aristeus antennatus*), infatti la Liguria rappresenta l'85% di sbarcato per questa risorsa nella GSA 9 e il 14% in tutta Italia. Per l'equivalente totale del 20% dei ricavi nazionali per questa specie, pari a 3 milioni di euro.

In Liguria vengono utilizzate dalla piccola pesca, soprattutto le reti a posta fissa. Tra queste troviamo diversi *métiers* a seconda della specie bersaglio, come le nasellare, reti a posta fissa per la pesca del nasello (*Merluccius merluccius*) o varianti del tramaglio, come tramaglino e tramaglione, per la cattura di pesci demersali, crostacei e cefalopodi.

Il campionamento è stato effettuato nel corso dell'intero anno 2025 nell'ambito della Raccolta Dati Alieutici Nazionale, mediante una pianificazione trimestrale delle uscite in mare per i diversi *métiers* considerati. È stato previsto un campionamento mensile per ciascun *métier*, ad eccezione dei mesi di fermo biologico per la pesca a strascico (ottobre–novembre 2025), durante i quali l'attività non è stata operativa.

Lo studio ha incluso due macro-categorie di attrezzi, ovvero la rete a strascico (OTB) e la rete a posta fissa (GTR e GNS). Per ciascuno degli attrezzi sono stati individuati *métiers* diversi, individuati in base alle specie target, alle batimetriche a cui veniva svolta l'azione di pesca, gli habitat su cui erano calate e dimensioni delle maglie utilizzate (in particolare per le reti da posta).

Le attività di pesca a strascico analizzate nel presente studio si svolgono prevalentemente tra i 50 e i 800 metri di profondità, con variazioni legate alla durata della cala e alla dinamica operativa dell'attrezzo trainato. Per la rete a strascico i tre *métiers* individuati sono stati il DES (demersal shelf), il DWS (deep water shelf) e il MIX (definito come *métier* intermedio tra il DES e il DWS per quanto riguarda le specie target e le batimetriche). Per ogni *métier* sono stati effettuati diversi campionamenti per un totale di 19 campionamenti, suddivisi rispettivamente in cinque campionamenti di DES, dodici campionamenti di DWS ed infine due campionamenti di MIX (tabella 1).

Tabella 1 - Data della cala, *métier*, profondità di cala e sforzo di pesca espresso in ore di cala.

Data	Métier	Ore di cala	Profondità range (m)
19/03/2025	DES	9	50-150
26/05/2025	DES	12	50-150
18/06/2025	DES	12	50-150
03/12/2025	DES	9	50-150
09/12/2025	DES	6	50-150
21/01/2025	DWS	9	500-800
04/02/2025	DWS	8	500-800
19/03/2025	DWS	9	500-800
23/04/2025	DWS	9	500-800
28/05/2025	DWS	8	500-800
25/06/2025	DWS	8	500-800
05/08/2025	DWS	9	500-800
04/09/2025	DWS	4	500-800
23/09/2025	DWS	7	500-800
04/12/2025	DWS	9	500-800
10/12/2025	DWS	9	500-800
19/12/2025	DWS	7	500-800
25/02/2025	MIX	9	80-350
29/09/2025	MIX	9	80-350

Le reti da posta operano invece su un intervallo batimetrico compreso tra 12 e 230 metri e una lunghezza complessiva che variava tra 600 e 2000 m, in funzione del *metier* e dell'area di pesca. Questa ampia escursione batimetrica riflette la maggiore flessibilità operativa degli attrezzi passivi, che possono essere adattati a differenti tipologie di habitat costieri e sub-costieri.

Per la rete da posta i tre *métiers* individuati sono stati la "nasellara" indicata dall'acronimo "GNS_HKE", il "tramaglio per triglie" indicato con l'acronimo "GTR_MUX" ed il "tramaglione per le aragoste" indicato con l'acronimo "GTR_PAL". Il numero totale di campionamenti effettuati per la rete da posta è di 28 campionamenti, suddivisi rispettivamente in otto campionamenti di nasellara, cinque campionamenti di tramaglio ed infine quindici campionamenti di tramaglione. (tabella 2).

Il numero totale dei campionamenti è stato pertanto pari a 47, di cui 28 relative alla piccola pesca e 19 allo strascico.

Tabella 2 – Data della cala, *métier*, profondità e sforzo di pesca espresso in metri di rete.

Data	Métier	Sforzo (m)	Profondità media (m)
11/02/2025	GNS_HKE	1200	37
06/03/2025	GNS_HKE	1000	58
30/04/2025	GNS_HKE	1500	70
14/05/2025	GNS_HKE	1000	120
19/06/2025	GNS_HKE	1200	230
30/07/2025	GNS_HKE	600	50
26/08/2025	GNS_HKE	1500	65
05/12/2025	GNS_HKE	1200	66
20/03/2025	GTR_MUX	1500	12
10/04/2025	GTR_MUX	2000	12
30/07/2025	GTR_MUX	1000	55
05/11/2025	GTR_MUX	1000	20
14/11/2025	GTR_MUX	1000	31
15/01/2025	GTR_PAL	1000	76
04/02/2025	GTR_PAL	1500	65
18/02/2025	GTR_PAL	1800	60
27/02/2025	GTR_PAL	1700	60
25/03/2025	GTR_PAL	2000	56
03/04/2025	GTR_PAL	1900	50
10/04/2025	GTR_PAL	1500	50
29/04/2025	GTR_PAL	1200	33
09/05/2025	GTR_PAL	1400	62
03/07/2025	GTR_PAL	1000	65
10/07/2025	GTR_PAL	1400	112
29/07/2025	GTR_PAL	1600	126
13/08/2025	GTR_PAL	1600	130
08/10/2025	GTR_PAL	1500	70
07/11/2025	GTR_PAL	1000	70

3.4 Raccolta dei dati

3.4.1 Pesca a strascico

Le operazioni di pesca a strascico sono state effettuate mediante rete a divergenti di tipo OTB (Otter Bottom Trawl).

La durata delle cale è stata pari a 8-9 ore di media, con profondità operative comprese tra 50 e 800 m. Dopo ogni cala il pescato veniva separato a bordo dai pescatori tra componente commerciale e scarto, quest'ultimo era ulteriormente frazionato in due parti:

- una componente era rigettata in mare;
- un subcampione significativo conservato per l'analisi qualitativa e quantitativa.

A bordo, i campioni dello scarto sono stati separati dal resto del pescato e conservati in contenitori di polistirolo per la raccolta del prodotto ittico e successivamente refrigerati in laboratorio ad una temperatura di $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ per evitare la proliferazione di eventuali microorganismi. Il pescatore, secondo gli accordi, ha conferito il campione completo di almeno una cala, dando indicazioni sulla frazione quantitativa rigettata in mare.

L'analisi quantitativa e qualitativa dello scarto in laboratorio seguiva un preciso procedimento. Dapprima si procedeva a scongelare la cassetta di scarto, o ponendola sotto l'acqua corrente, o tirandola fuori dal congelatore la sera prima di effettuare l'analisi. Dopo che la cassetta fosse opportunamente scongelata, per prima cosa si procedeva al *sorting*, ovvero la suddivisione dello scarto in base alla specie (figura 10), così da misurare e pesare tutti gli individui di una stessa specie consecutivamente, prima di passare alla specie successiva ed avere un'organizzazione più efficiente dei dati.



Figura 10 – *Sorting* dello scarto sul bancone del laboratorio.

Dopo la suddivisione in specie, si procedeva alla misurazione della lunghezza e del peso di ciascun individuo. Per gli osteitti ed i condroitti la lunghezza misurata era la lunghezza totale (LT), ovvero la lunghezza misurata come la distanza lineare massima dal punto più anteriore del corpo dell'animale (di solito la punta del muso, con la bocca chiusa) fino alla punta dell'estremità più lontana della pinna caudale (figura 11), con i lobi della pinna talvolta compressi lungo l'asse longitudinale per standardizzare la misura (Holden et al., 1974).

Per i cefalopodi veniva misurata la lunghezza del mantello, definita come la distanza lungo la linea mediana dorsale tra il margine anteriore del mantello (a livello interoculare) e l'apice posteriore del mantello. Infine per i crostacei veniva misurata la lunghezza del carapace, misurata come la distanza lineare lungo la linea mediana dorsale del carapace, dal margine posteriore dell'orbita (o dalla base del rostro, se presente) fino al margine posteriore del carapace, escludendo il rostro. Le seguenti misurazioni venivano effettuate con tre diversi strumenti, rispettivamente l'ittiometro per i pesci, la riga graduata per i molluschi cefalopodi e il calibro per i crostacei (Figg. 11)

Dopo aver misurato la lunghezza di ogni individuo si procedeva alla misurazione del peso, con una bilancia tecnica che permetteva una misurazione del peso al decimo di grammo.

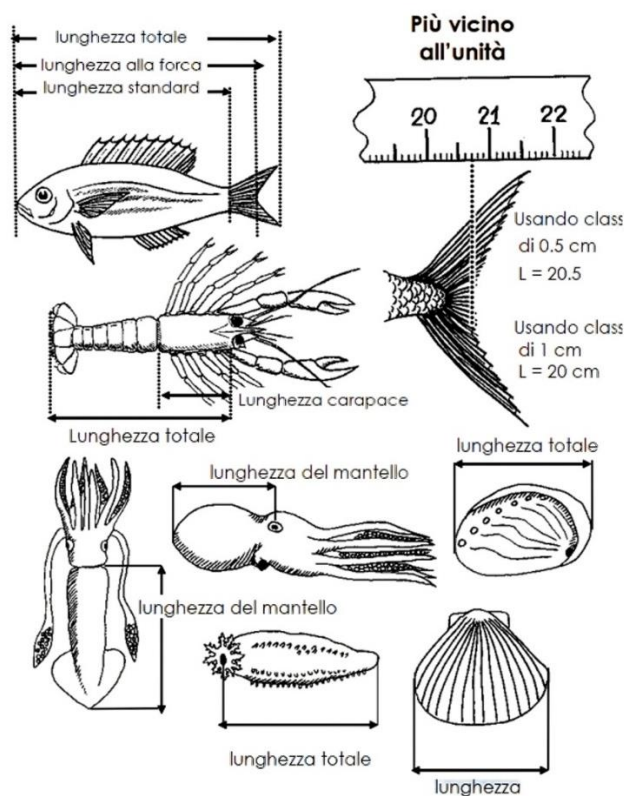


Figura 11 - Misurazioni delle lunghezze per i diversi organismi marini.

3.4.2 Piccola pesca

Per le specie catturate con le reti da posta, analogamente allo strascico, il pescato veniva separato a bordo dai pescatori tra componente commerciale e scarto, e per ogni operazione venivano registrate le lunghezze di ogni singolo individuo e la categoria di appartenenza tra commerciale e scarto. Le lunghezze sono state misurate secondo lo stesso metodo di misurazione adottato per la pesca a strascico.

Il peso di ciascun individuo non è stato misurato, in quanto a bordo dei pescherecci non si disponeva di una bilancia tecnica come in laboratorio. Pertanto il peso di ciascun individuo è stato retrocalcolato utilizzando una relazione taglia-peso (Le Cren, 1951; Ricker, 1975; Froese, 2006) secondo la seguente formula:

$$W = a \cdot L^b$$

Dove:

- “W” è il peso che veniva sempre espresso in grammi.
- “L” è la lunghezza che veniva sempre espressa in centimetri.
- “a” e “b” sono due costanti specie-specifiche.

3.5 Elaborazione e analisi dei dati

Dopo aver raccolto i dati e prima di effettuare le operazioni di calcolo, sono stati organizzati tutti i dati all'interno di due dataset (in formato Excel), uno per lo strascico e uno per la piccola pesca.

Nell'ottica di confrontare lo scarto della pesca tra diversi attrezzi, quali la rete a strascico e la rete da posta, e diversi *métiers* per ciascuno dei due attrezzi, è stato necessario effettuare una standardizzazione dei dati. A tal proposito sono stati calcolati due diversi indici: il tasso percentuale di scarto (TS%) e il rendimento (CPUE).

Il calcolo del Tasso di Scarto in percentuale (TS%) è stato calcolato relativamente alla biomassa e all'abbondanza come indicato in figura 12 (sia per lo strascico che per la piccola pesca):

ABBONDANZA	BIOMASSA
$\frac{\text{numero degli individui scartati}}{\text{numero totale degli individui pescati}} \\ \text{(frazione scartata+frazione commerciale)}$	$\frac{\text{peso della frazione scartata}}{\text{peso totale degli individui pescati}} \\ \text{(frazione scartata+frazione commerciale)}$

Figura 12 – Formule usate per il calcolo dei tassi percentuali di scarto.

Il rendimento espresso come Catch Per Unit Effort (CPUE) è un indice di abbondanza relativa che esprime il rapporto tra la quantità di catture e lo sforzo di pesca impiegato per ottenerle. In condizioni ideali, la CPUE è considerata proporzionale alla densità della popolazione sfruttata e viene quindi utilizzata come indicatore delle variazioni nell'abbondanza degli stock ittici (Beverton & Holt, 1957).

Anche la CPUE è stata calcolata sia per la biomassa che per l'abbondanza ed è stata calcolata con due formule diverse tra strascico e piccola pesca. Per lo strascico sono state utilizzate le ore di cala come denominatore, in quanto rappresentavano una variabile direttamente proporzionale al rendimento delle cale (figura 13).

ABBONDANZA	BIOMASSA
$\frac{\text{numero degli individui scartati}}{\text{durata della cala (ore)}}$	$\frac{\text{peso della frazione scartata}}{\text{durata della cala (ore)}}$

Figura 13 – Formule usate per il calcolo della CPUE nella pesca a strascico.

Per la piccola pesca non è stato utilizzato il tempo di permanenza delle reti in mare come unità di sforzo, in quanto tale parametro non risulta direttamente proporzionale al rendimento delle catture. Di conseguenza, lo sforzo di pesca è stato standardizzato utilizzando la lunghezza delle reti impiegate, espressa in metri. In particolare, i rendimenti sono stati calcolati considerando come unità di riferimento 100 m di rete (Figura 14).

ABBONDANZA	BIOMASSA
$\frac{\text{numero degli individui scartati}}{\text{Lunghezza totale della rete}} \times 100m$	$\frac{\text{peso della frazione scartata}}{\text{Lunghezza totale della rete}} \times 100m$

Figura 14 - Formule usate per il calcolo della CPUE nella piccola pesca.

3.5.1 Calcolo delle distribuzioni di frequenza e delle curve cumulate

L'analisi delle distribuzioni di frequenza e delle curve cumulate è stata effettuata per il nasello *M. merluccius* e per *M. barbatus* in quanto specie più rappresentate nella pesca commerciale, in particolare per gli attrezzi trattati nel presente studio.

Per ogni specie è stata analizzata la distribuzione di taglia (LT) a partire dai dati raccolti durante i campionamenti, suddivise in classi di taglia di mezzo cm. A partire da queste, sono state successivamente calcolate le curve cumulate percentuali, che hanno permesso

descrivere meglio la struttura in taglia del pescato ed evidenziare la proporzione di individui al di sotto di determinate soglie biologiche e gestionali.

La curva cumulata esprime la probabilità che un pesce di una determinata classe di lunghezza, possa venire catturato dopo essere entrato nella rete (Bombace & Lucchetti, 2011) e ci ha permesso di stimare la taglia mediana (L_{MED}) del catture effettuate nei metier messi a confronto.

La L_{MED} è stata quindi confrontata con i valori di lunghezza alla prima maturità sessuale (L_{50MAT}), desunti dalla letteratura scientifica, e con la taglia minima di conservazione (Minimum Conservation Reference Size, MCRS) prevista dalla normativa vigente. Questo confronto ha permesso di valutare la frazione di individui immaturi e/o sottomisura presenti nelle catture delle specie confrontate.

3.5.2 Calcolo degli indici di diversità

Come ultima analisi dello scarto di strascico e piccola pesca, sono stati calcolati gli indici di diversità per i diversi *métiers* analizzati. Gli indici calcolati sono stati: l'indice di diversità di Shannon (H) e l'equitabilità di Pielou (J).

L'indice di Shannon misura la diversità complessiva della comunità, considerando sia il numero di specie sia la loro abbondanza relativa, per cui se l'indice ha un valore basso (minore o uguale a 1) la diversità del campione è bassa, se l'indice è maggiore di 1 la diversità del campione è moderata o alta (valori superiori a 3). Secondo la formula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

L'equitabilità di Pielou invece stima la distribuzione degli individui tra le varie specie. Anche questo indice varia tra 0 e 1, dove 0 equivale a distribuzione fortemente asimmetrica in cui tutti gli individui sono di una sola specie, mentre 1 equivale a distribuzione perfettamente uniforme degli individui tra le specie. Secondo la formula:

$$J' = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Per il calcolo degli indici è stato utilizzato il software "PAST".

4. RISULTATI

4.1 Pesca a strascico

4.1.1 Descrizione dello scarto

Per ogni giornata di campionamento sono stati raccolti dati relativi alla frazione commerciale e alla frazione scartata. Con tali dati sono stati calcolati il tasso percentuale di scarto (TS%) e i rendimenti (CPUE). Gli indici sono stati calcolati sia in termini di abbondanza che di biomassa, così da fornire una duplice descrizione della comunità: la prima basata sulla numerosità degli individui, la seconda sul loro contributo in termini di peso, permettendo una valutazione più completa della struttura del pescato (tabella 3).

Tabella 3 - Date di campionamento, tassi percentuali di scarto (TS%) e rendimenti per cala in biomassa (Kg/h) e abbondanza (n/h).

SCARTO STRASCICO					
		Abbondanza (n)		Biomassa (Kg)	
Metier	Data	TS%	CPUE (n/h)	TS%	CPUE (Kg/h)
OTB_DES	19-mar	20,67	105,56	15,23	2,10
	26-mag	22,70	134,67	15,73	2,88
	18-giu	41,28	117,33	26,41	3,62
	03-dic	19,04	175,56	23,74	6,89
	09-dic	28,53	259,00	24,65	8,39
OTB_DWS	21-gen	3,50	5,90	8,73	0,40
	04-feb	15,82	71,30	16,96	1,46
	19-mar	8,11	27,20	12,34	0,87
	23-apr	10,14	30,20	15,19	1,16
	28-mag	10,50	54,80	22,21	2,17
	25-giu	5,94	18,60	11,05	0,94
	05-ago	3,51	11,90	4,74	0,29
	04-set	6,21	18,50	9,51	0,68
	23-set	14,03	56,00	6,13	0,71
	04-dic	20,41	14,40	13,85	0,40
	10-dic	6,64	6,60	2,98	0,12
19-dic	2,14	6,60	2,70	0,16	
OTB_MIX	25-feb	27,04	107,33	19,83	2,77
	29-set	20,73	111,67	12,62	2,21

Sia in termini di abbondanza che di biomassa, il *métier* con il TS% più alto è stato il DES (25% in abbondanza; 21% in biomassa) seguito dal MIX (23%; 17%) e dal DWS (9%; 11%) con i tassi di scarto più bassi (figura 15 e 16).

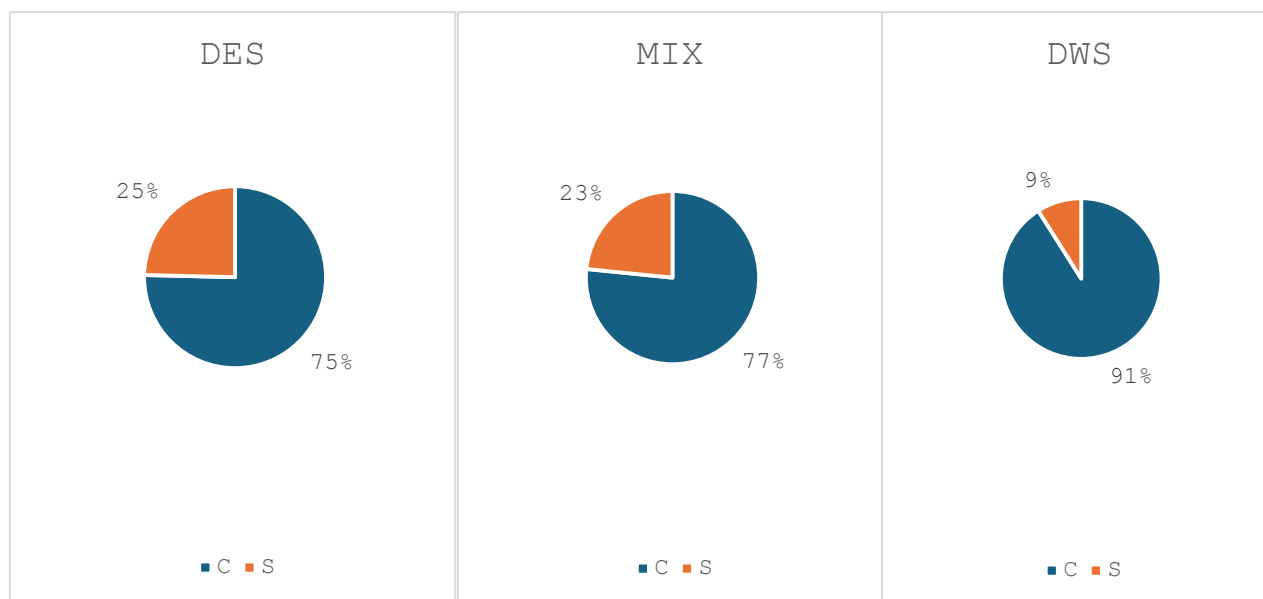


Figura 15 - Suddivisione percentuale dell'abbondanza totale in frazione scartata e frazione commerciale, per i tre *métiers* dello strascico.

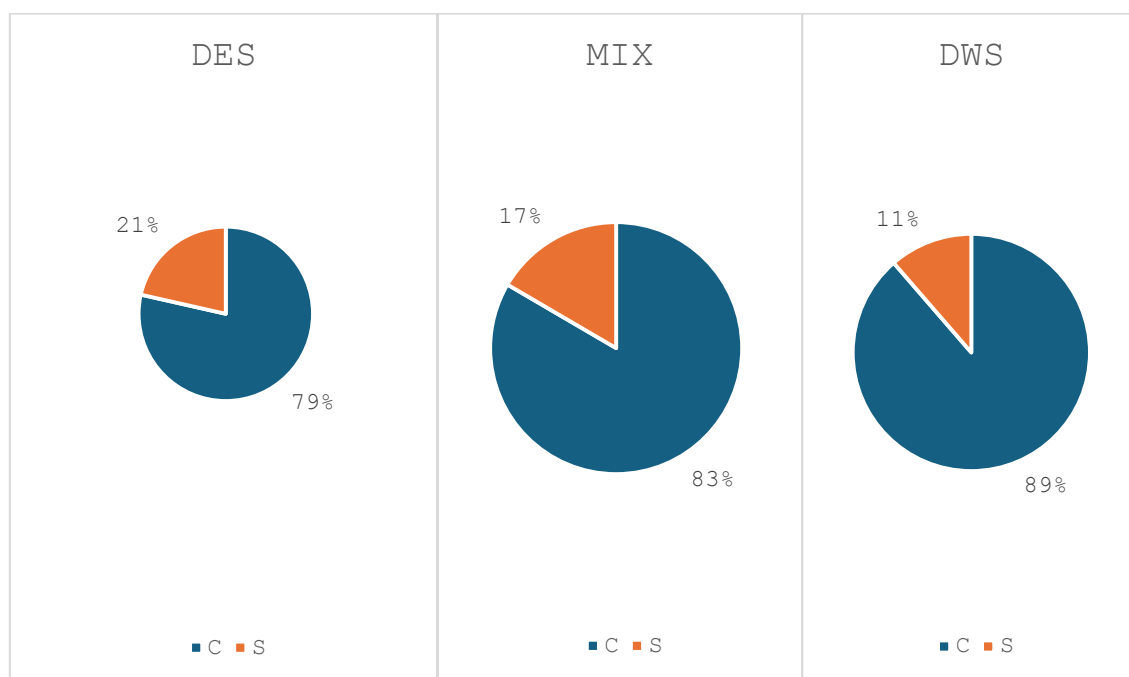


Figura 16 – Suddivisione percentuale della biomassa totale in frazione scartata e frazione commerciale, per i tre *métiers* dello strascico.

I rendimenti (CPUE) dei *métiers* sono rappresentati graficamente nel seguente Box Plot (figura 17). La CPUE del MIX non è stata calcolata in quanto il *métier* è rappresentato solamente da due campioni. Dal box plot è possibile osservare una chiara differenza nei

rendimenti tra DES e DWS; il DES presenta valori più elevati, associati a una maggiore variabilità e a una distribuzione più ampia dei dati. Al contrario, il DWS mostra valori inferiori e più omogenei, come evidenziato da un intervallo interquartile più ridotto. Per validare la significatività delle differenze è stato utilizzato il test non parametrico di Mann-Whitney ($p < 0,05$).

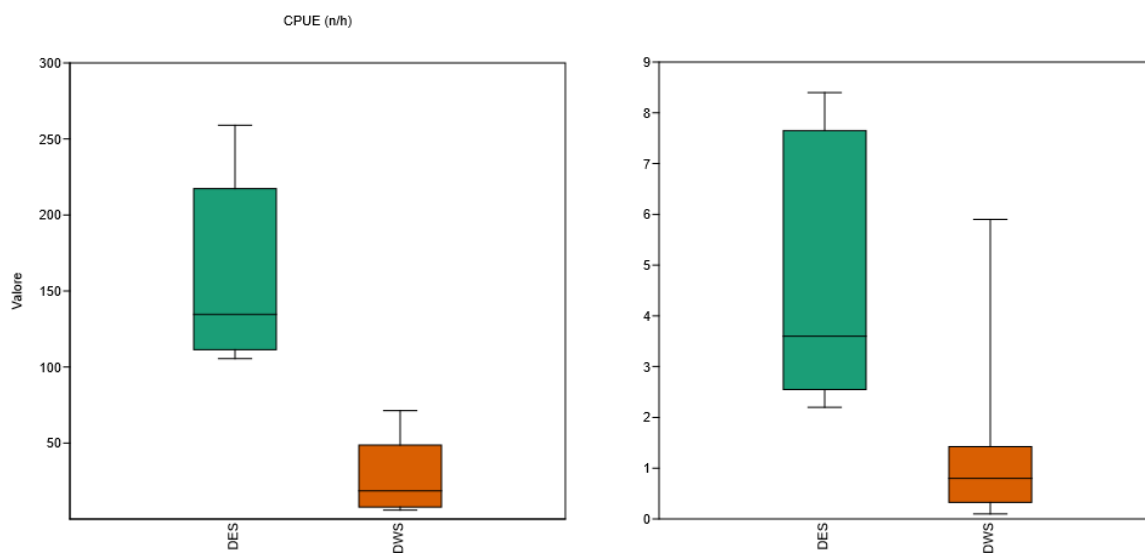


Figura 17 – Box plot dei dati di scarto, espressi in n/h e kg/h, dei *metiers* DES e DWS; il Box indica dall'alto in basso il primo quartile, la mediana, il terzo quartile mentre i baffi indicano i valori minimo massimo del set di dati.

4.1.2 Composizione specifica dello scarto

Sono state identificate 76 specie all'interno dello scarto, un dato che evidenzia la limitata selettività della pesca a strascico con divergenti e, allo stesso tempo, riflette la notevole ricchezza di biodiversità presente nell'area di studio. Il gruppo tassonomico maggiormente rappresentato è risultato quello degli Osteitti, con 50 specie, seguito dai Molluschi, con 7 specie, e sia dai Crostacei sia dai Condroitti, entrambi rappresentati da 6 specie (tabella 4).

Tabella 4 - Checklist delle diverse specie rinvenute nello scarto suddivise per taxa. In verde le specie di interesse commerciale, in rosso le specie prive di valore commerciale, in arancione le specie intermedie.

CNIDARI	TUNICATI	OSTEITTI
<i>Alcyonium palmatum</i>	<i>Phallusia mammillata</i>	<i>Nemichthys scolopaceus</i>
<i>Pelagia noctiluca</i>	OSTEITTI	<i>Nezumia aequalis</i>
CONDROITTI	<i>Argentina sphyraena</i>	<i>Nezumia sclerorhynchus</i>
<i>Chimaera monstrosa</i>	<i>Blennius ocellaris</i>	<i>Notacanthus bonapartei</i>
<i>Dalatias licha</i>	<i>Boops boops</i>	<i>Pagellus acarne</i>
<i>Etmopterus spinax</i>	<i>Capros aper</i>	<i>Pagellus bogaraveo</i>
<i>Galeus melanostomus</i>	<i>Chauliodus sloani</i>	<i>Pagellus erythrinus</i>
<i>Scyliorhinus canicula</i>	<i>Chelidonictys lucerna</i>	<i>Phycis blennoides</i>
<i>Torpedo marmorata</i>	<i>Citharus linguatula</i>	<i>Sardina pilchardus</i>
CROSTACEI	<i>Coelorincus coelorincus</i>	<i>Scorpaena notata</i>
<i>Dardanus arrosor</i>	<i>Conger conger</i>	<i>Serranus cabrilla</i>
<i>Geryon longipes</i>	<i>Diplodus sargus</i>	<i>Serranus hepatus</i>
<i>Maja squinado</i>	<i>Engraulis encrasicolus</i>	<i>Spicara flexuosa</i>
<i>Munida tenuimana</i>	<i>Epigonus denticulatus</i>	<i>Spicara maena</i>
<i>Polycheles typhlops</i>	<i>Gadiculus argenteus</i>	<i>Spicara smaris</i>
<i>Squilla mantis</i>	<i>Helicolenus dactylopterus</i>	<i>Spondyliosoma cantharus</i>
ECHINODERMI	<i>Hoplostethus mediterraneus</i>	<i>Stomias boa</i>
<i>Astropecten irregularis</i>	<i>Hymenocephalus italicus</i>	<i>Synchiropus phaeton</i>
<i>Parastichopus regalis</i>	<i>Lampanyctus crocodilus</i>	<i>Synodus saurus</i>
<i>Stichopus regalis</i>	<i>Lepidorhombus boscii</i>	<i>Trachinus draco</i>
MOLLUSCHI	<i>Lepidotrigla cavillone</i>	<i>Trachurus mediterraneus</i>
<i>Bathypolypus sponsalis</i>	<i>Lepidotrigla dieuzeidei</i>	<i>Trachurus trachurus</i>
<i>Galeodea echinophora</i>	<i>Macroramphosus scolopax</i>	<i>Trachyrincus scabrus</i>
<i>Galeodea rugosa</i>	<i>Melanostigma atlanticum</i>	<i>Zeus faber</i>
<i>Octopus vulgaris</i>	<i>Merluccius merluccius</i>	
<i>Pteroctopus tetracirrhus</i>	<i>Micromesistius poutassou</i>	
<i>Sepia officinalis</i>	<i>Mullus barbatus</i>	
<i>Sepiola rondeleti</i>	<i>Mullus surmuletus</i>	

Tutte le specie catturate nello strascico (n=76) sono state raggruppate in sette taxa: Osteitti, Condroitti, Molluschi, Crostacei, Cnidari, Tunicati e Echinodermi. In questo modo è stato possibile calcolare la percentuale di ogni taxon, sia per la biomassa, che per l'abbondanza.

Il gruppo più rappresentato è stato quello degli Osteitti sia in termini di abbondanza (91,7%) che di biomassa (81,7%) (figura 18 e 19). In termini di abbondanza (figura 18) il secondo e terzo gruppo più rappresentati sono rispettivamente i Condroitti (6,6%) e i Crostacei (0,9%). In termini di biomassa (figura 19) il secondo e terzo gruppo più rappresentati sono rispettivamente i Condroitti (16,4%) e Crostacei e Molluschi (0,8%).

Composizione percentuale del pescato per taxa

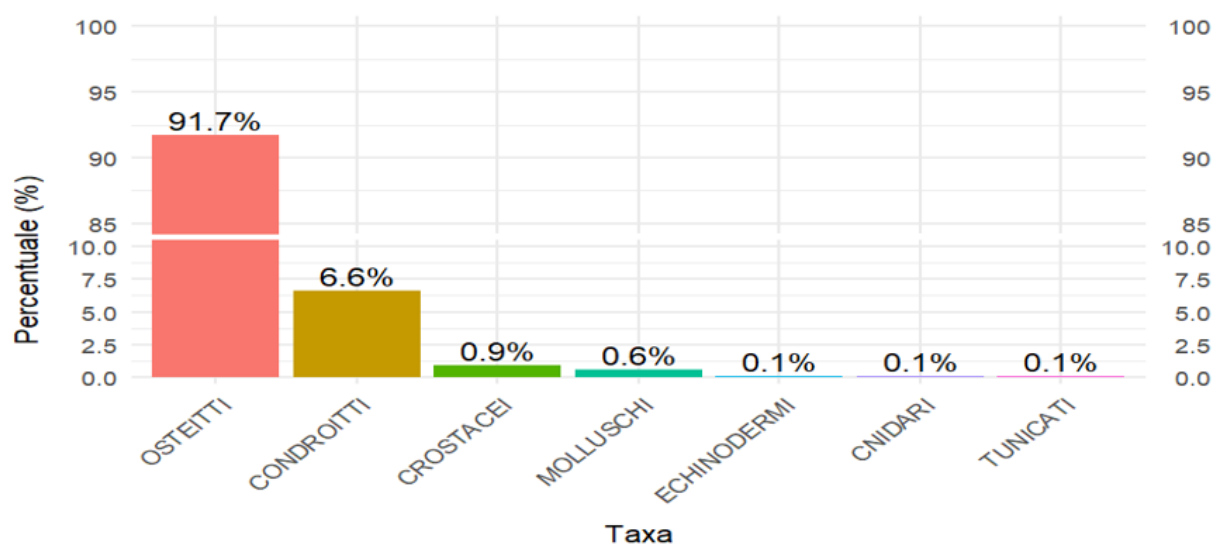


Figura 18 - Abbondanza percentuale in base al taxa.

Composizione percentuale del pescato per taxa

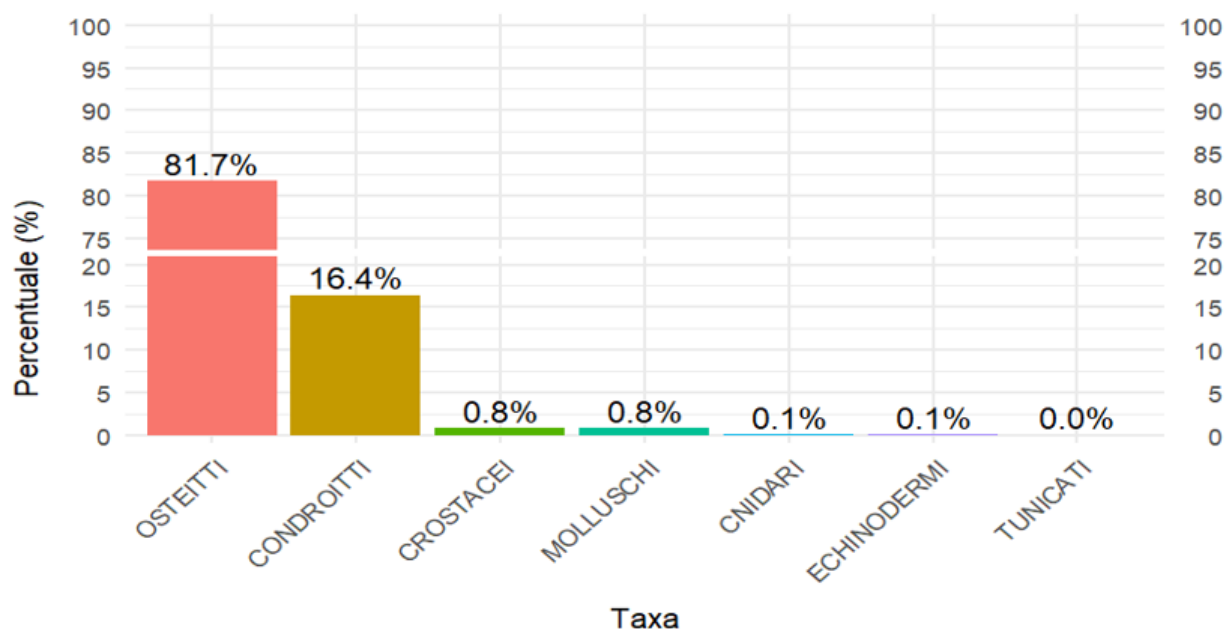


Figura 19 - Biomassa percentuale in base al taxa.

Successivamente gli individui sono stati suddivisi per i 3 *métiers* e sono stati raggruppati in tre gruppi tassonomici: Osteitti, Condroitti e Invertebrati. Come evidenziato dall'istogramma

(figura 20), gli Osteitti presentano i rendimenti più elevati in tutti i métiers sia in termini di abbondanza sia di biomassa. Fa eccezione il métier DWS per quanto riguarda la biomassa, in cui i Condroitti rappresentano la componente predominante. Gli Invertebrati risultano avere i rendimenti minori in assoluto, sia in abbondanza che biomassa, per tutti i métiers (figura 20).

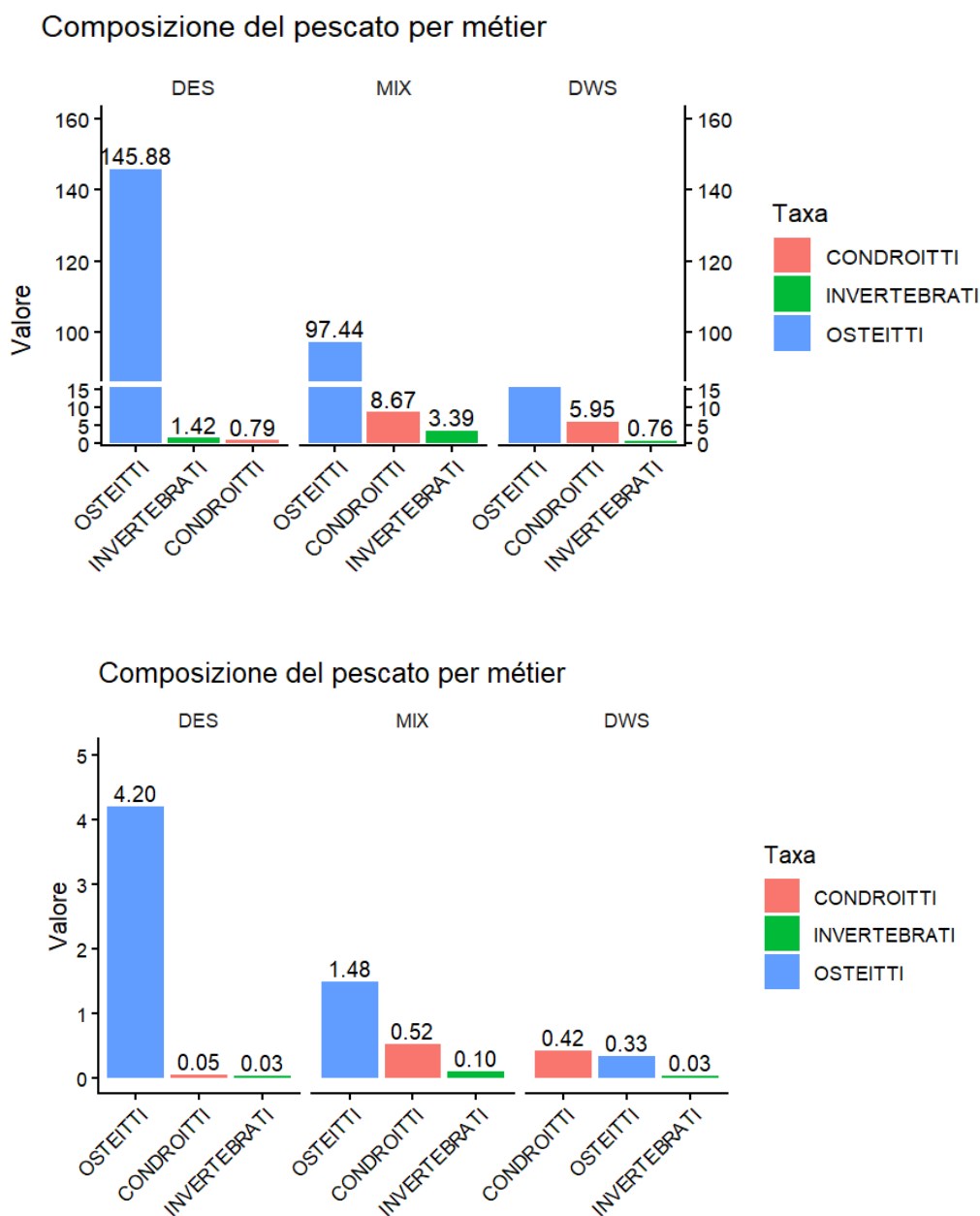


Figura 20 – Rendimenti in termini di abbondanza (n/h) e biomassa (Kg/h) dei tre métiers.

3.1.3 Specie più rappresentative dello scarto da strascico

I métiers si distinguono, come detto, anche in base alle specie bersaglio, che quindi variano in termini di biomassa e abbondanza a seconda del métier. Ciò vale anche per lo scarto, dove possiamo trovare specie diverse a seconda del métier che si considera. Per ogni

métier solo le specie con una percentuale uguale o superiore al 5% sono state riportate nelle tabelle e nei graifici mentre le altre sono state raggruppate all'interno della categoria "ALTRO" (tabella 5).

Tabella 5 - Abbondanza e biomassa, espressi in valore assoluto (n e kg) e rendimento CPUE (n-kg /ora) delle principali specie pescate con il *métier* OTB_DES.

OTB_DES					
ABBONDANZA			BIOMASSA		
Specie	N	n/h	Specie	Kg	kg/h
<i>Trachurus trachurus</i>	1610	33,5	<i>Trachurus trachurus</i>	41,05	0,9
<i>Pagellus acarne</i>	904	18,8	<i>Pagellus acarne</i>	40,04	0,8
<i>Pagellus erythrinus</i>	748	15,6	<i>Pagellus erythrinus</i>	31,85	0,7
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	617	12,9	<i>Boops boops</i>	19,38	0,4
<i>Boops boops</i>	560	11,7	<i>Spicara smaris</i>	10,38	0,2
<i>Spicara smaris</i>	456	9,5	<i>Lepidotrigla cavillone</i>	9,32	0,2
<i>Serranus hepatus</i>	327	6,8	ALTRO	53,45	1,11
ALTRO	1886	39,3			

La specie più abbondante (figura 21) rappresenta il 23% del totale ed è il sugarello *T. trachurus* (CPUE: 33,5 n/h), seguito dal pagello bastardo *P. acarne* con il 13% (18,8 n/h) e dal pagello fragolino *P. erythrinus* con il 10% (15,6 n/h). Le altre specie hanno abbondanze inferiori: *L. cavillone* (9%; 12,9 n/h) e *B. boops* (8%; 9,5 n/h).

In termini di biomassa (figura 22), le prime tre posizioni restano invariate rispetto all'abbondanza con il sugarello in prima posizione (0,9 Kg/h), il pagello bastardo in seconda (0,8 Kg/h) e il fragolino in terza (0,7 Kg/h); tuttavia, si osservano variazioni nella graduatoria a partire dal quarto e quinto posto, occupati rispettivamente da *B. boops* con l'8% (0,4 Kg/h) e *S. smaris* con il 5% (0,2 Kg/h).

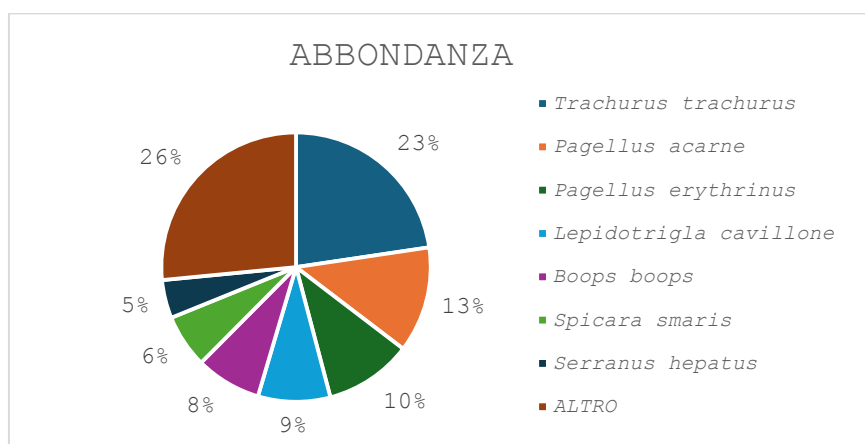


Figura 21 - Specie più rappresentate nel DES in termini di abbondanza.

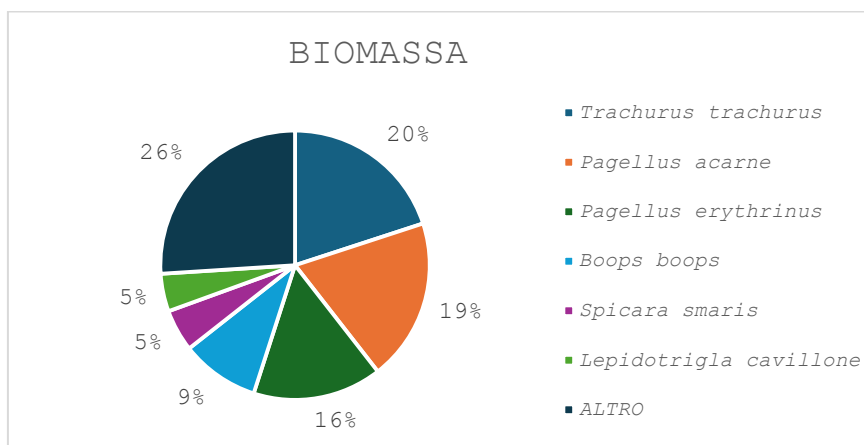


Figura 22 - Specie più rappresentate nel DES in termini di biomassa.

Nel DWS la specie più abbondante (figura 23) è stata la musdea bianca *P. blennoides* che rappresenta il 23% (6,11 n/h) seguita dal boccanera *G. melastomus* con il 16% (4,29 n/h) e da *L. crocodilus* che conta il 10% degli individui totali (2,58 n/h). Le altre specie hanno abbondanze inferiori: *N. aequalis* (2,43 n/h), *H. italicus* (2,3 n/h) e *E. spinax* (1,59 n/h).

In termini di biomassa (figura 24) la specie in prima posizione è il boccanera, che rappresenta il 34% del peso totale (0,26 Kg/h). In seconda posizione è presente un altro pesce cartilagineo, *E. spinax* con il 18% (0,14 Kg/h), mentre il terza posizione si trova la musdea bianca con 17% (0,13 Kg/h). Nelle ultime due posizioni della graduatoria si trovano rispettivamente *L. crocodilus* e *N. aequalis* con il 4%. I valori sono riportati nella seguente tabella (tab. 6).

Tabella 6 - Abbondanza e biomassa, espressi in valore assoluto (n e kg) e rendimento CPUE (n-kg/ora) delle principali specie pescate con il *métier* OTB_DWS.

OTB_DWS					
ABBONDANZA			BIOMASSA		
Specie	N	n/h	Specie	Kg	kg/h
<i>Phycis blennoides</i>	587	6,11	<i>Galeus melastomus</i>	25,53	0,266
<i>Galeus melanostomus</i>	412	4,29	<i>Etmopterus spinax</i>	13,62	0,142
<i>Lampanyctus crocodilus</i>	248	2,58	<i>Phycis blennoides</i>	12,40	0,129
<i>Nezumia aequalis</i>	233	2,43	<i>Lampanyctus crocodilus</i>	2,79	0,029
<i>Hymenocephalus italicus</i>	221	2,30	<i>Nezumia aequalis</i>	2,78	0,029
<i>Etmopterus spinax</i>	153	1,59	ALTRO	18	0,19
ALTRO	681	7			

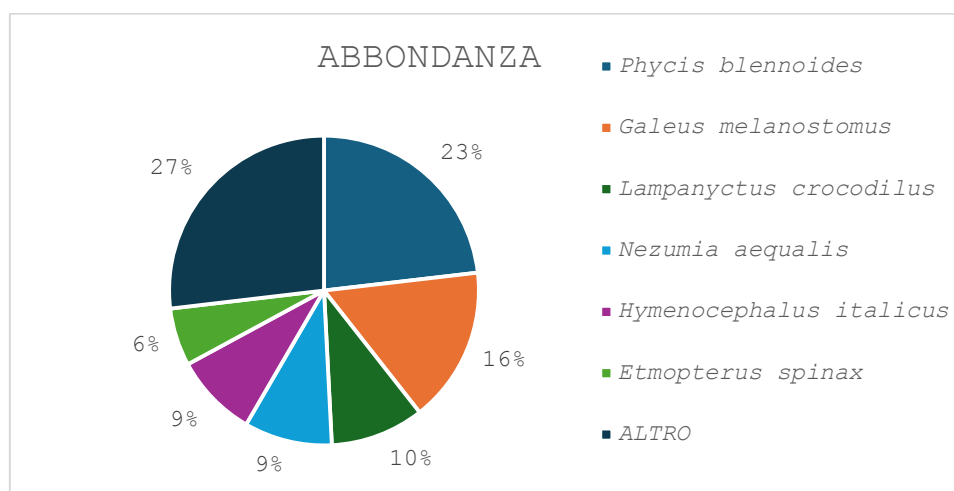


Figura 23 - Specie più rappresentate nel DWS in termini di abbondanza.

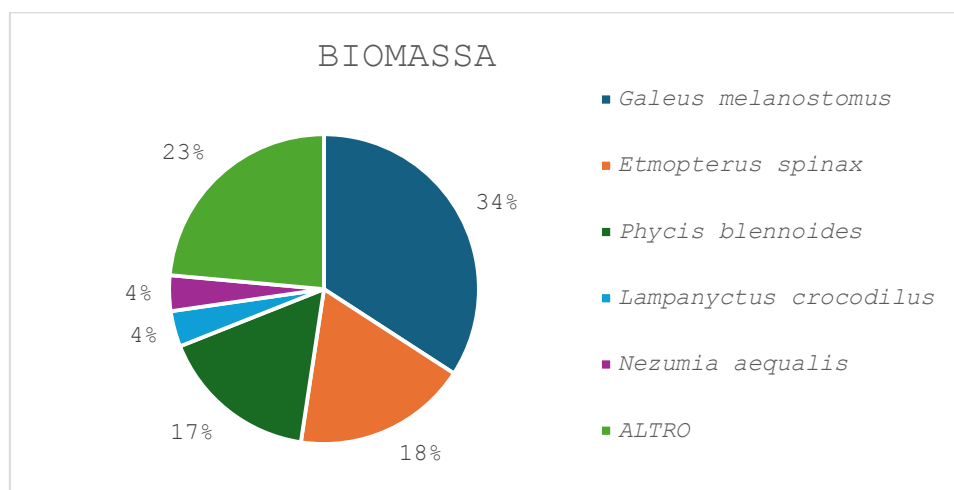


Figura 24 - Specie più rappresentate nel DWS in termini di biomassa.

Nel *métier* MIX (tabella 7) la specie più abbondante (figura 25) è stato il pesce tamburo *C. aper* che rappresenta il 26% (28,67 n/h) seguito dal *G. argenteus* con il 16% (17,22 n/h) e da *P. blennoides* con il 12% (12,83 n/h). Tra le altre specie vi sono: *C. coelorincus* (7,44 n/h), *G. melastomus* (7,33 n/h), *H. mediterraneus* (7 n/h) e il sugarello *T. trachurus* con il 4% (5 n/h). In termini di biomassa (figura 26) la specie in prima posizione è sempre il pesce tamburo, che rappresenta il 30% del peso totale (0,63 Kg/h), seguito dal gattuccio boccanera *G. melastomus* con il 22% (0,46 Kg/h) e da *G. argenteus* con 9% (0,18 Kg/h). Nelle ultime due posizioni della graduatoria si trovano rispettivamente *T. trachurus* e *Coelorincus coelorincus* con rispettivamente il 7% (0,16 Kg/h) e il 5% (0,11 Kg/h).

Tabella 7 - Abbondanza e biomassa, espressi in valore assoluto (n e kg) e rendimento CPUE (n-kg /ora) delle principali specie pescate con il *métier* OTB_MIX.

OTB_MIX				
ABBONDANZA			BIOMASSA	
Specie	N	n/h	Specie	kg/h
<i>Capros aper</i>	516	28,67	<i>Capros aper</i>	11,43
<i>Gadiculus argenteus</i>	310	17,22	<i>Galeus melastomus</i>	8,21
<i>Phycis blennoides</i>	231	12,83	<i>Gadiculus argenteus</i>	3,33
<i>Coelorincus coelorincus</i>	134	7,44	<i>Trachurus trachurus</i>	2,81
<i>Galeus melastomus</i>	132	7,33	<i>Coelorincus coelorincus</i>	2,05
<i>Hoplostethus mediterraneus</i>	126	7,00	ALTRO	10
ALTRO	432	24		

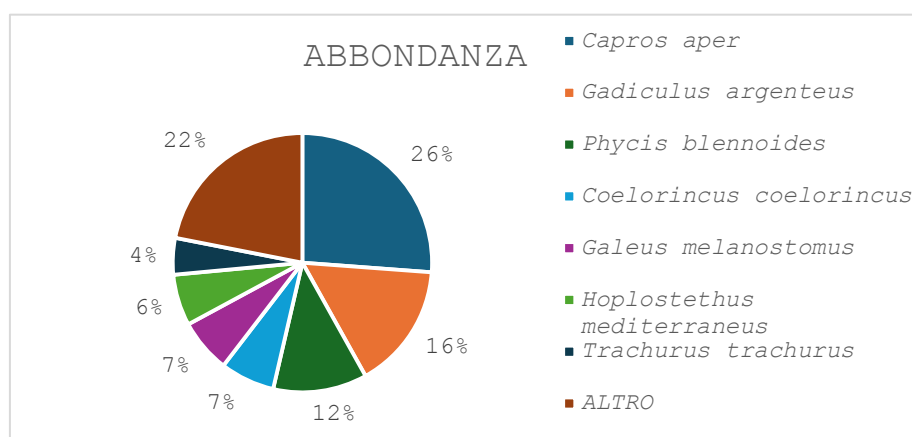


Figura 25 - Specie più rappresentate nel MIX in termini di abbondanza.

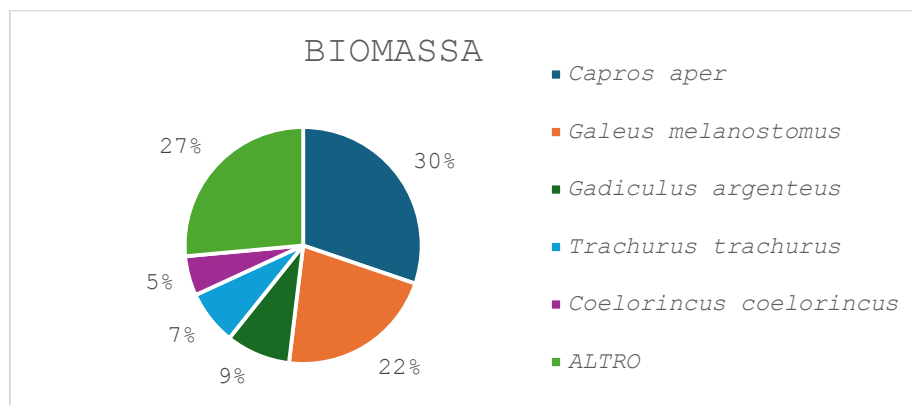


Figura 26 - Specie più rappresentate nel MIX in termini di biomassa.

4.2 Piccola pesca

4.2.1 Descrizione dello scarto

Per ciascuna giornata di campionamento sono stati raccolti dati relativi alla frazione commerciale e alla frazione di scarto, calcolando il tasso percentuale di scarto (TS%) e i rendimenti di pesca (CPUE). Questi ultimi sono stati espressi sia in termini di abbondanza (n/metri di rete) sia di biomassa (kg/metri di rete), al fine di fornire una duplice descrizione della comunità: da un lato basata sulla numerosità degli individui, dall'altro sul loro contributo in termini di peso (tabella 8).

Tabella 8 - Date di campionamento, tassi percentuali di scarto (TS%) e rendimenti per cala in biomassa (Kg/metri di rete) e abbondanza (n/metri di rete).

PICCOLA PESCA					
		Abbondanza (n)		Biomassa (Kg)	
Metier	Data	TS%	n/100m di rete	TS%	kg/100m di rete
GNS-HKE	11/02/2025	14,7	0,4	8,1	0,02
	06/03/2025	25,4	1,5	10,0	0,08
	30/04/2025	32,9	3,4	44,8	0,75
	14/05/2025	17,6	2,4	3,6	0,10
	19/06/2025	25,9	1,2	10,8	0,15
	30/07/2025	25,4	2,8	10,1	0,11
	26/08/2025	28,6	2,1	16,3	0,19
	05/12/2025	31,7	1,7	11,1	0,13
GTR-PAL	10/04/2025	50,0	0,3	3,4	0,01
	15/01/2025	27,3	0,6	20,6	0,48
	04/02/2025	33,3	0,3	7,6	0,07
	18/02/2025	31,6	0,3	10,3	0,09
	27/02/2025	44,1	0,9	7,5	0,19
	25/03/2025	76,1	4,0	11,3	0,15
	03/04/2025	82,4	5,6	43,0	0,91
	29/04/2025	71,4	0,8	2,9	0,01
	09/05/2025	56,0	1,0	1,1	0,01
	03/07/2025	43,5	1,0	0,8	0,01
	10/07/2025	29,3	0,9	7,9	0,15
	29/07/2025	21,1	0,3	2,5	0,02
	13/08/2025	31,3	0,3	5,4	0,05
	08/10/2025	35,0	0,9	9,2	0,09
07/11/2025	27,8	0,5	5,9	0,08	
GTR-MUX	20/03/2025	22,7	1,3	11,1	0,14
	10/04/2025	48,6	1,7	4,8	0,04
	30/07/2025	5,8	1,0	4,3	0,07
	05/11/2025	57,1	4,0	24,0	0,14
	14/11/2025	38,0	3,8	21,9	0,26

Considerando il tasso di scarto complessivo dei singoli *métier*, il tramaglione (GTR_PAL), in termini di abbondanza, risulta avere lo scarto maggiore (45%), dovuto principalmente alla grande mole di Invertebrati (in particolare Molluschi gasteropodi) presenti nel campione. Il secondo *métier* per quantità di scarto è GTR_MUX con il 28% ed infine GNS_HKE con il 26% (figura 27).

In termini di biomassa (figura 28) il GNS_HKE risulta essere il *métier* con la maggiore percentuale di scarto (17%), seguito da GTR_PAL, con un TS% del 13% e infine da GTR_MUX con un TS pari all'11%.

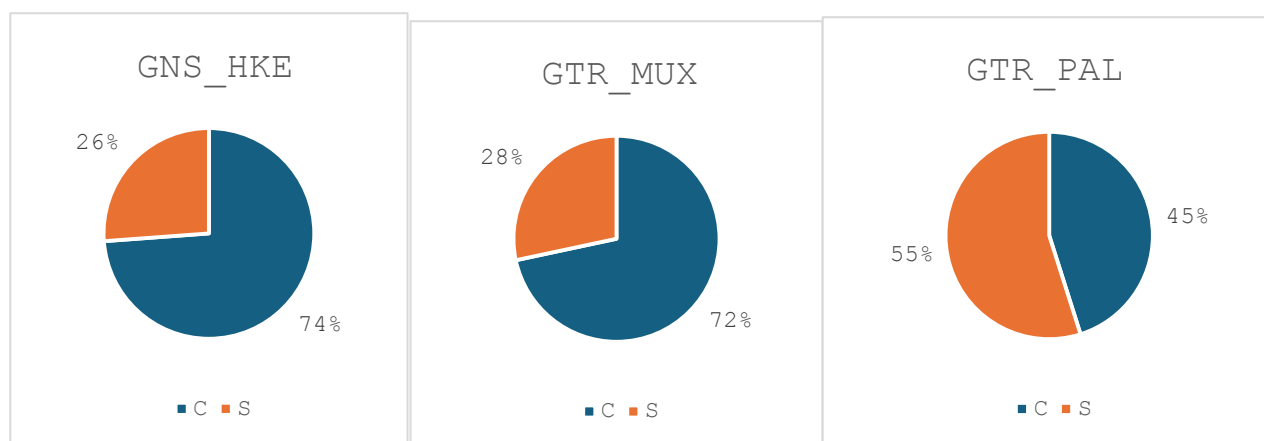


Figura 27 - Tassi percentuali di scarto calcolati in termini di abbondanza per i tre *métiers*.

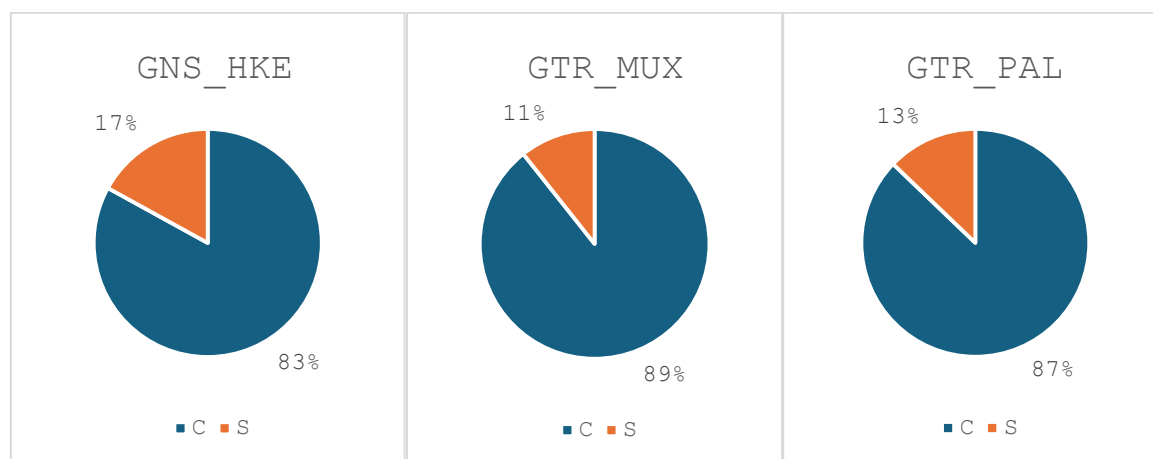


Figura 28 - Tassi percentuali di scarto calcolati in termini di biomassa per i tre *métiers*.

Sono stati inoltre calcolati i rendimenti (CPUE) dei *métiers* e rappresentati graficamente nel seguente Box Plot (figura 29). In termini di abbondanza il GTR_MUX mostra una maggiore eterogeneità di valori rispetto agli altri due *métiers*, oltre che a valori più alti. Il tramaglio da aragoste risulta essere il *métier* con la minore dispersione di dati, sebbene abbia una forte escursione oltre il terzo quartile, data probabilmente dalla presenza di *outliers*. Infine il GNS_HKE denota valori intermedi e una distribuzione dei valori omogenea rispetto alla mediana. Grazie al test non parametrico di Mann-Whitney è stato possibile riscontrare

differenze significative tra i diversi *métiers*, fatta eccezione per GNS_HKE e GTR_MUX che non presentano una differenza significativa ($p > 0,05$).

In termini di biomassa le differenze tra i *métiers* risultano essere molto contenute, suggerendo un'assenza di differenze significative tra i tre. Il test di Mann-Whitney infatti ha confermato l'assenza di una differenza significativa tra i *métiers* ($p > 0,05$).

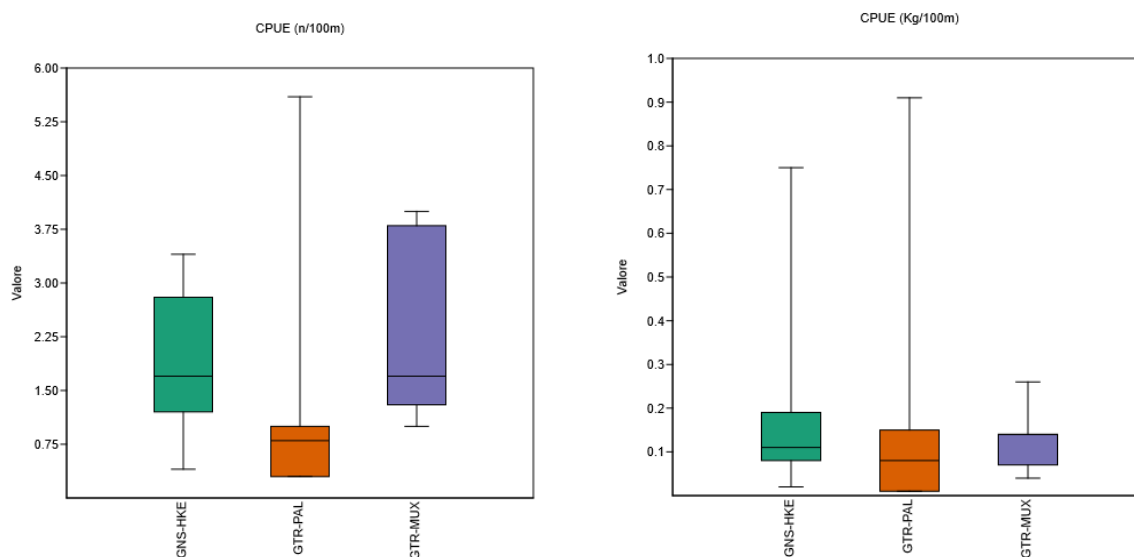


Figura 29 – Box plot dei dati di scarto, espressi in n/metri di rete e kg/metri di rete, dei *métiers* GNS_HKE, GTR_MUX e GTR_PAL; il Box indica dall'alto in basso il primo quartile, la mediana, il terzo quartile mentre i baffi indicano i valori minimo massimo del set di dati.

4.2.2 Composizione specifica dello scarto

Nel corso del periodo di campionamento sono state identificate 46 specie all'interno dello scarto, un dato che evidenzia la limitata selettività della pesca a strascico con divergenti e, allo stesso tempo, riflette la notevole ricchezza di biodiversità presente nell'area di studio. Il gruppo tassonomico maggiormente rappresentato è risultato quello degli Osteitti, con 23 specie, seguito dai Molluschi, con 7 specie, e sia dai Crostacei sia dai Condroitti, entrambi rappresentati da 6 specie. Infine, sono stati rinvenuti anche organismi appartenenti ad altri gruppi tassonomici non commerciali, principalmente associati al comparto bentonico (tabella 9).

Tabella 9 - Checklist delle diverse specie rinvenute nello scarto suddivise per taxa. In verde le specie di interesse commerciale, in rosso le specie prive di valore commerciale, in arancione le specie intermedie.

CNIDARI	<i>Holothuria tubulosa</i>	<i>Pagellus erythrinus</i>
<i>Pelagia noctiluca</i>	<i>Marthasterias glacialis</i>	<i>Pagrus pagrus</i>
<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	<i>Parastichopus regalis</i>	<i>Sarda sarda</i>
CONDROITTI	<i>Stylocidaris affinis</i>	<i>Scophthalmus rhombus</i>
<i>Scyliorhinus canicula</i>	<i>Tethyaster subinermis</i>	<i>Scorpaena notata</i>
<i>Torpedo marmorata</i>	GASTEROPODI	<i>Scorpaena porcus</i>
CROSTACEI	<i>Aporrhais sp.</i>	<i>Serranus cabrilla</i>
<i>Galappa granulata</i>	<i>Bolinus brandaris</i>	<i>Spondylisoma cantharus</i>
<i>Homarus gammarus</i>	OSTEITTI	<i>Symphodus tinca</i>
<i>Maja crispata</i>	<i>Bothus podas</i>	<i>Synodus saurus</i>
<i>Maja squinado</i>	<i>Capros aper</i>	<i>Trigla lyra</i>
<i>Neomaja goltziana</i>	<i>Diplodus annularis</i>	<i>Uranoscopus scaber</i>
<i>Pagurus bernhardus</i>	<i>Diplodus sargus sargus</i>	<i>Zeus faber</i>
<i>Palinurus elephas</i>	<i>Diplodus vulgaris</i>	TUNICATI
<i>Palinurus mauritanicus</i>	<i>Helicolenus dactylopterus</i>	<i>Microcosmus sabatieri</i>
<i>Spinolambus macrochelos</i>	<i>Lophius budegassa</i>	<i>Salpa maxima</i>
ECHINODERMI	<i>Pagellus acarne</i>	
<i>Echinaster sepositus</i>	<i>Pagellus bogaraveo</i>	

Tutte le specie catturate nella piccola pesca (n=47) sono state raggruppate in sette gruppi tassonomici: Osteitti, Condroitti, Molluschi, Crostacei, Cnidari, Tunicati ed Echinodermi. In questo modo è stato possibile calcolare la percentuale di ogni taxa, sia per l'abbondanza che per la biomassa.

Sia in termini di abbondanza (figura 30), che di biomassa, il taxon più rappresentato è quello degli Osteitti (36% di abbondanza e 37% di biomassa).

In termini di abbondanza il secondo e terzo gruppo più rappresentati sono rispettivamente i Gasteropodi (22%) e Crostacei (20%).

In termini di biomassa (figura 31) il secondo e terzo gruppo più rappresentati sono rispettivamente i Condroititi (34%) e i Crostacei (20%).

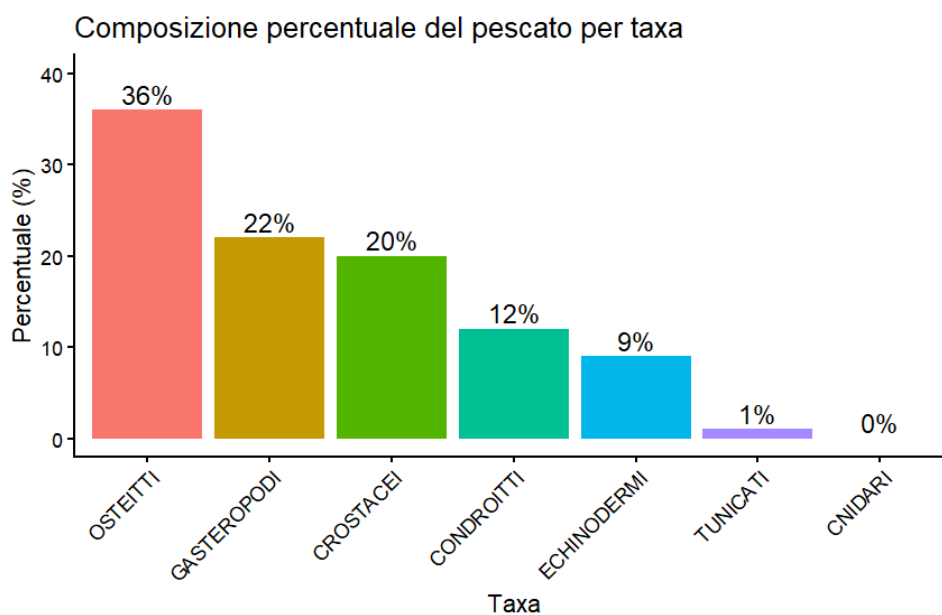


Figura 30 - Abbondanze percentuali divise per taxa.

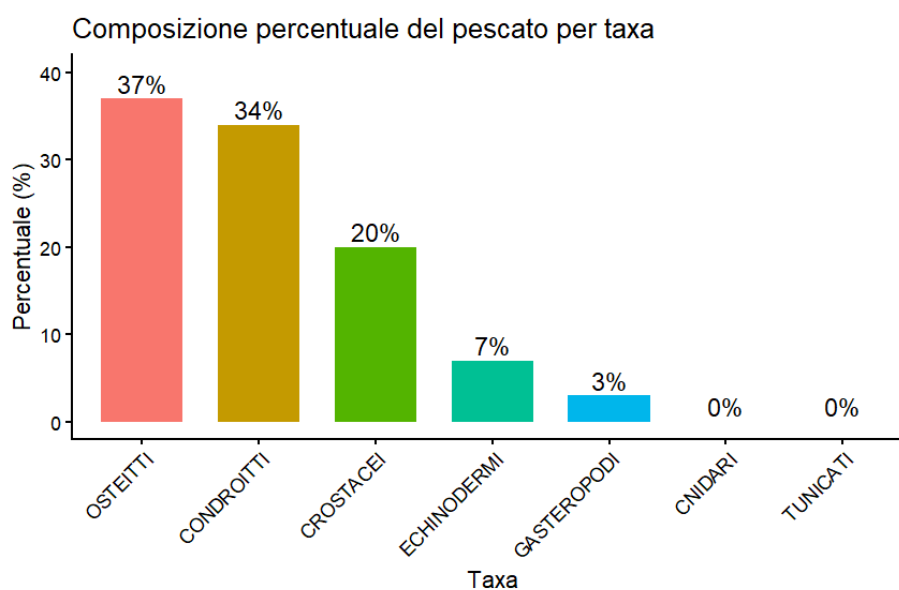


Figura 31 - Biomasse percentuali divise per taxa.

L'analisi successiva ha considerato 3 taxa principali (Osteitti, Condroititi e Invertebrati) suddivisi in base ai *métiers* (GNS_HKE, GTR_MUX e GTR_PAL) che li ha prelevati per poter confrontare i rendimenti in termini di abbondanza (n/metri di rete) e biomassa (Kg/metri di rete).

In termini di abbondanza (figura 32) gli Osteitti hanno rendimenti maggiori nella nasellara (1,2 n/100m) e nel tramaglio da triglie (1,4 n/100m), mentre nel tramaglio da aragoste il rendimento maggiore è quello degli Invertebrati (1,1 n/100m).

In termini di biomassa nella nasellara il rendimento maggiore è quello dei Condroititi (0,16 Kg/100m), nel tramaglio da triglie hanno il rendimento maggiore gli Osteitti (0,06 Kg/100m) ed infine nel tramaglio da aragoste il rendimento maggiore corrisponde al gruppo degli Invertebrati (0,07 Kg/100m).

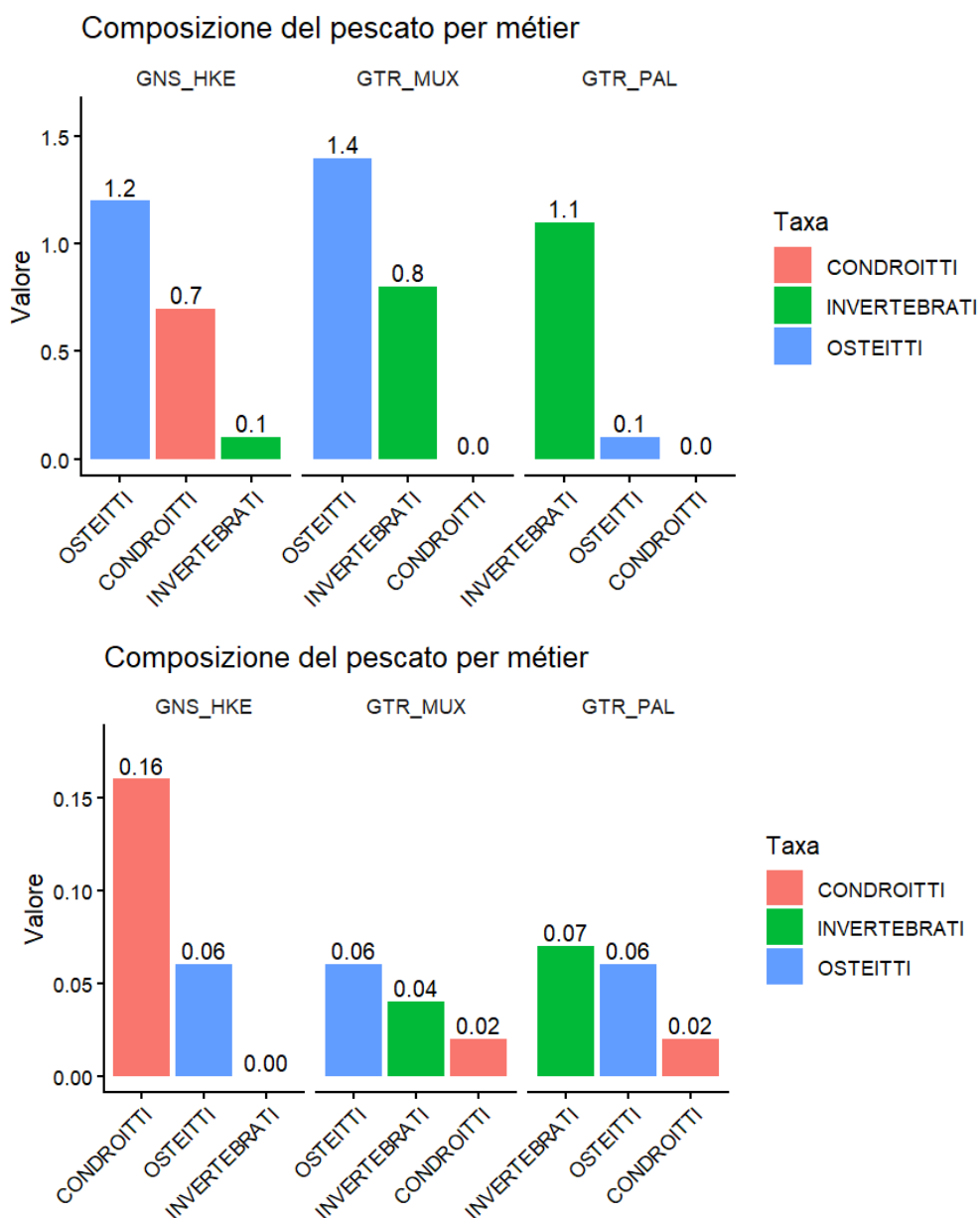


Figura 32 – Rendimenti espressi in abbondanza (n/100m di rete) e biomassa (Kg/100m di rete) dei tre métiers delle reti da posta.

4.2.3 Specie più rappresentative dello scarto da piccola pesca

Come per lo strascico, anche per la piccola pesca sono state individuate per ogni *métiers* le specie più rappresentate in termini di abbondanza e di biomassa. Le specie che presentavano una percentuale inferiore al 5% sono state raggruppate all'interno della categoria "ALTRO" (tabella 10).

Tabella 10 - Abbondanza e biomassa, espressi in valore assoluto (n e kg) e rendimento CPUE (n-kg su 100 m di rete) delle principali specie pescate con la nasellara (GNS_HKE).

GNS_HKE					
ABBONDANZA			BIOMASSA		
Specie	N	n/100m	Specie	Kg	Kg/100m
<i>Scyliorhinus canicula</i>	60	0,65	<i>Scyliorhinus canicula</i>	14447	0,16
<i>Diplodus annularis</i>	51	0,55	<i>Diplodus annularis</i>	2342	0,03
<i>Helicolenus dactylopterus</i>	17	0,18	<i>Helicolenus dactylopterus</i>	1006	0,01
<i>Pagellus acarne</i>	15	0,16	<i>Pagellus erythrinus</i>	645	0,01
<i>Pagellus erythrinus</i>	11	0,12	<i>Pagellus acarne</i>	601	0,01
ALTRO	29	0,32	<i>Synodus saurus</i>	548	0,01
			ALTRO	20835	0,23

Per la Nasellara (GNS_HKE) la specie più rappresentata in abbondanza (figura 33) è il gattuccio *Scyliorhinus canicula* con il 33% (0,65 n/100m), seguito dal sarago sparaglione *Diplodus annularis* con il 28% (0,55 n/100m), infine la terza specie più rappresentata è *Helicolenus dactylopterus* con 9% (0,18 n/100m).

Le altre specie meno presenti sono il pagello bastardo e il pagello fragolino, rispettivamente con 8% e 6%.

In termini di biomassa (figura 34) la specie più rappresentata è sempre il gattuccio *Scyliorhinus canicula* (0,16 Kg/100m), seguito dal sarago sparaglione (0,03 Kg/100m). Tutte le altre specie hanno percentuali inferiori al 2%.

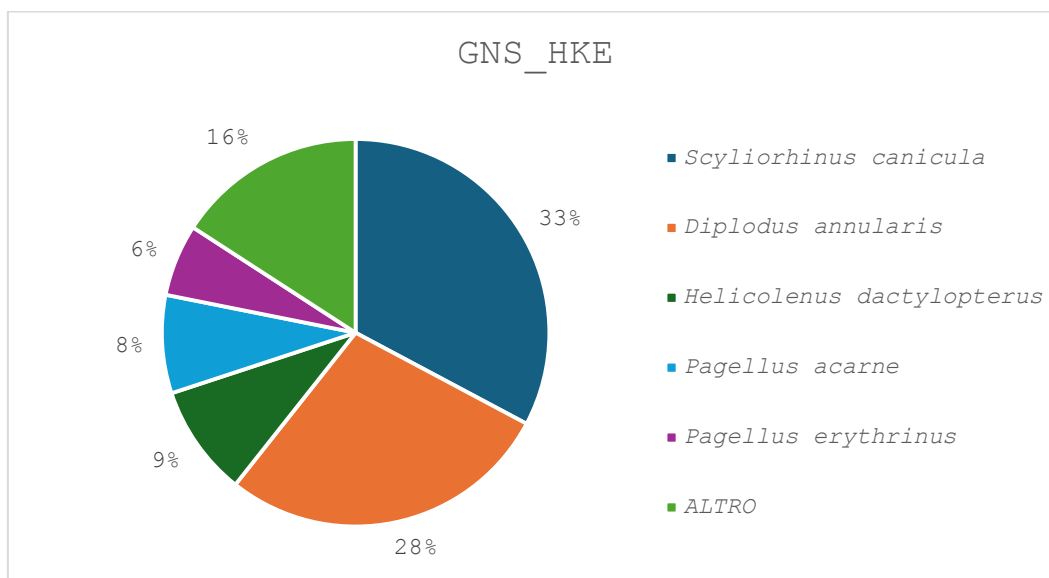


Figura 33 - Specie più rappresentate in termini di abbondanza nella Nasellara (GNS_HKE).

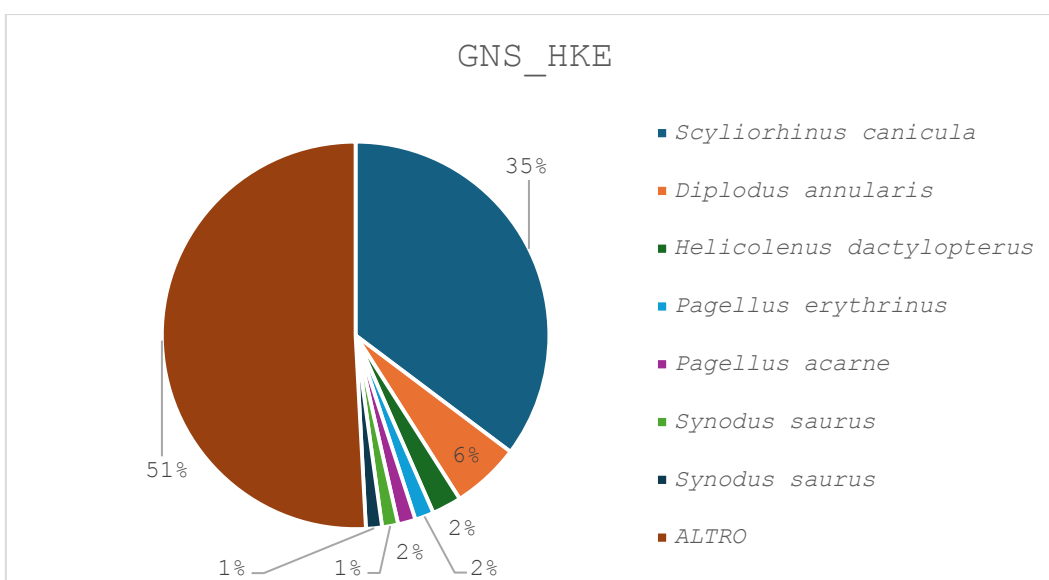


Figura 34 - Specie più rappresentate in termini di biomassa nella Nasellara (GNS_HKE).

Dopo aver analizzato la composizione dello scarto del GNS_HKE viene analizzato ora lo scarto del tramaglio da triglie (GTR_MUX), come indicato in tabella 11.

La specie più abbondante (figura 35) nello scarto del GTR_MUX è sarago sparaglione *Diplodus annularis*, con 33% (0,78 n/100m), mentre la seconda è *Bolinus brandaris* con il 19% (0,45 n/100m). Infine si trovano due Echinodermi *Parastichopus regalis* e *Echinaster sepositus*, rispettivamente con il 6% e 5%.

In termini di biomassa (figura 36) la specie più rappresentata è *Diplodus anularis* con il 10% (0,02 Kg/100m), la seconda è *Parastichopus regalis* con il 9% (0,02 Kg/100m) ed infine la terza è *Torpedo marmorata* con l'8% (0,02 Kg/100m). Si riscontrano specie meno

rappresentate al 3% e con 0,01 Kg/100m di rendimento: *Bolinus brandaris*, *Uranoscopus scaber*, *Synodus saurus* e *Holothuria tubulosa*.

Tabella 11 - Abbondanza e biomassa, espressi in valore assoluto (n e kg) e rendimento CPUE (n-kg su 100 m di rete) delle principali specie pescate con il tramaglio (GTR_MUX).

GTR_MUX					
ABBONDANZA			BIOMASSA		
Specie	N	n/100m	Specie	Kg	Kg/100m
<i>Diplodus annularis</i>	51	0,78	<i>Diplodus annularis</i>	1,55	0,024
<i>Bolinus brandaris</i>	29	0,45	<i>Parastichopus regalis</i>	1,50	0,023
<i>Parastichopus regalis</i>	10	0,15	<i>Torpedo marmorata</i>	1,20	0,018
<i>Echinaster sepositus</i>	8	0,12	<i>Bolinus brandaris</i>	0,58	0,009
ALTRO	58	0,89	<i>Uranoscopus scaber</i>	0,55	0,009
			<i>Synodus saurus</i>	0,51	0,008
			<i>Holothuria tubulosa</i>	0,40	0,006
			ALTRO	8,77	0,135

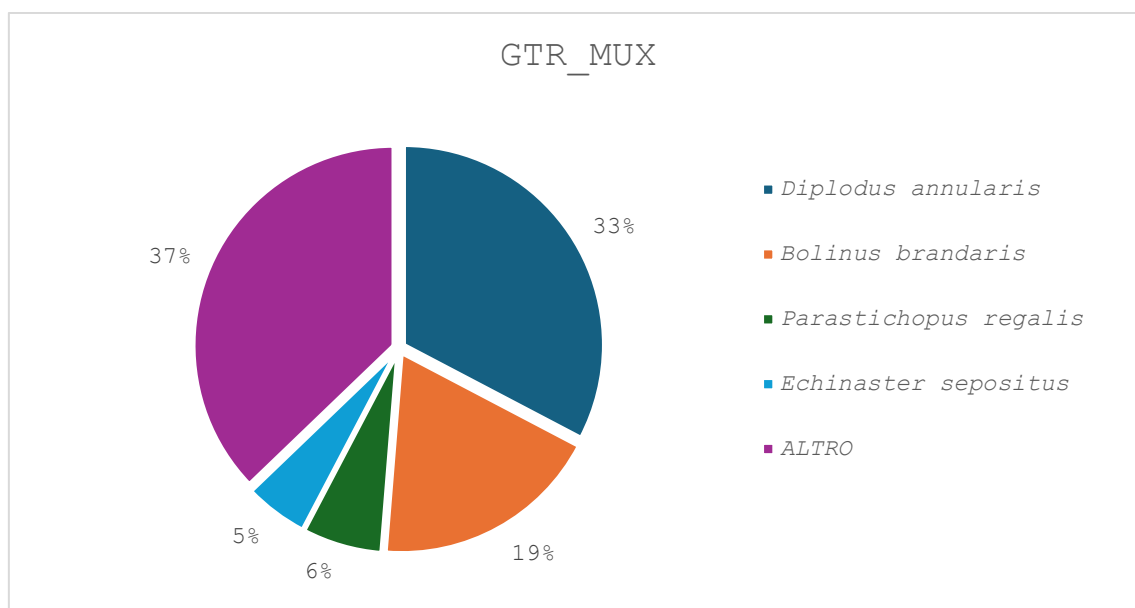


Figura 35 - Specie più rappresentate in termini di abbondanza nel Tramaglio (GTR_MUX).

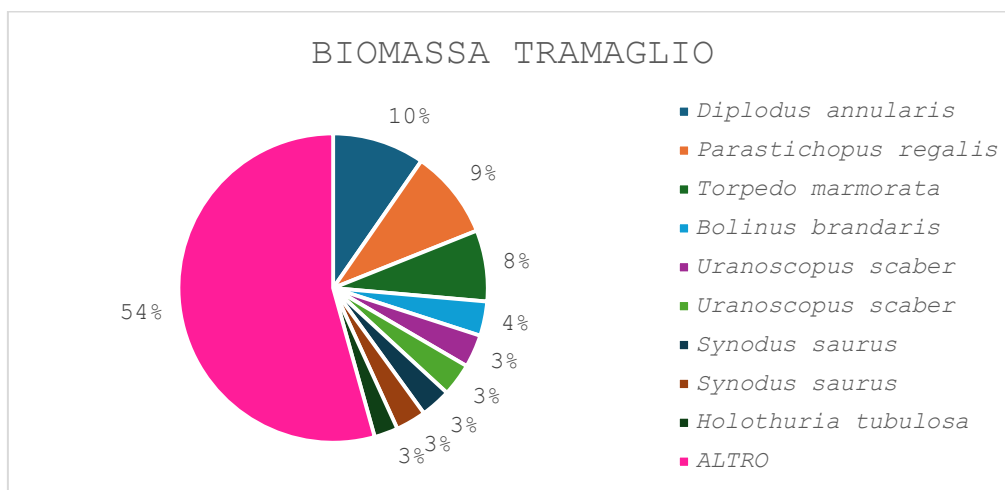


Figura 36 - Specie più rappresentate in termini di biomassa per il Tramaglio (GTR_MUX).

In termini di abbondanza (figura 37) la specie più rappresentata nel Tramaglione (GTR_PAL) è il paguro *P. bernardus* con 25% (0,33 n/100m), seguito dai molluschi gasteropodi *Aporrhais* sp. con il 18% (0,24 n/100m) e *B. brandaris* con il 17% (0,22 n/100m). In termini di biomassa (figura 38) la specie più rappresentata è *T. marmorata* con una percentuale del 8% (0,024 Kg/100m), seguita dalla rana pescatrice *L. budegassa* con il 7% (0,023 Kg/100m) e da *S. rhombus* e *P. mauritanicus* entrambi con il 5% (0,016 kg/h). I valori sono riportati nella seguente tabella (tab. 12).

Tabella 12 - Abbondanza e biomassa, espressi in valore assoluto (n e kg) e rendimento CPUE (n-kg su 100 m di rete) delle principali specie pescate con il tramaglione (GTR_PAL).

GTR_PAL					
ABBONDANZA			BIOMASSA		
Specie	N	n/100m di rete	Specie	Kg	Kg/100m di rete
<i>Pagurus bernhardus</i>	72	0,33	<i>Torpedo marmorata</i>	5,39	0,024
<i>Aporrhais</i> sp.	53	0,24	<i>Lophius budegassa</i>	5,13	0,023
<i>Bolinus brandaris</i>	49	0,22	<i>Palinurus elephas</i>	4,48	0,020
<i>Palinurus mauritanicus</i>	14	0,06	<i>Scophthalmus rhombus</i>	3,51	0,016
ALTRO	102	0,46	<i>Palinurus mauritanicus</i>	3,50	0,016
			<i>Torpedo marmorata</i>	2,65	0,012
			<i>Maja squinado</i>	2,40	0,011
			<i>Parastichopus regalis</i>	1,95	0,009
			<i>Sarda sarda</i>	1,93	0,009
			ALTRO	38,66	0,175

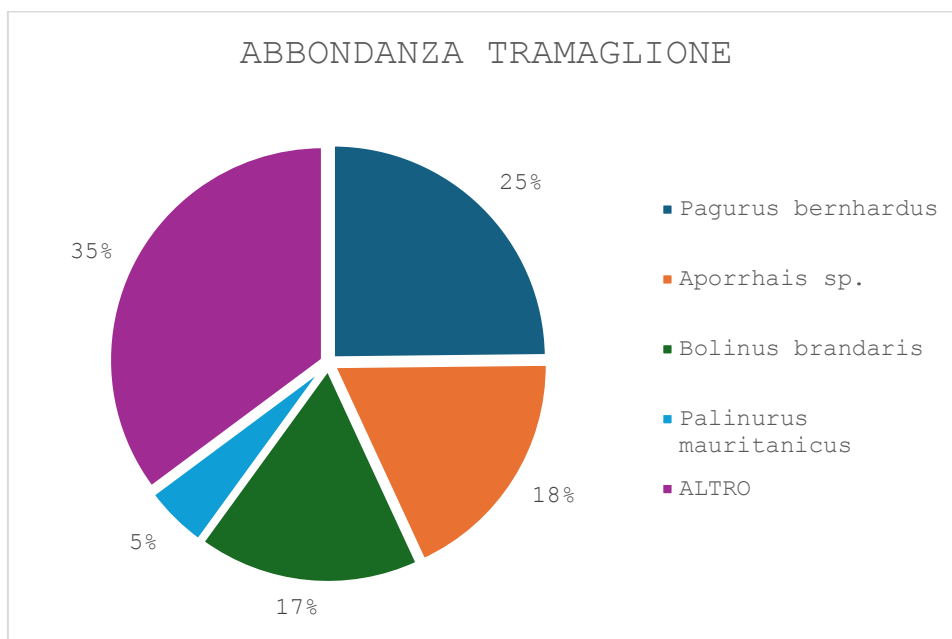


Figura 37 - Specie più rappresentate in termini di abbondanza per il Tramaglione (GTR_PAL).

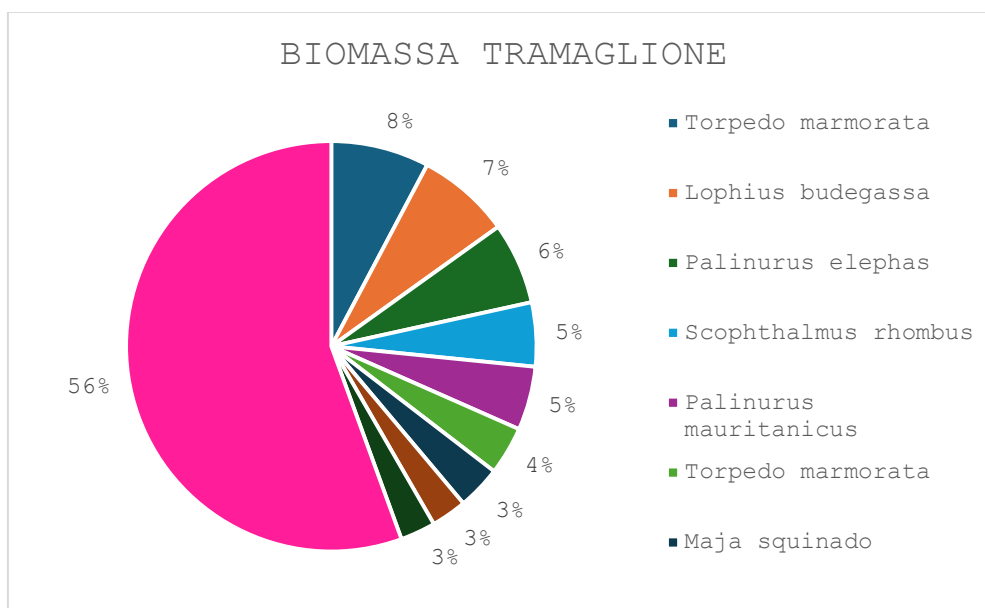


Figura 38 - Specie più rappresentate in termini di biomassa per il Tramaglione (GTR_PAL).

4.3 Analisi delle distribuzioni di taglia di nasello e triglia di fango

Nei seguenti grafici sono riportati i confronti tra diversi *metiers* dello strascico e delle reti da posta rispetto alle catture di due specie più rilevanti per la pesca e comuni nelle catture di diversi *metiers* analizzati. Si tratta del nasello (*M. merluccius*) e della triglia di fango (*M. barbatus*).

Il primo confronto è stato fatto tra le distribuzioni di taglia di *M. merluccius* pescato dallo strascico (OTB_DES) e dalla rete a imbrocco (GNS_HKE) (figura 39). Osservando la distribuzione di frequenza del DES si notano la frazione commerciale (blu) e la frazione scartata (arancione). La frazione scartata, che costituisce il circa il 34% delle catture totali effettuate da questo *metier*, comprende individui tra 4-15,5 cm, al di sotto della taglia minima di conservazione del nasello (20 cm).

Per la nasellara, al contrario del DES, non si osserva alcuna presenza di individui scartati, infatti la distribuzione è composta esclusivamente dalla frazione commerciale rappresentata da esemplari di taglia compresa tra 18,5-51 cm LT.

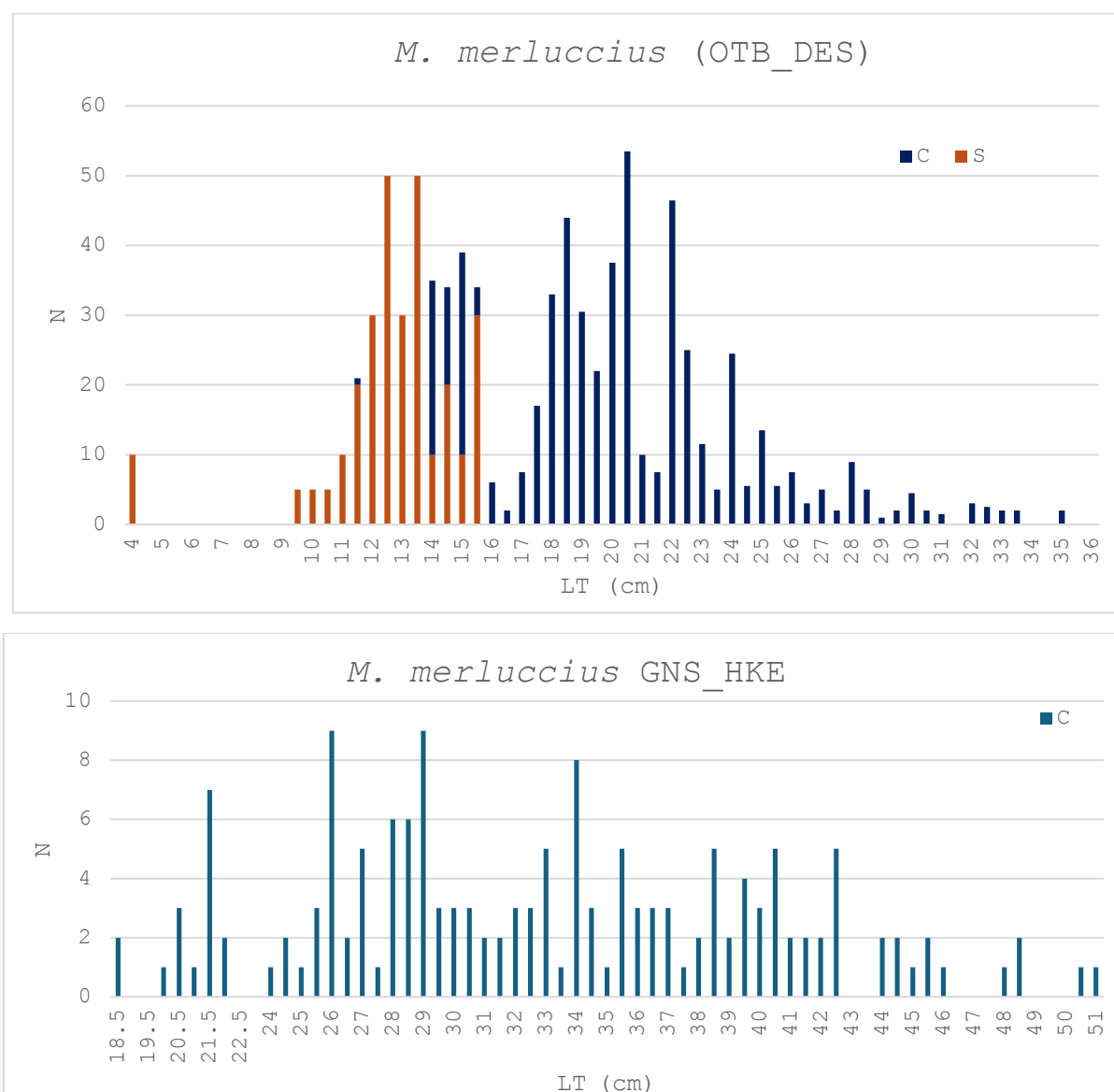


Figura 39 – Distribuzioni di frequenza di *Merluccius merluccius* per OTB_DES (sopra) e GNS_HKE (sotto).

Nel grafico in figura 40 è riportato il confronto tra le curve cumulate di *M. merluccius* catturato con lo strascico (OTB_DES, in blu) e con la rete imbrocco “nasellara” (GNS_HKE, in

arancione). La distribuzione cumulata del DES è caratterizzata da una lunghezza mediana (L_{MED}), corrispondente al 50% degli individui catturati, pari a 18 cm LT. Tale valore risulta inferiore sia alla taglia minima di conservazione (20 cm TMC) sia alle lunghezze di prima maturità (L_{50}) dei maschi (27 cm L_{50M} ; Biagi et al., 1995) e delle femmine (35,1 cm L_{50F} ; Recasens, Chiericoni and Belcari, 2008; Sbrana et al., 2007), suggerendo un'elevata incidenza delle catture sugli individui giovanili.

Per quanto riguarda la distribuzione cumulata della GNS_HKE (Fig. 40, in arancione), il valore di L_{MED} risulta invece più elevato (32 cm LT). Pur rimanendo al di sotto della L_{50F} , tale valore evidenzia come le catture di questo *metier* siano maggiormente concentrate sopra, o quasi, le soglie delle L_{50} , indicando una selettività maggiore nei confronti di individui di dimensioni maggiori e presumibilmente maturi.

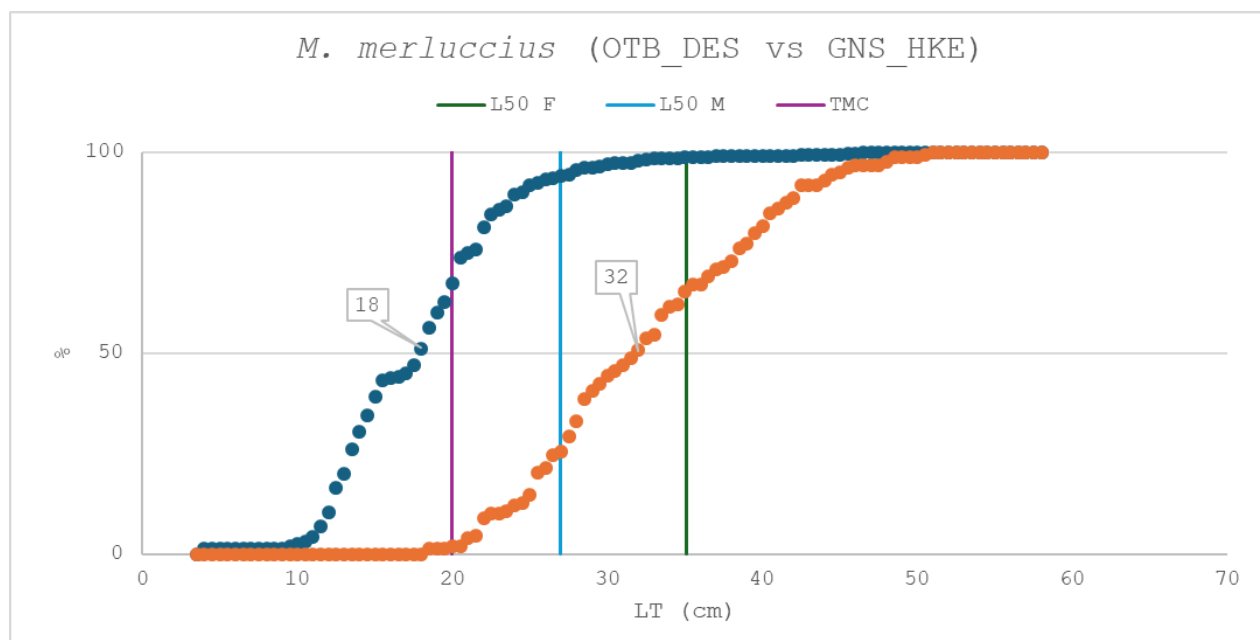


Figura 40 – Distribuzioni cumulate di *Merluccius merluccius* per OTB_DES (blu) e GNS_HKE (arancione). Taglia di prima maturità delle femmine ($L_{50 F}$ in verde), taglia di prima maturità dei maschi ($L_{50 M}$ in azzurro) e taglia minima di conservazione (TMC in viola).

Nei seguenti grafici (figura 41) sono riportate le distribuzioni di frequenza di *M. barbatus* per i *metiers* OTB_DES e il tramaglio per triglie (GTR_MUX).

La frazione scartata di OTB_DES, che costituisce il circa il 2,4% delle catture totali effettuate da questo *metier*, comprende individui tra 9,5-13,5 cm, un intervallo a cavallo della taglia minima di conservazione delle triglie (11 cm TMC).

Per il GTR_MUX, al contrario del OTB_DES, non si osserva alcuna presenza di individui scartati, infatti nel grafico è rappresentata esclusivamente la frazione commerciale di individui di lunghezza superiore ai 12 cm LT.

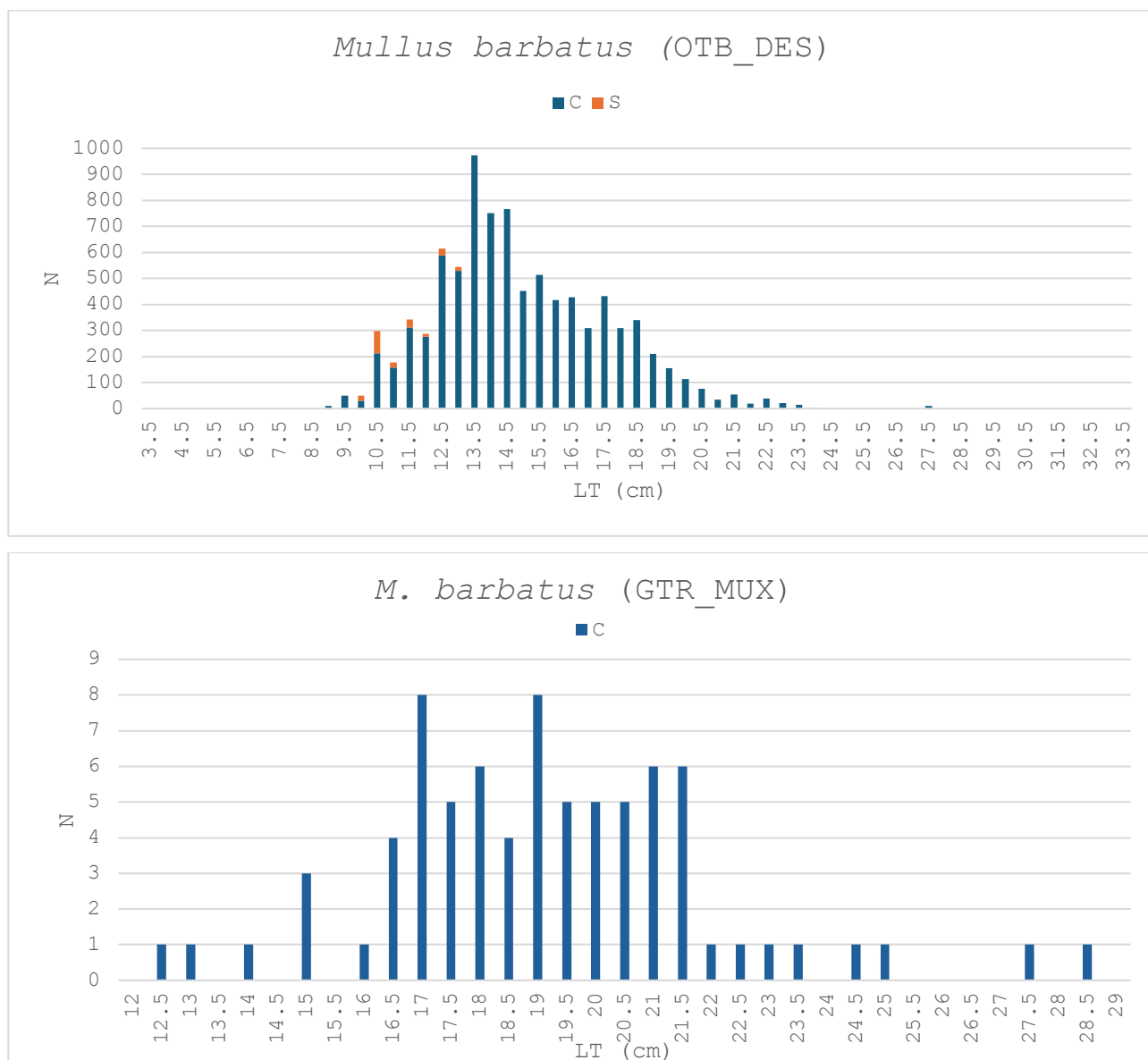


Figura 41 – Distribuzioni di frequenza di *Mullus barbatus* per OTB_DES (sopra) e GTR_MUX (sotto).

Nel seguente grafico (figura 42) si può osservare un confronto tra le curve cumulate di *Mullus sp.* tra gli attrezzi OTB_DES (blu) e del tramaglio da triglie GTR_MUX (arancione). Nel grafico si può osservare come la cumulata del DES sia spostata più a sinistra rispetto alla cumulata del GTR_MUX. La L_{50} del DES equivale a 14 cm, mentre quella del GTR_MUX è di 19 cm LT. Diversamente da quanto visto per il nasello le L_{MED} osservate risultano maggiori sia della TMC (11 cm LT) che della L_{50} delle femmine (12 cm; Criscoli et al., 2017) e dei maschi (10 cm; Criscoli et al., 2017).

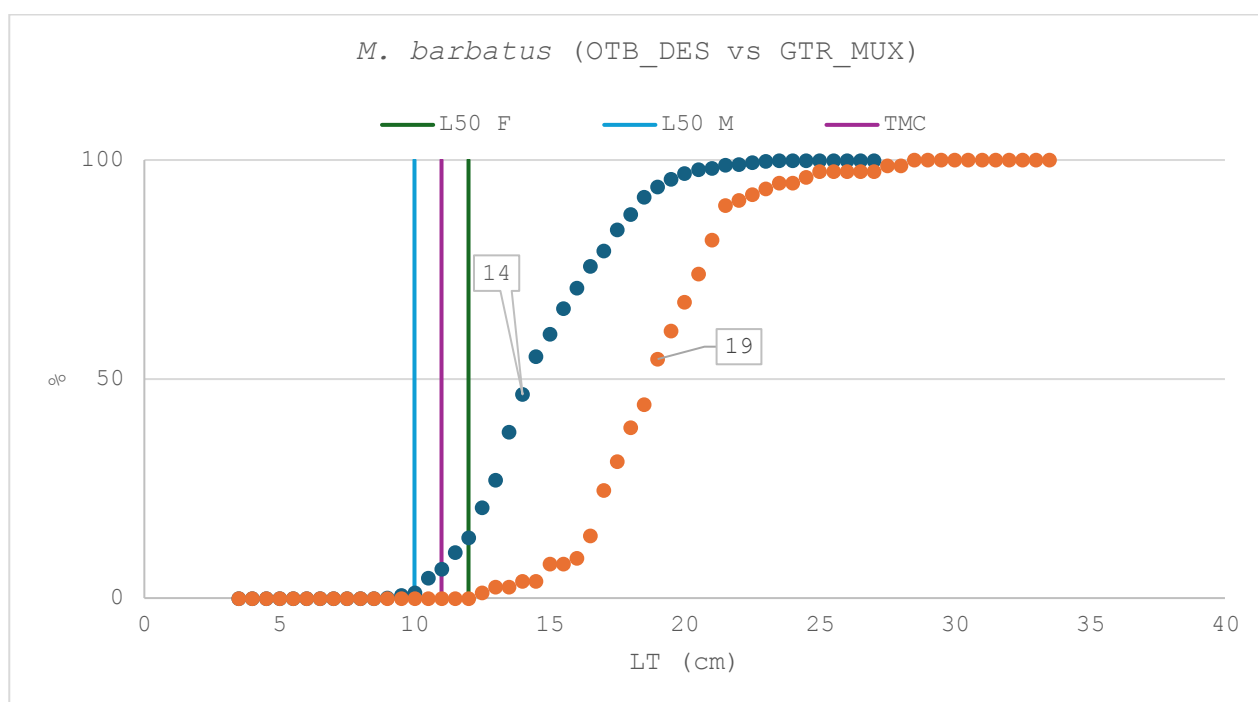


Figura 42 – Distribuzioni cumulate di *Mullus barbatus*. per OTB_DES (blu) e GTR_MUX (arancione). Taglia di prima maturità delle femmine (L₅₀ F in verde), taglia di prima maturità dei maschi (L₅₀ M in azzurro) e taglia minima di conservazione (TMC in viola).

4.4 Indici di diversità

Nel presente studio sono stati calcolati gli indici di diversità di Shannon (H) e di equitabilità di Pielou (J), al fine di valutare il grado di multispecificità dei campioni di scarto relativi ai diversi métiers e la distribuzione degli individui tra le specie pescate.

Entrambi gli indici sono stati calcolati per ogni cala effettuata nell'ambito dei 6 *métier* analizzati e sono di seguito rappresentati con dei Box Plot, al fine di analizzare le differenze tra di essi e testarne la significatività attraverso il test non parametrico di Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

L'osservazione dei Box Plot (figura 43) evidenzia come i *métiers* della pesca a strascico (DES, DWS e MIX) presentino valori più elevati rispetto a quelli della piccola pesca con differenze sia nei valori mediani sia nella dispersione. Tuttavia le differenze significative sono state riscontrate tra GNS_HKE, DES ($p=0,01$) e DWS ($p=0,001$), tra GTR_MUX e DWS ($p=0,007$) e tra GTR_PAL e i tre *métiers* dello strascico. Non emergono differenze statisticamente significative tra i *métiers* dello strascico (DES, DWS, MIX) e delle reti da posta (GNS_HKE, GTR_MUX, GTR_PAL) suggerendo una multispecificità dello strascico e una diversità minore dello scarto della piccola pesca.

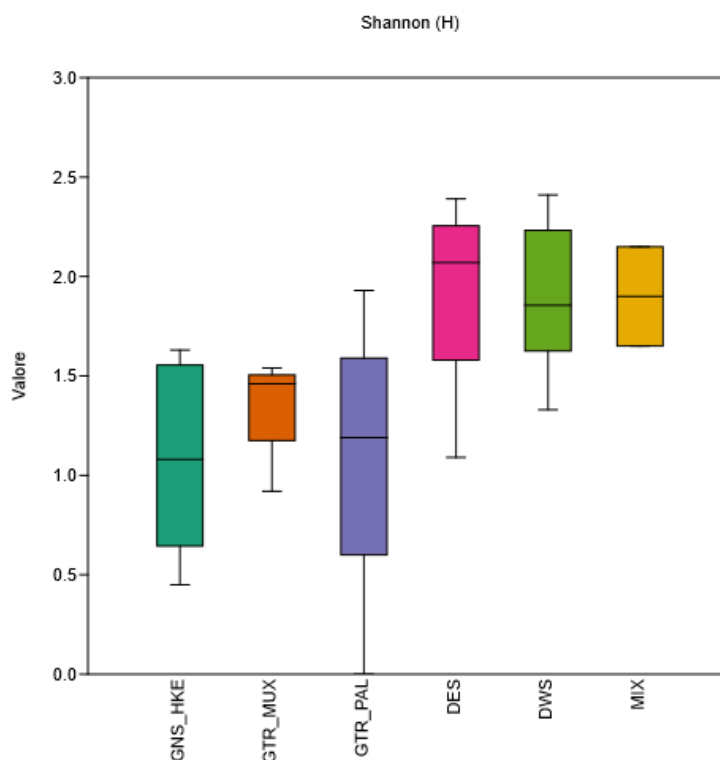


Figura 43 – Box Plot degli indici di Shannon per i diversi *métiers*.

In figura 44 si può osservare una distribuzione relativamente omogenea dei valori di Pielou tra i diversi *métiers*, con mediane comprese in un intervallo ristretto (circa 0,7–0,9). Ciò indica che, indipendentemente dal tipo di attrezzo utilizzato, gli individui tendono ad essere distribuiti in modo piuttosto uniforme tra le specie presenti. I *métiers* della piccola pesca mostrano una variabilità leggermente più elevata, in particolare GNS_HKE e GTR_PAL, che presentano un range più ampio di dispersione, suggerendo che in alcune cale possa verificarsi una maggiore dominanza di poche specie. Per quanto riguarda la pesca a strascico (DES, DWS e MIX), i valori risultano generalmente più compatti e leggermente inferiori rispetto ad alcuni *métiers* della piccola pesca, indicando una buona equipartizione tra le specie. Non sono state riscontrate differenze statisticamente significative tra i 6 metier ($p > 0,05$).

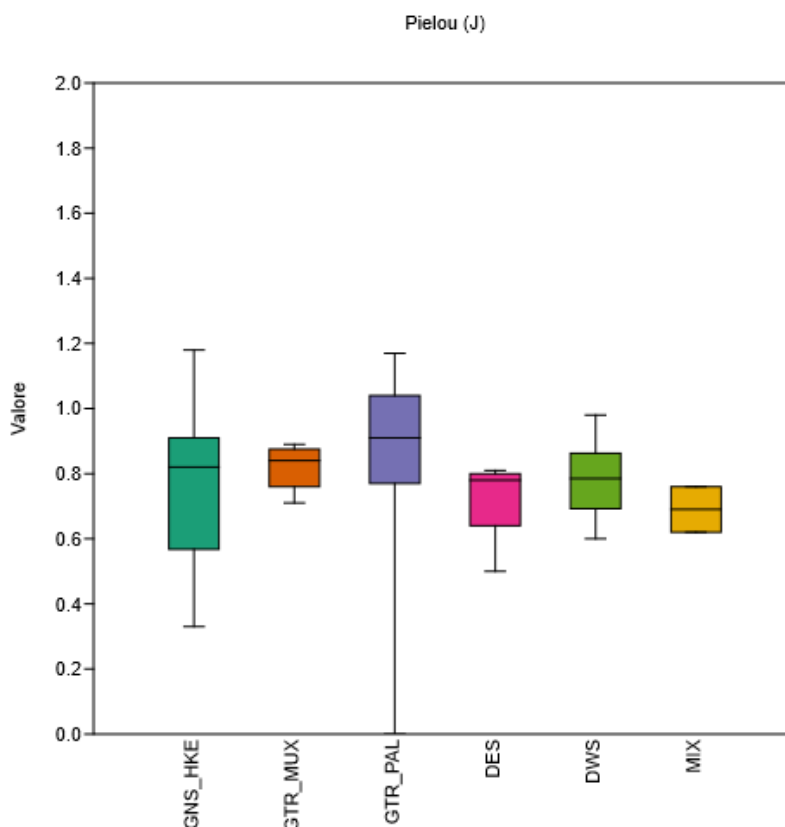


Figura 44 – Box Plot degli indici di Pielou (J) per i diversi *métiers*.

5. DISCUSSIONE

Lo scarto rappresenta una delle principali problematiche della pesca commerciale qualunque sia l'attrezzo utilizzato, l'area battuta o la specie bersaglio (Alverson et al., 1994; Hall et al., 2000; Kelleher, 2005; Tsagarakis et al., 2014). Sebbene sia una prerogativa di tutti gli attrezzi da pesca, lo scarto presenta tassi percentuali molto variabili a seconda dell'attrezzo utilizzato, da un minimo del 3% ad un massimo del 55% (Tsagarakis et al., 2014) pertanto la scelta dell'attrezzo da pesca può risultare un fattore chiave nella mitigazione degli scarti. La pesca a strascico con divergenti rappresenta una delle tecniche di pesca meno selettive in assoluto (Kelleher et al., 2005; Machias et al. 2001, Sánchez et al. 2004, Tsagarakis et al. 2008), le percentuali di scarto di questo attrezzo variano a seconda dei *métiers*, ma in generale sono stati stimati valori compresi tra 13-67% (FAO, 2004).

I risultati ottenuti nel presente studio evidenziano in modo chiaro come la produzione di scarto vari significativamente tra pesca a strascico e piccola pesca, sia in termini quantitativi che qualitativi, confermando pattern già ampiamente descritti per il Mediterraneo (Kelleher, 2005; Tsagarakis et al., 2014; Damalas et al., 2015).

Per quanto riguarda la pesca a strascico, il *métier* DES ha mostrato i valori più elevati di scarto, con un TS% pari al 25% in abbondanza e al 21% in biomassa, seguito dal MIX (23% e 17%) e dal DWS, che presenta valori sensibilmente inferiori (9% e 11%). Anche i rendimenti (CPUE) risultano significativamente più elevati nel DES rispetto al DWS, come confermato dal test di Mann-Whitney ($p < 0,05$), indicando una maggiore efficienza di cattura ma al tempo stesso una minore selettività.

Questi risultati sono pienamente coerenti con quanto riportato in letteratura, dove lo strascico è identificato come una delle tecniche meno selettive e maggiormente responsabili della produzione di scarto (Hall et al., 2000; Machias et al., 2001; Sánchez et al., 2004). In particolare, i valori maggiori di scarto riscontrati nel DES suggeriscono una forte influenza della zona di pesca vista la maggiore eterogeneità ecologica della piattaforma continentale rispetto alla scarpata.

Considerando il tasso di scarto complessivo dei *métier* della piccola pesca, il tramaglione (GTR_PAL), in termini di abbondanza, risulta avere lo scarto maggiore (55%), dovuto principalmente alla grande mole di Invertebrati (in particolare Molluschi gasteropodi)

presenti nel campione. Questo risultato è coerente con quanto riportato da Enrichetti et al. (2019), sulla cattura accidentale di Invertebrati bentonici nella pesca con il tramaglione. Il secondo métier per quantità di scarto è GTR_MUX con il 28% ed infine GNS_HKE con il 26%. In termini di biomassa il GNS_HKE risulta essere il *métier* con la maggiore percentuale di scarto (17%), seguito da GTR_PAL, con un TS% del 13% e infine da GTR_MUX con un TS% pari all'11%. Questo risultato evidenzia come la valutazione dello scarto debba necessariamente considerare sia abbondanza che biomassa, in quanto i due parametri descrivono aspetti differenti della struttura del pescato (Jennings et al., 2001).

Lo strascico ha evidenziato una composizione altamente multispecifica, con 76 specie identificate, confermando la sua natura di attrezzo non selettivo. La dominanza degli Osteitti (91,7% in abbondanza e 81,7% in biomassa), accompagnata da una componente significativa di Condroitti (fino al 16,4% in biomassa), è coerente con studi precedenti condotti nel Mediterraneo (Carbonell et al., 1998; Sartor et al., 2003; Blanco et al., 2023). Particolarmente rilevante è il ruolo dei Condroitti nel métier DWS, dove rappresentano la componente principale in biomassa. Questo risultato riflette la distribuzione batimetrica di queste specie e conferma quanto riportato da D'Onghia et al. (2003) e Sardà et al. (2004) per le comunità demersali profonde.

Anche nella piccola pesca lo scarto risulta multispecifico (46 specie), ma con una composizione differente. Gli Osteitti rappresentano circa il 36–37%, mentre una quota rilevante è costituita da invertebrati, in particolare Gasteropodi (22%) e Crostacei (20%). Nel GTR_PAL la forte presenza di Molluschi gasteropodi spiega gli elevati valori di scarto in abbondanza, evidenziando come il meccanismo di cattura e la zona di pesca del tramaglione favoriscano l'intercettazione di organismi bentonici non target (Fabi et al., 2002; Karakulak & Erk, 2008; Damalas et al. 2018).

Dall'analisi delle specie più rappresentative nello scarto dei diversi *métiers* è emerso che una componente rilevante della frazione scartata è rappresentata da specie commerciali. Tale osservazione è perfettamente coerente con quanto riportato da Tsagarakis et al. (2014) sulla presenza di specie commerciali all'interno dello scarto. Lo scarto comprende la parte della cattura totale che, per motivi legali, economici o biologici, non può essere commercializzata e di conseguenza viene scartata (Kelleher et al., 2005). A tal proposito l'analisi delle specie maggiormente rappresentate nello scarto dei diversi *métiers* evidenzia come una quota rilevante di esse venga rigettata non per vincoli normativi, bensì per motivazioni di natura economica, legate al basso valore commerciale o alla scarsa domanda

di mercato (Duarte et al., 2022; Simeone et al., 2016). Tra queste troviamo *C. aper* (26% dell'abbondanza del OTB_MIX), *B. brandaris* (19% dell'abbondanza del GTR_MUX e 17% del GTR_PAL), *L. cavillone* (9% dell'abbondanza del OTB_DES) e il *G. melastomus* (34% della biomassa del OTB_DWS).

L'analisi delle distribuzioni di taglia rappresenta uno degli aspetti più significativi del presente studio. Per il nasello *M. merluccius*, il *métier* OTB_DES mostra una lunghezza mediana (L_{MED}) pari a 18 cm, inferiore sia alla TMC (20 cm) sia alla taglia di prima maturità (L_{50} : 27 cm maschi; 35,1 cm femmine). Inoltre, circa il 34% delle catture è costituito da individui scartati compresi tra 4 e 15,5 cm.

Al contrario, la nasellara (GNS_HKE) mostra una L_{MED} pari a 32 cm e l'assenza totale di scarto, con individui compresi tra 18,5 e 51 cm. Questo evidenzia una selettività nettamente superiore rispetto allo strascico, in linea con quanto riportato da Stergiou et al. (2006) e Batista et al. (2009). Entrambe le L_{MED} calcolate sono risultate inferiori alla L_{50} delle femmine di nasello (35,1 cm). Tale condizione potrebbe intaccare la sostenibilità dello stock, in quanto implica una riduzione diretta della frazione riproduttiva della popolazione; nelle popolazioni ittiche, infatti, il potenziale riproduttivo è strettamente legato alla produzione di uova, e quindi alla componente femminile dello stock (Murua & Saborido-Rey, 2003). Per questo attrezzo, così come per le reti da posta in generale, la selettività dipende in gran parte dalla maglia delle reti, che consente una cattura preferenziale di specifiche classi di taglia (Bombace & Lucchetti 2011; Lucchetti et al., 2020).

Per la triglia di fango *M. barbatus*, le differenze di taglia risultano meno marcate: il OTB_DES presenta una L_{MED} di 14 cm, mentre il GTR_MUX raggiunge 19 cm. In entrambi i casi i valori risultano superiori alla taglia di prima maturità (10 cm per i maschi; 12 cm per le femmine) e alla TMC (11 cm), indicando, in generale, una pressione minore nei confronti dei giovanili. Nel complesso, questi risultati confermano quanto evidenziato da Froese (2004) e Vasilakopoulos et al. (2019), secondo cui la cattura di individui immaturi rappresenta una delle principali criticità per la sostenibilità delle risorse nel Mediterraneo, soprattutto per specie come il nasello.

Gli indici di diversità, utilizzati in questo caso per confrontare tutti i sei *metier* analizzati in questo studio, evidenziano chiaramente una maggiore multispecificità dello scarto nello strascico rispetto alla piccola pesca. I valori dell'indice di Shannon risultano significativamente più elevati nei *métiers* a strascico, con differenze significative con quelli

della piccola pesca ($p < 0,05$). Questo risultato è coerente con quanto riportato da Tsagarakis et al. (2014), che evidenziano come lo strascico intercetti un numero maggiore di specie. Tale risultato è in linea con quanto riportato in letteratura, dove lo strascico è frequentemente associato a elevati livelli di bycatch e a una maggiore eterogeneità specifica delle catture (Kelleher et al., 2005; Machias et al. 2001, Sánchez et al. 2004, Tsagarakis et al. 2008).

L'indice di Pielou mostra invece valori relativamente omogenei tra tutti i métiers ($0,7 < J < 0,9$) e non evidenzia differenze significative ($p > 0,05$). Questo suggerisce che, nonostante le differenze nella ricchezza specifica, la distribuzione degli individui tra le specie rimane relativamente uniforme, indicando una struttura comunitaria equilibrata.

Nel complesso, l'integrazione dei due indici evidenzia come la pesca a strascico (OTB) sia caratterizzata da una maggiore complessità specifica dello scarto rispetto alle reti da posta, verosimilmente attribuibile alla minore selettività dell'attrezzo. Tali risultati sottolineano il ruolo chiave della selettività degli attrezzi nel determinare non solo la quantità, ma anche la struttura ecologica dello scarto, con importanti implicazioni per la gestione sostenibile delle risorse e per la riduzione delle catture indesiderate.

6. CONCLUSIONI

I risultati ottenuti evidenziano chiaramente come la riduzione dello scarto rappresenti una priorità per la gestione sostenibile delle risorse marine. In particolare, la pesca a strascico emerge come il comparto più critico, sia per l'elevata produzione di scarto sia per la cattura significativa di individui giovanili.

Alla luce della Politica Comune della Pesca e dell'obbligo di sbarco, questi risultati assumono particolare rilevanza. Come evidenziato da Bellido et al. (2015, 2017), l'applicazione di tali misure nelle attività di pesca multispecifiche in Mediterraneo è complessa e richiede interventi mirati. Tra le misure più efficaci per la riduzione di questi impatti, assumono notevole importanza le regolamentazioni già presenti sulla misura delle maglie delle reti e sulle taglie minime di conservazione (Reg. UE 1967/2006 e 1241/2019). In questo contesto, il miglioramento della selettività degli attrezzi rappresenta la strategia più efficace per la riduzione delle catture indesiderate. Studi recenti dimostrano come modifiche alla dimensione e alla configurazione delle maglie, nonché l'utilizzo di dispositivi di riduzione del bycatch, possano diminuire significativamente la produzione di scarto (Levi et al., 2002; Bombace & Lucchetti, 2011, Sala & Lucchetti, 2011; Lucchetti et al., 2016; Vasilakopoulos et al., 2019; Sbrana et al., 2022).

Attualmente, sono ancora in fase di sviluppo e valutazione diverse soluzioni tecniche volte a ridurre l'incidenza del bycatch, tra cui i dispositivi di riduzione delle catture accessorie (Bycatch Reduction Devices, BRDs), che hanno mostrato risultati promettenti. Tra questi, si evidenziano la *sorting grid* e le maglie T90 per la pesca a strascico (Sbrana et al., 2022), nonché la *guarding net*, utilizzata per limitare la cattura di specie bentoniche nelle reti da posta, in particolare nei tramagli (Sartor et al., 2018).

Nel complesso, i risultati del presente studio confermano che la produzione di scarto deriva dall'interazione tra fattori tecnologici, biologici e ambientali. Le marcate differenze osservate tra la pesca a strascico e la piccola pesca evidenziano il ruolo chiave della selettività degli attrezzi, mentre l'analisi delle distribuzioni di taglia sottolinea l'importanza di ridurre la cattura di individui immaturi.

Tali risultati contribuiscono in modo significativo alla comprensione delle dinamiche di scarto nel Mar Ligure e rappresentano una base utile per lo sviluppo di strategie di gestione più sostenibili, in linea con gli obiettivi di conservazione degli ecosistemi marini.

7. BIBLIOGRAFIA

- Alverson DL, Freeberg MH, Pope JG, and Murawski SA. A global assessment of fisheries bycatch and discards. *FAO Fisheries Technical Paper*. (1994) 339:1-233.
- Astraldi M, Gasparini GP, and Sparnocchia S. The seasonal and interannual variability in the Ligurian-Provençal Basin. *J. Geophys. Res.* (1995) 100:135-154.
- Batista MI, Teixeira CM, Cabral HN, and Costa MJ. Impact of fishing gears on target and by-catch species in the Portuguese small-scale fisheries. *Fish. Res.* (2009) 95:1-10.
- Bellido JM, García-Rodríguez M, García-Jiménez T, González-Aguilar M, and Carbonell A. Could the obligation to land undersized individuals increase the black market for juveniles? *Fish. Res.* (2017) 190:125-131.
- Bellido JM, Santos MB, Pennino MG, Valeiras X, and Pierce GJ. Fishery discards and bycatch: solutions for an ecosystem approach to fisheries management? *Hydrobiologia*. (2015) 750:317-333.
- Bethoux JP, Gentili B, Raunet J, and Tailliez D. Warming trend in the western Mediterranean deep water. *Nature*. (1998) 347:660-662.
- Bethoux JP, Morin P, Madec C, and Gentili B. Phosphorus and nitrogen behaviour in the Mediterranean Sea. *Deep-Sea Res.* (1999) 39:1641-1654.
- Blanco M, et al. Composition and diversity of discards in Mediterranean trawl fisheries. *Mar. Pollut. Bull.* (2023) 188:114652.
- Bombace G, and Lucchetti A. *Pesca e gestione delle risorse marine*. Edagricole, Bologna.
- Carbonell A, Carbonell M, Demestre M, Grau AM, and Monserrat S. The bycatch of the Western Mediterranean trawl fisheries. *Fish. Res.* (1998) 36:1-12.
- Colloca F, Cardinale M, Maynou F, Giannoulaki M, Scarcella G, Jenko K, Bellido JM, and Fiorentino F. Rebuilding Mediterranean fisheries: a new paradigm for ecological sustainability. *Fish Fish.* (2013) 14:89-109.
- Colloca F, Crespi V, Cerasi S, and Coppola SR. Structure and evolution of the artisanal fishery in a southern Italian coastal area. *Fish. Res.* (2004) 69:359-369.
- Damalas D, Maravelias CD, and Katsanevakis S. Discards in Mediterranean fisheries: a systematic review. *Fish Fish.* (2015) 16:347-365.
- Damalas D, et al. Discarding practices in Mediterranean fisheries. *Sci. Mar.* (2018) 82:1-12.

- Danovaro R, et al. Deep-sea biodiversity in the Mediterranean Sea. *PLoS ONE*. (2010) 5:e11832.
- D'Onghia G, et al. Biodiversity of demersal assemblages in the Mediterranean. *Sci. Mar.* (2003) 67:65-83.
- FAO. Code of Conduct for Responsible Fisheries. FAO, Rome. (1995).
- FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture. FAO, Rome. (2005).
- FAO. Fisheries management guidelines. FAO, Rome. (2011).
- FAO. Mediterranean fisheries overview. FAO, Rome. (2018).
- Fabi G, Grati F, Puletti M, and Scarcella G. Selectivity of trammel nets in the Adriatic Sea. *Fish. Res.* (2002) 54:375-385.
- Ferretti M, et al. *Attrezzi da pesca*. Edagricole, Bologna. (1983).
- Froese R. Keep it simple: three indicators to deal with overfishing. *Fish Fish.* (2004) 5:86-91.
- Hall MA, Alverson DL, and Metzals KI. By-catch: problems and solutions. *Mar. Pollut. Bull.* (2000) 41:204-219.
- Holden MJ, and Raitt DFS. Manual of fisheries science. FAO Fisheries Technical Paper. (1974) 115:1-214.
- Jennings S, Kaiser MJ, and Reynolds JD. *Marine Fisheries Ecology*. Blackwell Science, Oxford. (2001).
- Jones R. Mesh selection factors for fish. *ICES J. Mar. Sci.* (1976) 36:99-103.
- Karakulak FS, and Erk H. Gill net and trammel net selectivity studies. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.* (2008) 8:1-10.
- Kelleher K. Discards in the world's marine fisheries. FAO Fisheries Technical Paper. (2005) 470:1-131.
- Lucchetti A, Sala A, and Virgili M. Improving selectivity in Mediterranean fisheries. *Fish. Res.* (2016) 178:1-13.
- Lucchetti A, et al. Gillnet selectivity in Mediterranean fisheries. *Fish. Res.* (2020) 223:105441.
- Lucchetti A, et al. Fishing gear selectivity and sustainability. *Fish. Res.* (2021) 236:105848.
- Lucchetti A, et al. Characteristics of Mediterranean set nets. *Sci. Mar.* (2023) 87:45-60.
- Machias A, Vassilopoulou V, Vatsos D, Bekas P, Kallianiotis A, Papaconstantinou C, and Tsimenides N. Bottom trawl discards in the Mediterranean. *Fish. Res.* (2001) 49:247-259.
- Madsen N, and Holst R. Selectivity of fishing gear. *Fish. Res.* (2002) 56:1-11.

- Massutí E, et al. Demersal fish assemblages in the Mediterranean. *Sci. Mar.* (2003) 67:53-65.
- Maynou F, et al. Small-scale fisheries in the Mediterranean. *Fish. Res.* (2011) 109:1-12.
- Mesnil B, and Shepherd JG. Definition of métiers. *ICES J. Mar. Sci.* (1990) 47:7-15.
- Papaconstantinou C, and Farrugio H. Fisheries in the Mediterranean. FAO, Rome. (2000).
- Pauly D, Christensen V, Guénette S, Pitcher TJ, Sumaila UR, Walters CJ, Watson R, and Zeller D. Towards sustainability in world fisheries. *Nature.* (2002) 418:689-695.
- Petetta A, et al. Discard patterns in Mediterranean fisheries. *Fish. Res.* (2023) 257:106512.
- Petrakis G, and Stergiou KI. Gill net selectivity. *Fish. Res.* (1995) 21:1-12.
- Pope JA, Margetts AR, Hamley JM, and Akyüz EF. Manual of methods for fish stock assessment. FAO Fisheries Technical Paper. (1975) 41:1-65.
- Rossetti I, et al. Bycatch in Mediterranean set nets. *Sci. Mar.* (2006) 70:1-10.
- Sala A, and Lucchetti A. Effect of mesh configuration on selectivity. *Fish. Res.* (2011) 110:252-258.
- Sala A, Lucchetti A, and Buglioni G. Selectivity in trawl fisheries. *Fish. Res.* (2008) 93:148-157.
- Sánchez P, Demestre M, Martín P, and Maynou F. Bycatch in Mediterranean trawl fisheries. *Fish. Res.* (2004) 67:317-340.
- Sardà F, Cartes JE, and Company JB. Deep-sea shrimp fisheries in the Mediterranean. *Sci. Mar.* (2004) 68:1-11.
- Sartor P, et al. Composition of discards in Mediterranean fisheries. *Sci. Mar.* (2003) 67:1-15.
- Sartor P, et al. Bycatch reduction devices in Mediterranean fisheries. *Fish. Res.* (2011) 108:1-9.
- Sartor P, et al. Bycatch in small-scale fisheries. *Medit. Mar. Sci.* (2018) 19:1-15.
- Sbrana M, et al. Bycatch reduction devices in Mediterranean trawl fisheries. *Fish. Res.* (2022) 245:106120.
- Stergiou KI, et al. Small-scale fisheries in the Mediterranean. *Fish. Res.* (1998) 36:1-12.
- Stergiou KI, et al. Gillnet fisheries and selectivity. *Fish. Res.* (2006) 79:1-12.
- Tsagarakis K, Machias A, Giannoulaki M, Somarakis S, and Papaconstantinou C. Discards in Mediterranean fisheries. *Fish. Res.* (2008) 90:1-12.
- Tsagarakis K, et al. Mediterranean discards review. *Fish Fish.* (2014) 15:1-20.
- Tzanatos E, Somarakis S, Tserpes G, and Koutsikopoulos C. Identifying métiers in small-scale fisheries. *Fish. Res.* (2006) 81:32-42.

Tzanatos E, et al. Small-scale fisheries impact. *Fish. Res.* (2007) 87:1-15.

Vasilakopoulos P, Maravelias CD, and Tserpes G. The alarming decline of Mediterranean fish stocks. *Curr. Biol.* (2019) 24:1643-1648.

Villasante S, et al. Economic performance of small-scale fisheries. *Mar. Policy.* (2015) 61:1-10.

Wileman DA, Ferro RST, Fonteyne R, and Millar RB. Manual of methods of measuring selectivity. *ICES Coop. Res. Rep.* (1996) 215:1-126.

8. RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare il professor Lanteri per la pazienza, la disponibilità, la puntualità e la professionalità mostrate durante lo sviluppo di questo lavoro. Un ringraziamento particolare va anche alla passione trasmessa e condivisa riguardo la materia in oggetto di questa tesi.