

G. VECCARI¹, M. FOURNIEZ², D. GIORDANO¹, A. PERDICHIZZI¹, E. ARMELI-MINICANTE¹, D. SALVATI¹, F. M. VENEZIANO^{1,3}, A. SCIPELLITI⁴, P. RINELLI¹, A. PROFETA¹

¹ Istituto per le Risorse Biologiche e Biotecnologie Marine, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), 98122 Messina, Italia

² Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agronomiques de Bordeaux Aquitaine 1 Cours du Général de Gaulle – CS 40201 - 33175 Gradignan Cedex, Francia

³ BIGEA, Università di Bologna - Piazza di Porta S. Donato 1, 4126 Bologna, Italia

⁴ CHIBIOFARAM, Università degli Studi di Messina, 98166 Messina, Italia
corresponding author: graziano.veccari@irbim.cnr.it

HOTSPOT E DINAMICA SPAZIALE DEI GIOVANILI DELLO SQUALO BOCCANERA (*GALEUS MELASTOMUS RAFINESQUE, 1810*) NEL TIRRENO CENTRO-MERIDIONALE

HOTSPOT AND SPATIAL DYNAMICS OF THE JUVENILES OF THE BLACKMOUTH CATSHARK (*GALEUS MELASTOMUS RAFINESQUE, 1810*) IN THE CENTRAL-SOUTHERN TYRRHENIAN SEA

Abstract - *Galeus melastomus* (Rafinesque, 1810) is a demersal species widely distributed in the Mediterranean Sea, with the exception of the central and northern Adriatic regions. Despite its widespread distribution, knowledge of its spatial and temporal distribution remains limited, particularly in the central and southern Tyrrhenian Sea. This study analyses the juvenile component of *G. melastomus*, estimating its abundance and distribution pattern. The consistent presence of recruits in all sampling campaigns suggests prolonged or continuous recruitment, consistent with previous observations on the species' reproduction. The Recruit Density Index shows a decreasing trend, suggesting possible recruitment challenges related to environmental factors and anthropogenic pressures, such as trawling and deep-sea longlining. The 201–500 m bathymetric layer is characterized by a high concentration of juveniles and hotspots, suggesting favourable conditions for survival and trophic resources. However, the analysis of the persistence of hotspots highlights a dynamic distribution, with few stable areas over time.

Keywords: Hotspot, *Galeus melastomus*, juvenile, bottom trawling, by-catch

Introduzione - *Galeus melastomus* Rafinesque, 1810, comunemente noto come squalo boccanera, è una specie con un'ampia distribuzione in Mar Mediterraneo, ad eccezione delle regioni centrali e settentrionali dell'Adriatico (Sbrana *et al.*, 2015). Questo elasmobranco vive prevalentemente su fondali molli in ambienti epi- e meso- batiali, mostrando una segmentazione batimetrica tra le diverse classi di età: gli individui giovanili si distribuiscono generalmente tra i 200 e i 500 metri di profondità, mentre gli adulti tra i 500 e gli 800 metri (Pinto *et al.*, 2010). Nonostante la vasta diffusione di questa specie nel Mediterraneo, esistono ancora significative lacune conoscitive riguardanti la sua distribuzione spazio-temporale, in particolare nelle acque del Mar Tirreno centro-meridionale.

L'obiettivo del presente studio è analizzare la componente giovanile delle popolazioni di questa specie, stimandone l'abbondanza e descrivendo la sua distribuzione spazio-temporale. Particolare attenzione è stata posta all'identificazione di eventuali aree di aggregazione (hotspots) e alla loro persistenza nel tempo. Gli studi sulla biologia riproduttiva della specie hanno ipotizzato una continua ciclicità riproduttiva in diverse aree del Mediterraneo, basandosi sulle osservazioni stagionali dello stadio di maturità gonadica (Tursi & D'Onghia, 1993). Questa ipotesi è stata successivamente confermata anche per l'area oggetto del presente studio (Carbonara *et al.*, 2012). Inoltre, Rey *et al.* (2005) affermano che i giovanili sono presenti durante tutto l'anno senza evidenti

andamenti stagionali dell'abbondanza e anche gli individui maturi si riscontrano costantemente, suggerendo una riproduzione continua. Sebbene gli elasmobranchi, come *Galeus melastomus*, non rappresentino un obiettivo diretto della pesca commerciale, essi costituiscono una parte significativa delle catture accessorie (by catch), in particolare della pesca a strascico di profondità e dei palangari (Coelho *et al.*, 2003). L'impatto della pesca sulle popolazioni di questa specie potrebbe influenzarne la distribuzione e l'abbondanza, rendendo ancora più rilevante lo studio dei suoi modelli di distribuzione spazio-temporali.

Materiali e metodi - I dati derivano dalle campagne di pesca a strascico sperimentale MEDITS (AA.VV., 2017) condotte tra il 2017 e il 2021 nella GSA10 (GFCM - *Geografical SubArea 10*). Sebbene il campionamento si svolga solitamente tra la tarda primavera e l'estate, negli anni 2017, 2020 e parte del 2021 i campionamenti sono stati effettuati nel periodo autunno-inverno. I punti di prelievo, coerenti annualmente, coprono cinque strati batimetrici (10–50, 51–100, 101–200, 201–500 e 501–800 m) secondo un campionamento casuale stratificato (AA.VV., 2017). Per ciascun anno e cala, su tutti gli individui di *G. melastomus* è stata misurata la lunghezza totale (LT, cm) per ottenere le distribuzioni lunghezza-frequenza (DLF). Le reclute sono state identificate tramite analisi modale delle DLF con il metodo di Bhattacharya (1967) in R (R Development Core Team, 2024.12.0+467) utilizzando *TropFishR* (Mildenberger *et al.*, 2017). In base ai risultati ottenuti, è stata definita una soglia di *cut-off*, corrispondente a una determinata lunghezza al di sotto della quale gli individui sono stati classificati come reclute. Questa metodologia ha reso possibile stimare degli Indici di Densità delle Reclute (IDR: numero di reclute per chilometro quadrato, R/km²), per ogni cala. Per ogni anno è stato calcolato un IDR totale (rapporto tra la somma delle reclute e la somma dei km² strascicati nell'intero anno) e l'intera serie storica è stata analizzata per individuare eventuali trend statisticamente significativi. La distribuzione spaziale degli IDR è stata interpolata con *Inverse Distance Weighting* (IDW), tecnica adatta a fenomeni spaziali continui con campioni limitati. Differenze negli IDR medi tra strati batimetrici sono state testate con Welch's t-test, che garantisce robustezza in presenza di varianze diseguali e dimensioni campionarie differenti. Gli hotspot annuali di densità sono stati definiti come aree con IDR cumulativo >60% del valore annuale. È stata condotta un'analisi spaziale descrittiva degli hotspot di densità nei diversi strati batimetrici, al fine di evidenziare eventuali preferenze batimetriche della specie nella fase giovanile. La persistenza degli hotspot di densità è stata valutata analizzando il loro tasso di sovrapposizione spaziale tra i 10 e gli 800 m di profondità, all'interno di una griglia regolare con celle di una risoluzione di 10 km². L'analisi spazio-temporale è stata condotta mediante software QGIS (Ver. 3.34 "Prizren").

Risultati - Per ogni anno e cala sono stati elaborati i grafici di distribuzione lunghezza-frequenza (DLF) con analisi di dispersione e individuati i valori di *cut-off*, da cui è stata calcolata la media annuale (Tab. 1).

Tab. 1. Valori medi *cut-off* per ogni anno.
Mean *cut-off* values for each year.

ANNO	2017	2018	2019	2020	2021
Valori medi di <i>cut-off</i> (mm)	240	250	270	260	230

Le reclute, così definite, sono state rilevate in 92 delle 157 cale (58,59%), per un totale

di 557 individui (16,46% dei 3.382 esemplari) catturati tra 112 e 657 m di profondità. La loro presenza è risultata costante in tutte le campagne, indipendentemente dalla stagione di campionamento. Le stime annuali degli IDR totali per l'intera area mostrano una tendenza complessivamente decrescente ($R^2=0,55$), passando da circa 85 R/km² nel 2017 a circa 42 R/km² nel 2021. Le densità variano da 9 ind./km² (2021, Golfo di Sant'Eufemia) a 499 ind./km² (2018, Golfo di Napoli). Le mappe di interpolazione hanno individuato tre aree principali di concentrazione: Golfo di Napoli (picco 499,06 ind./km² a 167 m, anno 2018), Punta Raisi (PA) (424,62 ind./km² a 404 m, anno 2018) e Termini Imerese (424,62 ind./km² a 565 m e 434,77 ind./km² a 39 m) (Fig. 1). Il test t di Welch ha mostrato IDR significativamente più alti nello strato 201–500 m rispetto agli strati superficiali e profondi ($p < 0,001$), indicandolo come il più favorevole alle reclute; differenze sono emerse anche tra 51–100 m e 501–800 m ($p = 0,007$), mentre gli strati superficiali risultano simili e abbastanza uniformi. Il boxplot (Fig. 2) conferma la maggiore mediana e variabilità nello strato 201–500 m.

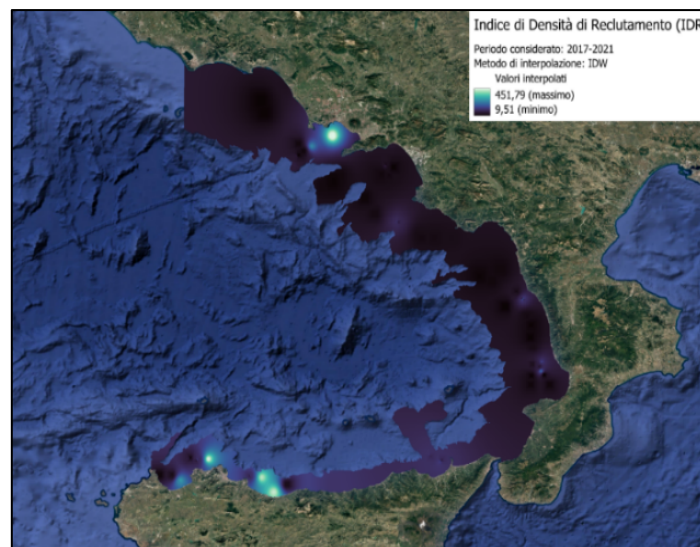


Fig. 1 - Mappa di interpolazione dell'IDR di *Galeus melastomus* per il periodo 2017–2021.
Interpolation map of the IDR for Galeus melastomus over the period 2017–2021.

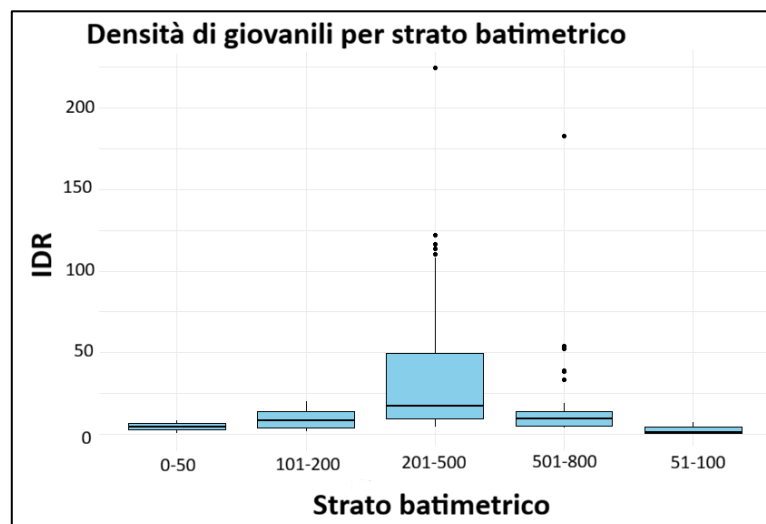


Fig. 2 - Distribuzione dell'IDR per strato batimetrico, con valori mediani e variabilità nei boxplot.
Distribution of the IDR by bathymetric stratum, with median values and variability in the boxplots.

La mappa degli hotspot annuali (IDR cumulativi >60%) individua le aree a maggiore concentrazione di reclute. La fascia 200–500 m è la più rilevante, con il maggior numero di hotspot, mentre negli altri strati se ne osservano solo uno o due. L'analisi di persistenza indica però una bassa stabilità temporale: alcune celle di 10 km² sono hotspot in due anni su cinque, altre in un solo anno.

Conclusioni - I risultati mostrano che i giovanili di *Galeus melastomus* costituiscono circa il 18% dei campioni e sono distribuiti tra 112 e 657 m di profondità, indicando un'ampia adattabilità ecologica. La loro presenza in tutte le campagne, indipendentemente dalla stagione, suggerisce un reclutamento prolungato o continuo. La variabilità stagionale dei campionamenti, anziché rappresentare un limite, ha infatti permesso di cogliere questa persistenza, che potrebbe riflettere una strategia adattativa della specie in risposta a condizioni ambientali variabili o un'estesa finestra riproduttiva. L'analisi spaziale dell'IDR ha individuato tre aree principali di concentrazione di reclute, tra cui Termini Imerese, caratterizzata da un'elevata eterogeneità batimetrica. I picchi osservati in alcuni anni potrebbero riflettere condizioni ambientali favorevoli, non ancora completamente identificate, capaci di aumentare localmente la riproduzione o la sopravvivenza dei primi stadi vitali. I valori elevati registrati in alcune cale a profondità inferiori ai 200 m suggeriscono inoltre un possibile ruolo degli ambienti costieri superficiali come aree di reclutamento. L'analisi statistica indica che lo strato 201–500 m è il più favorevole alla presenza delle reclute, con IDR più elevati e più hotspot rispetto agli altri intervalli, probabilmente grazie a condizioni ambientali più stabili, maggiore disponibilità trofica e maggiore complessità dell'habitat.

Tuttavia, la mappa di persistenza mostra una marcata variabilità interannuale nella distribuzione degli hotspot, indicando che queste aree sono dinamiche piuttosto che stabili. La loro limitata persistenza può riflettere sia la plasticità ecologica dei giovanili, capaci di sfruttare diverse aree di fondo, sia la limitata estensione temporale e quantità dei dati disponibili. I risultati evidenziano l'importanza di strategie di gestione che considerino non solo le aree geografiche chiave ma anche la variabile batimetrica. Monitoraggi continui e stagionali, integrati con dati ambientali e di impatto antropico, sono quindi fondamentali per comprendere le dinamiche dei giovanili, individuare le cause del loro declino e supportare interventi di conservazione più mirati.

Bibliografia

- AA.VV. (2017) - MEDITS-Handbook. Version n. 9. <http://www.sibm.it/MEDITS>.
- BHATTACHARYA, C. G. (1967) - A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, 115-135.
- CARBONARA P., CASCIARO L., BITETTO I, ZUPA W., GAUDIO P., FACCHINI M.T., SPEDICATO M.T. (2012) - Reproductive cycle and length at first maturity of *Galeus melastomus* in the central Mediterranean Sea. In: *Proceedings of the 16th European Elasmobranch Association Scientific Conference, Milan, Italy, 22 November 2012*.
- COELHO R., BENTES L., GONCALVES J., LINO P.G., RIBEIRO J., ERZINI K. (2003) - Reduction of Elasmobranch By-Catch in the Hake Semipelagic Near-Bottom Longline Fishery in the Algarve (Southern Portugal). *Fish Sci*, **69**: 293-299.
- MILDENBERGER T.K., TAYLOR M.H., WOLFF M. (2017) - TropFishR: an R package for fisheries analysis with length-frequency data. *Methods Ecol. Evol.*, **8** (11): 1520–1527.
- PINTO C., MANNINI A., RELINI G. (2010) - Remarks on *Galeus melastomus* in the northern Ligurian Sea. *Biol. Mar. Mediterr.*, **17** (1): 224-227.
- REJ J.C., GIL DE SOLA L., MASSUTI E. (2005) - Distribution and biology of the blackmouth catshark *Galeus melastomus* in the Alboran Sea (Southwestern Mediterranean). *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, **35**: 215-223
- SBRANA M., COLLOCA F., LIGAS A., MANNINI A., MASTRANTONIO G., SARTOR P., SERENA F. (2015) - Abundance of Blackmouth Catshark, *Galeus Melastomus*, in the FAO-GFCM GSA 9 (Ligurian and Northern-Central Tyrrhenian Sea) and identification of nursery grounds. *Biol. Mar. Mediterr.*, **22** (1), 182
- TURSI A. R., D'ONGHIA G. (1993) - Observations on population biology of catshark *Galeus melastomus* (Chondrichthyes, Scyliorhinidae) in the Ionian Sea. *Cybiurn*, **17** (3): 187-196.