

G. BAVESTRELLO<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Università degli Studi di Genova (DISTAV), C.so Europa, 26 – Genova – IT

<sup>2</sup>Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare (CONISMA), Piazzale Flaminio 9, 00196 Roma - IT

<sup>3</sup>National Biodiversity Future Centre (NBFC), Piazza Marina 61, 90133 Palermo- IT  
giorgio.bavestrello@unige.it

## **RISCALDAMENTO GLOBALE E IMPATTI ANTROPICI: EFFETTI SULLA BIODIVERSITÀ MARINA BENTONICA**

### **GLOBAL WARMING AND ANTHROPOGENIC IMPACTS: EFFECTS ON BENTHIC MARINE BIODIVERSITY**

**Abstract** - *In recent decades, the progressive increase in surface water temperatures has led to significant changes in Mediterranean biodiversity, characterised by species replacements—sometimes accompanied by mass mortalities—along with modifications in their bathymetric and seasonal distributions, as well as in their reproductive strategies. Despite the large amount of data available, these effects are certainly underestimated for those groups of organisms that are difficult to identify taxonomically and for which a general lack of baseline information exists. In addition to ocean warming, numerous anthropogenic impacts, mainly related to habitat loss and overfishing, negatively affect marine biodiversity. A particularly significant impact, whose full extent is still difficult to assess today, concerns the harvesting of red coral with towed gear. Practised for centuries, this activity has affected every stretch of rocky coastline in the Western Mediterranean Sea, between depths of 40 meters and more than 100 meters.*

**Keywords:** *marine heat waves, fishing impact, marine litter, mass mortalities, marine benthos*

**Introduzione** - Negli ultimi decenni gli ecosistemi marini mediterranei hanno dimostrato impressionanti cambiamenti nella biodiversità con introduzione di specie alloctone, mortalità massive di specie autoctone, modificazioni della loro distribuzione batimetrica e stagionale e delle strategie riproduttive. Purtroppo, la reale entità di questi cambiamenti con le possibili conseguenze sull'intero ecosistema è difficilmente valutabile a causa della mancanza di una baseline e di serie storiche affidabili. D'altra parte, nei rari casi in cui questi dati sono disponibili, i risultati danno indicazioni piuttosto chiare. Per esempio, lo studio delle comunità di Punta Mesco, iniziato da Tortonese negli anni '50 e continuato fino ad oggi, ha dimostrato come, almeno per il Mar Ligure, i cambiamenti principali si siano verificati durante gli anni '90 del secolo scorso. In particolare, per le comunità coralligene, le modificazioni sono state probabilmente indotte da una combinazione di riscaldamento delle acque e pressioni antropiche locali, queste ultime risultanti prevalentemente in un aumento della torbidità dell'acqua. A loro volta, gli stress cumulativi possono aver favorito l'insediamento di specie aliene (Gatti *et al.*, 2015).

**Riscaldamento delle acque** – I dati disponibili dimostrano che, all'interno di un generale trend di riscaldamento iniziato dalla fine dell'ultima glaciazione, le acque del Mar Ligure hanno subito un periodo di raffreddamento dal 1948 fino ai primi anni '80; da quel momento la temperatura è andata progressivamente aumentando fino ad oggi. I primi segnali degli effetti del riscaldamento si sono manifestati tra il finire degli anni '80 e gli inizi degli anni '90 con mortalità localizzate di gorgonie come *Eunicella cavolini* (Koch, 1887) e *Paramuricea clavata* (Risso, 1827) (Bavestrello *et al.*, 1994). Nello stesso periodo anche diverse specie di poriferi, principalmente del genere *Spongia*, hanno mostrato fenomeni di mortalità diffusa per i quali è stato ipotizzato il coinvolgimento di batteri spongolitici (Gaino e Pronzato, 1989). Le morie degli organismi bentonici hanno avuto un momento particolarmente drammatico nel 1999

quando il Mar Ligure e il Golfo del Leone sono stati interessati da una moria estremamente diffusa che ha coinvolto gorgonie, poriferi e altri taxa fino ad oltre 30 m di profondità. In questo caso i dati oceanografici hanno permesso di evidenziare con certezza il rapporto tra la moria e un'onda d'acqua più calda (MHW) che, durante pochi giorni, ha lambito le coste del Mar Ligure. Imponenti fenomeni di moria si sono ripetuti numerose volte lasciando un segno indelebile nella struttura delle comunità mediterranee (Cerrano *et al.*, 2000).

Contemporaneamente il Mediterraneo è stato teatro dell'espansione verso nord di specie meridionali e dell'ingresso e della successiva diffusione di specie tropicali alloctone, portando a fenomeni detti meridionalizzazione e tropicalizzazione delle comunità mediterranee (Zenetos *et al.*, 2010).

Questi imponenti fenomeni sono ben documentati perché coinvolgono specie cospicue, facilmente osservabili anche da subacquei sportivi o dai gestori delle aree marine protette. Ciononostante, la biodiversità è composta prevalentemente da specie macrobentoniche, appartenenti a gruppi il cui riconoscimento necessita di tassonomi specializzati (Boero *et al.*, 2003). I cambiamenti che coinvolgono queste specie e il loro ruolo negli ecosistemi sono praticamente sconosciuti e, d'altra parte, necessari per ottenere un quadro comprensivo delle modificazioni in atto. Uno dei rarissimi esempi a questo riguardo è stato ottenuto dal confronto pluridecennale della biodiversità di poriferi e degli idrozoi presenti lungo un transetto da 0 a 25 m di profondità lungo le falesie rocciose del Promontorio di Portofino a partire dalla metà degli anni '80. In un periodo di circa 40 anni il numero di specie di idrozoi si è praticamente dimezzato e la comunità oggi risulta composta da specie euriecie che vivono dalla superficie al fondo lungo gran parte del ciclo annuale. Anche il numero di specie di poriferi si è notevolmente ridotto nelle parti più superficiali del transetto, mentre nella porzione più profonda è rimasto sostanzialmente uguale. Questi dati, pur con le differenze eco-fisiologiche dei due gruppi, sono facilmente correlabili con l'aumento di temperatura delle acque (Moglia *et al.*, 2025; Bandi *et al.*, 2025).

Impoverimenti nella biodiversità e nella struttura delle comunità non si sono verificati solo in zone sostanzialmente prive di impatti antropici, ma anche nelle acque inquinate delle aree portuali. Nel porto di Genova la biodiversità è stata studiata durante pionieristici studi condotti negli anni '60 utilizzando pannelli sospesi a diverse profondità. Recentemente lo stesso metodo è stato riutilizzato nella stessa stazione mostrando una netta riduzione della biodiversità e anche dell'abbondanza delle specie principali (Abate *et al.*, 2025).

Mentre a diversi livelli il riscaldamento delle acque mostra chiari segnali di impoverimento della biodiversità marina, ci sono alcune specie che sembrano mostrare un trend contrario. Il caso più emblematico riguarda il gorgonocefalo *Astrospartus mediterraneus* (Risso, 1826), che da specie rara e relativamente profonda, è diventata nettamente superficiale e così abbondante da rappresentare un problema per la pesca. Sembra che l'aumento di questo iconico sospensivoro sia legato a un corrispondente aumento dei solidi sospesi (Canessa *et al.*, 2023).

**Impatti antropici** – In un'intervista il noto biologo marino Enric Ballesteros ha dichiarato che i problemi del Mediterraneo non sono principalmente legati all'inquinamento chimico, che può avere importanza solo a livello locale, ma piuttosto alla riduzione degli habitat e alla sovrappesca che influenzano negativamente la biodiversità marina (Blanfuné *et al.*, 2017).

Solo da alcuni anni ci si è resi conto che i rifiuti di varia natura rappresentano una presenza estremamente diffusa in tutti gli ambienti studiati, con una riduzione progressiva allontanandosi dalla costa (Enrichetti *et al.*, 2020). Soprattutto le reti perse su fondali coralligeni ricoprono ampie porzioni di fondale, trattengono il sedimento

soffocando gli organismi bentonici e, in particolare, le foreste di antozoi arborescenti (Enrichetti *et al.*, 2019).

Anche i palamiti persi svolgono un ruolo particolarmente negativo sulle foreste di gorgonie. Una lenza abbandonata coinvolge decine di gorgonie e, mossa dalle correnti, sfrega sul cenenchima delle colonie, distruggendone ampie porzioni. Non più protetti dalle sostanze chimiche prodotte dal cenenchima, gli scheletri proteici delle gorgonie diventano substrato per un'abbondante comunità epibionte, che a sua volta aumenta l'attrito delle gorgonie verso i movimenti dell'acqua, determinando lo spezzarsi della gorgonia (Bavestrello *et al.*, 1997). Per valutare questi danni bisogna tenere presente l'estrema durabilità del nylon in ambiente marino che può continuare a occupare il substrato per tempi pluridecennali (Enrichetti *et al.*, 2021).

È generalmente accettato che la piccola pesca costiera attuata con attrezzi da posta sia da considerarsi sostenibile. D'altra parte, già Salvatore Lo Bianco, il famoso preparatore della Stazione Zoologica di Napoli, sosteneva che l'attrezzo più efficiente per la raccolta di invertebrati bentonici è il tramaglio. Questa osservazione è stata verificata in un sito coralligeno profondo sfruttato da pescatori artigianali nel Mar Ligure occidentale, valutando la sostenibilità delle pratiche di pesca artigianale, in particolare del tramaglio per aragoste. Sulla base dell'analisi delle catture, questo attrezzo raccoglie 9 e 12 volte più scarti non commerciali, rispettivamente in termini di diversità delle specie e di numero di organismi, rispetto alle catture commercializzabili, e una quantità comparabile in termini di peso, suggerendo un'elevata perdita a tre livelli (diversità, abbondanza e biomassa). Inoltre, il tramaglio raccoglie anche una grande quantità di substrato coralligeno con un'evidente modifica dell'integrità del fondale marino, uno dei descrittori più rilevanti del Quadro strategico dell'UE per l'ambiente marino (Enrichetti *et al.*, 2019).

Non solo la pesca costiera è particolarmente impattante sulle comunità bentoniche. La pesca a strascico può, in alcuni casi, essere particolarmente devastante. In Mar Ligure uno dei principali target della pesca professionale sono i gamberi rossi e viola. Da molti decenni, durante la stagione di pesca, le stesse cale sono ripetute quotidianamente da diverse barche. Al di là dell'influenza sulle specie target, questo tipo di attività è particolarmente negativo per gli organismi bentonici. Quando nei primi decenni del '900 Raffaele Issel descrisse le comunità a *Isidella elongata* (Esper, 1788), gamberi rossi e potassoli, le praterie di questa gorgonia erano particolarmente abbondanti. Oggi rimangono solo alcune piccole foreste vestigiali su fondali accidentati inadatti per la pesca. Una situazione simile si osserva per i reef a coralli bianchi. È vero che le barche tendono a evitare queste comunità perché in grado di danneggiare le reti, però, lavorando lungo i bordi, da un lato distruggono progressivamente le colonie esterne al banco e, d'altra parte, sollevano ingenti quantità di sedimento che ricoprono i coralli (Bo *et al.*, 2023).

Anche la pesca ricreativa attuata in zone del largo risulta spesso estremamente impattante sulla biodiversità. Un buon esempio riguarda l'utilizzo dei palamiti da fondo sulle sommità delle montagne sottomarine. Nei primi anni '70 un gruppo di pescatori dilettanti scoprì con l'ecoscandaglio il monte Ulisse a 30 miglia circa al largo del porto di Genova. La prima pescata, su un fondale di circa 400 metri, fu straordinaria: con un palamito di 70 ami vennero pescati 20 cernie di fondo per un totale di 450 kg, 3 pesci vacca (260 kg) e 70 kg di gronchi. Entro i due anni successivi furono complessivamente pescate 120 cernie prima della loro completa scomparsa nel 1975. Probabilmente le sommità dei monti sottomarini sono oasi di biodiversità che richiedono tempi molto lunghi per popolarsi. La pesca risulta inizialmente estremamente abbondante, ma porta rapidamente alla completa distruzione delle comunità di predatori apicali. È probabile che per la ricostituzione di questa comunità siano necessari tempi estremamente lunghi. Attualmente la pesca del corallo rosso è effettuata esclusivamente tramite subacquei

ed è sottoposta a regolamenti molto stringenti sia per quel che riguarda le profondità del prelievo, le taglie minime delle colonie e i quantitativi complessivi. Tuttavia, per molti secoli la specie è stata raccolta tramite attrezzi a strascico di vario tipo. In pratica, lungo le coste italiane, tutti fondi duri entro 100-120 m di profondità sono stati continuamente sfruttati tramite l'ingegno (Cattaneo-Vietti *et al.*, 2016). È molto interessante che, almeno dal XVIII secolo, i pescatori locali si rendessero conto del danno operato dalle coralline. Ad esempio, una legge della Repubblica di Genova, datata 1757, proibiva un tipo di draga, nota come "bronzino", ritenuta troppo dannosa per i fondali marini. Inoltre, un documento del 1770, redatto dai cittadini di Portofino e indirizzato al Capitano della Capitaneria di Rapallo, denunciava che quattro imbarcazioni catalane stavano pescando corallo lungo la costa portofinese tramite attrezzi a traino, distruggendo i fondali e arrecando conseguentemente un danno economico alla popolazione locale costituita prevalentemente da pescatori (Bavestrello *et al.*, 2015). Oggi le popolazioni di corallo del Mar Ligure sono soggette all'impatto involontario delle immersioni subacquee ricreative che, per esempio nell'AMP di Portofino, ammontano a più di 30000 all'anno. L'impatto è stato valutato attraverso l'analisi delle biomasse di organismi target, in particolare *Corallium rubrum* (L., 1758), i cui frammenti sono stati rinvenuti nei sedimenti alla base delle scogliere. Le quantità di questi frammenti all'interno del detrito nei siti ad alta frequentazione risultavano dieci volte superiori rispetto a quelle misurate nei siti indisturbati (Betti *et al.*, 2019).

**Conclusioni** – Nel 1883 il famoso biologo evoluzionista Thomas Huxley, il principale sostenitore e divulgatore delle teorie darwiniane, tanto da essere soprannominato *the Darwin Bulldog*, tenne il discorso inaugurale alla Fisheries Exhibition di Londra. In quel discorso, Huxley sosteneva che "*Probably all the great sea fisheries are inexhaustible; that is to say, that nothing we do seriously affects the numbers of fish. Any attempt to regulate these fisheries seems consequently, from the nature of the case, to be useless*". Questa idea rifletteva una visione romantica dell'ambiente marino che si riteneva scrigno inesauribile di ogni ricchezza. Solo quarant'anni dopo, in un discorso all'Accademia delle Scienze degli Stati Uniti, il principe Alberto I di Monaco metteva in guardia sul fatto che "*la pesche moderne se poursuit avec de moyens de plus en plus puissant et nombreux, tels quel les chalutiers à vapeur. Ces derniers labourent le sol même des plateaux continentaux en arrachant le herbes marines et en ruinant le fonds qui convieient le mieux a la multiplication comme a la conservation d'une foule d'espèces. Si bien que dans quelques années le gaigne-pain dont vivent encore aujourd'hui des centaines de mille de pêcheurs avec leur familles sur les cotes européennes, aura presque disparu.*"

In verità qualche sospetto sulla selettività della pesca a strascico era già stato espresso, per esempio da Lazzaro Spallanzani che durante i suoi periodi di studio a Porto Venere scriveva "*Un simile rovinoso e barbaro guasto io l'ho veduto in faccia a Portovenere, nel Genovesato dove fassi la pesca con le bilancelle. ...vidi che oltre ai pesci grandi e mezzani se ne prendeva un'immensità di minutissimi che, per non servire allo smercio si gettavano in mare...*"

Un secolo dopo il profetico discorso del Principe di Monaco, è ormai chiaro che l'ambiente marino è estremamente fragile rispetto agli impatti antropici, particolarmente in un'epoca in cui questi agiscono sinergicamente con cambiamenti su scala globale. D'altra parte, questa consapevolezza è ancora lontana dall'aver formato l'azione politica come dimostrano i dibattiti sulla regolamentazione della pesca a livello della Commissione europea. Oggi ci rendiamo facilmente conto che gli habitat profondi sono ampiamente impattati molto prima che sia stato possibile studiarli. In questo senso è di grande importanza la raccomandazione della General Fisheries Commission for the Mediterranean che limita la profondità della pesca a strascico nel bacino a 1000 metri

(GFCM/29/2005/1).

In acque costiere le azioni messe in atto per la protezione dell'ecosistema marino sono ancora contraddittorie. L'istituzione delle Aree Marine Protette è stata un indubbio successo come dimostrato da numerosi studi che, almeno per la fauna ittica, hanno dimostrato un positivo effetto riserva. D'altra parte, mentre sembra giustificabile nelle aree protette la piccola pesca professionale, ritenuta generalmente sostenibile, è del tutto inspiegabile la concessione di permessi per la pesca ricreativa al di fuori di una generica ricerca del consenso da parte di potenti organizzazioni di portatori di interesse. Bisogna ricordare gli effetti della pesca non ricadono solo sulle specie target ma, soprattutto, sugli organismi bentonici che sono tra gli elementi più importanti del paesaggio sottomarino. D'altra parte, il sistema della protezione sembra oggi l'unica possibilità per la salvaguardia di un ambiente tanto delicato e i decisori politici dovrebbero considerare con molta attenzione l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile lanciata dalle Nazioni Unite che prevede, per la conservazione della biodiversità marina, che almeno il 30% dei mari europei sia sotto qualche forma di protezione, di cui almeno il 10% rigorosamente protetto.

## References

- ABATE A., BAVESTRELLO G., BIANCHI C. N., CANESSA M., GARAVENTA F., ENRICHETTI F., RIDELLA B. (2025) - Cambiamenti della biodiversità nel benthos sessile del porto di Genova su scala pluridecennale. *Biol. Mar. Mediterr.*, **29** (1): 59-62.
- BANDI A., REBOA A., NORBIATO G., SILIPIGNI E., BAVESTRELLO G., BERTOLINO M. (2025) - Changes in sponge fauna over a half-century from a rocky cliff of the Portofino Promontory (Ligurian Sea; Western Mediterranean). *Europ. Zool. J.*, **92** (1): 1208-1223.
- BAVESTRELLO G., BERTONE S., CATTANEO-VIETTI R., CERRANO C., GAINO E., ZANZI D. (1994) - Mass mortality of *Paramuricea clavata* (Anthozoa, cnidaria) on Portofino promontory cliffs, Ligurian Sea, Mediterranean Sea. *Mar. Life*, **4** (1): 15-19.
- BAVESTRELLO G., BO M., BERTOLINO M., BETTI F., CATTANEO-VIETTI R. (2015) - Long-term comparison of structure and dynamics of the red coral metapopulation of the Portofino Promontory (Ligurian Sea): a case-study for a Marine Protected Area in the Mediterranean Sea. *Mar. Ecol.*, **36** (4): 1354-1363.
- BAVESTRELLO G., CERRANO C., ZANZI D., CATTANEO-VIETTI R. (1997) - Damage by fishing activities to the Gorgonian coral *Paramuricea clavata* in the Ligurian Sea. *Aq. Conserv. Mar. Fresh. Ecosyst.*, **7** (3): 253-262.
- BETTI F., BAVESTRELLO G., FRAVEGA L., BO M., COPPARI M., ENRICHETTI F., CATTANEO-VIETTI R. (2019) - On the effects of recreational SCUBA diving on fragile benthic species: the Portofino MPA (NW Mediterranean Sea) case study. *Ocean Coast. Manag.*, **182**: 104926.
- BLANFUNÉ A., THIBAUT T., BOUDOURESQUE C.F., MAC'IC V., MARKOVIC L., PALOMBA L., VERLAQUE M., BOISSERY P. (2017) - The CARLIT method for the assessment of the ecological quality of European Mediterranean waters: Relevance, robustness and possible improvements. *Ecol. Indic.*, **72**: 249-259.
- BO M., ENRICHETTI F., BETTI F., GAY G., QUARTA G., CALCAGNILE L., BAVESTRELLO G. (2023) - The cold-water coral province of the eastern Ligurian Sea (NW Mediterranean Sea): historical and novel evidences. *Front. Mar. Sci.*, **10**: 1114417.
- BOERO F., BOUILLON J., GRAVILI C., PIRAINO S. (2003) - Who cares about the Hydrozoa of the Mediterranean Sea? An essay on the zoogeography of inconspicuous groups. *Biogeographia -J. Integr. Biogeogr.*, **24**(1).
- CANESSA M., BETTI F., BO M., ENRICHETTI F., TOMA M., BAVESTRELLO G. (2023) - Possible population growth of *Astrospartus mediterraneus* (Risso, 1826) (Ophiuroidea, Gorgonocephalidae) in the Mediterranean Sea. *Diversity*, **15** (1): 122.
- CATTANEO-VIETTI R., BO M., CANNAS R., CAU A., FOLLESA C., MELIADÒ E., BAVESTRELLO G. (2016) - An overexploited Italian treasure: past and present distribution and exploitation of the precious red coral *Corallium rubrum* (L., 1758) (Cnidaria: Anthozoa). *Italian Journal of Zoology*, **83** (4): 443-455.
- CERRANO C., BAVESTRELLO G., BIANCHI C. N., CATTANEO-VIETTI R., BAVA S., MORGANTI C., SPONGA F. (2000) - A catastrophic mass-mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian Sea (North-western Mediterranean), summer 1999. *Ecol. Lett.*, **3** (4): 284-293.

ENRICHETTI F., BAVA S., BAVESTRELLO G., BETTI F., LANTERI L., BO M. (2019) - Artisanal fishing impact on deep coralligenous animal forests: A Mediterranean case study of marine vulnerability *Ocean Coast. Manag.*, **177**: 112-126.

ENRICHETTI F., BAVESTRELLO G., BETTI F., RINDI F., TREGROSSO A., BO M. (2021) - Fate of lost fishing gears: Experimental evidence of biofouling colonization patterns from the northwestern Mediterranean Sea. *Environ. Pollut.*, **268**: 115746.

ENRICHETTI F., DOMINGUEZ-CARRIÓ C., TOMA M., BAVESTRELLO G., CANESE S., BO M. (2020) - Assessment and distribution of seafloor litter on the deep Ligurian continental shelf and shelf break (NW Mediterranean Sea). *Mar. Pollut. Bull.*, **151**: 110872.

GAINO E., PRONZATO R. (1989) - Ultrastructural evidence of bacterial damage to *Spongia officinalis* fibres (Porifera, Demospongiae). *Diseases Aq. Organisms*, **6**: 67-74.

GATTI G., BIANCHI C.N., PARRAVICINI V., ROVERE A., PEIRANO A., MONTEFALCONE M., MORRI C. (2015) - Ecological change, sliding baselines and the importance of historical data: lessons from combining observational and quantitative data on a temperate reef over 70 years. *PloS one*, **10** (2): e0118581.

MOGLIA S., BETTI F., BOERO F., CANESSA M., DI CAMILLO C.G., ENRICHETTI F., BAVESTRELLO G. (2025) - Climate-driven shifts in a Mediterranean hydrozoan assemblage over 44 years. *ICES J. Mar. Sci.*, **82** (7): fsaf113.

ZENETOS A., GOFAS S., VERLAQUE M., ÇINAR M. GARCÍA RASO J., BIANCHI C. N., MORRI C., AZZURRO E., BILECENOGLU M., FROGLIA C., SIOKOU-FRANGOU I., VIOLANTI D., SFRISO A. GIANGRANDE A., BALLESTEROS E. ESPLA A. A., MASTROTOTARO F., STREFTARIS, N. (2010). Alien species in the Mediterranean Sea by 2010. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part I. Spatial distribution. *Mediterr. Mar. Sci.*, **11**: 381-493. 10.12681/mms.87.