

B. MAGNANI¹, F. BETTI², M. BO^{1,2,3}, M. CANESSA¹, F. ENRICHETTI^{1,3},
G. BAVESTRELLO^{1,2,3}

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

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

³National Biodiversity Future Centre (NBFC), Piazza Marina 61, 90133 Palermo- IT
corresponding author: martina.canessa@edu.unige.it

CAMBIAMENTI NELLA STRUTTURA DI POPOLAZIONE DI *CORALLIUM RUBRUM* (L., 1758) NELL'AREA MARINA PROTETTA DI PORTOFINO SU SCALA PLURIDECENNALE

CHANGES IN THE *CORALLIUM RUBRUM* (L., 1758) POPULATION STRUCTURE WITHIN THE MARINE PROTECTED AREA OF PORTOFINO ON A MULTIDECADAL SCALE

Abstract – The red coral (*Corallium rubrum*) population in the Portofino Marine Protected Area has been monitored since 1964, when Marchetti conducted the first survey, providing a baseline for long-term comparisons. The original sampling protocol, which recorded minimum depth at 40 sites and collected quantitative data, was replicated 60 years later. *C. rubrum* was still present in nearly all historical sites and in seven new ones. The average minimum depth remained stable at around 26.5 m. However, after decades of increasing mean biomass—from 300 to 1500 g m⁻²—this value sharply declined over the past decade to approximately 450 g m⁻², without a corresponding rise in colony density. The average colony weight returned to levels recorded in 1964. This decline likely reflects the combined effects of global environmental change and local disturbances, including the extreme storm event of 2018, which severely impacted the coral populations along the Portofino Promontory.

Keywords: red coral, Portofino, Marine Protected Areas, global warming, Mediterranean Sea.

Introduzione – Il corallo rosso, *Corallium rubrum* (Linnaeus, 1758), è tra le specie più emblematiche dell'habitat coralligeno del Mediterraneo, principalmente presente nel bacino occidentale e centrale, ma anche in quello orientale, lungo le coste atlantiche del Portogallo, alle isole Canarie e a Capo Verde. La distribuzione verticale è compresa tra i 5 e gli 800 m ma più comunemente si trova nel range batimentrico 30-200 m, tipicamente con minore densità di colonie, ma con maggiore biomassa, all'aumentare della profondità (Toma *et al.*, 2022). A causa di secoli di pesca intensiva e degli effetti legati al cambiamento climatico, la specie è attualmente classificata come "in pericolo" dalla IUCN su scala regionale e nazionale. Dal 1994, l'Unione Europea ha vietato la pesca di corallo rosso per mezzo di attrezzi non selettivi (come la croce di Sant'Andrea), consentendo il prelievo esclusivamente mirato attraverso l'erogazione di permessi ad operatori subacquei autorizzati a raccogliere colonie con base ≥ 7 mm (età stimata 30-35 anni).

Per l'Area Marina Protetta di Portofino esiste una serie di dati storici inaugurata da Marchetti nel 1964, in cui furono raccolti dati di presenza/assenza e relative profondità minime delle colonie di corallo rosso in 40 stazioni (Marchetti, 1965). Inoltre, in alcune stazioni, vennero ottenute misure di densità e biomassa mediante prelievo di colonie su superfici standard. La raccolta dei dati quantitativi fu nuovamente effettuata nel 1993 (Cattaneo-Vietti *et al.*, 1993) e nel 2012 (Bavestrello *et al.*, 2015). Per valutare lo stato

di conservazione della specie, nel 2023-24 si è replicato nella sua interezza lo studio originale risalente a 60 anni prima.

Materiali e metodi – Tra giugno 2023 e luglio 2024 è stata rilevata in immersione la presenza di *C. rubrum* in 38 delle 40 stazioni censite da Marchetti (1964) lungo il Promontorio di Portofino; le 2 rimanenti ricadono oggi nella zona A dell'AMP e non sono accessibili. A questo elenco sono state inoltre aggiunte 3 nuove stazioni corrispondenti alle boe di immersione, per un totale di 41. In 10 stazioni selezionate casualmente, sono state prelevate tutte le colonie presenti in tre repliche di 30 cm × 30 cm. I campioni, raccolti tra 25 e 40 m di profondità, sono stati essiccati in laboratorio a temperatura ambiente per ottenere valori relativi a: densità (colonie m⁻²), peso medio (g), biomassa (peso medio x numero di colonie; g m⁻²), altezza media (mm), diametro basale medio (mm), numero di apici, complessità delle colonie (altezza media / numero di apici medio). Questi dati sono stati confrontati con quelli ottenuti da Marchetti (1965), Cattaneo-Vietti *et al.* (1993) e Bavestrello *et al.* (2015).

Risultati - Oggi la specie è stata ritrovata in tutte le stazioni in cui risultava presente nel 1964 con l'eccezione di una, nonché in 7 stazioni dove non era stata segnalata in precedenza. Dopo 60 anni, la profondità minima media è rimasta pressoché invariata, registrando un valore medio di 26,5 ± 1,1 m nel 1964 (range: 17,0 – 37,0 m) e di 26,4 ± 0,8 m nel 2024 (range 19,0 – 38,5 m).

L'analisi morfometrica delle colonie raccolte nei 10 siti campionati quantitativamente ha rivelato una densità media di 146,3 ± 12,7 col. m⁻². Le colonie mediamente pesavano 3,06 ± 0,14 g, misuravano 43,55 ± 0,86 mm in altezza, presentavano un diametro basale di 5,0 ± 0,1 mm e 5,2 ± 0,17 apici. Sulla base di questi parametri morfometrici, la biomassa media stimata risultava di circa 450 g m⁻².

La serie storica a lungo termine sulla popolazione di corallo rosso di Portofino ha delineato uno scenario particolare: la densità media delle colonie è aumentata sensibilmente dal 1964 al 1990, per poi subire un progressivo declino nel 2014 e nel 2024 (Fig. 1a). Tutti gli altri parametri disponibili (peso delle colonie, diametro basale e biomassa) sono aumentati dal 1964 al 2014, ma hanno registrato un forte calo nel 2024 (Fig. 1b-d).

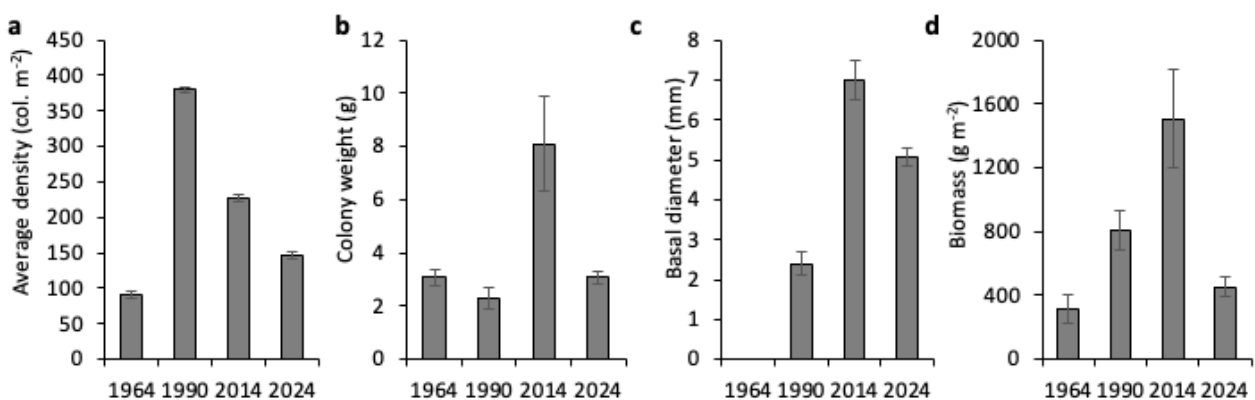


Fig. 1 – Multi-decadal time series of the mean + SE of red coral density (a), colony weight (b), basal diameter (c), and biomass (d).

Serie temporale pluridecennale dei valori medi + SE di densità (a), peso (b), diametro basale (c) e biomassa (d) del corallo rosso.

Dopo un periodo in cui la dimensione media delle colonie è progressivamente aumentata, portando la biomassa da circa 300 a 1500 g m⁻², nell'ultimo decennio questo parametro si è drasticamente ridotto, scendendo a circa 450 g m⁻², senza però che si registrasse un aumento della densità. Il peso medio delle colonie è tornato ai livelli del 1964, segnando una notevole regressione rispetto al valore medio di circa 8 g rilevato nel 2014, appena dieci anni prima. Anche il diametro basale medio è diminuito rispetto al valore di circa 7 mm osservato nel 2014, pur rimanendo superiore a quello del 1990, pari a circa 2,5 mm.

Conclusione - Questo studio fornisce la prima valutazione completa della presenza di *C. rubrum* lungo il Promontorio di Portofino in tutti i siti originariamente indagati da Marchetti, 60 anni dopo l'indagine iniziale. Un primo risultato emerso è la notevole resilienza della popolazione di corallo rosso, dimostrata dalla distribuzione spaziale e verticale stabile e coerente lungo il promontorio nel corso di più decenni. Questo dato è particolarmente significativo se si considera che, nel periodo intercorso, la popolazione è stata soggetta al bracconaggio da parte di subacquei ricreativi, fenomeno protrattosi fino all'istituzione dell'AMP nel 1999 (Bavestrello *et al.*, 2015). Inoltre, l'area ha sperimentato gravi eventi di mortalità di massa associati ad aumenti improvvisi della temperatura della colonna d'acqua fino a oltre 50 m di profondità, che hanno causato mortalità parziale delle colonie compresa tra il 50% e oltre l'80% (Cerrano *et al.*, 2000). Per quanto riguarda la struttura di popolazione a Portofino, tra il 1964 e il 2014 la densità delle colonie ha inizialmente mostrato un aumento, seguito da una riduzione progressiva, mentre il peso medio delle colonie è generalmente cresciuto, suggerendo una graduale transizione da una configurazione "a prato" a una "a foresta". In questo modo, la popolazione di Portofino era sulla strada per ristabilire la sua presunta struttura "naturale", favorita dalle misure di protezione successive all'istituzione dell'AMP (Bavestrello *et al.*, 2015; Gómez-Gras *et al.*, 2021).

Tuttavia, tra il 2014 e il 2024, questa tendenza positiva si è invertita. Sia la densità che la biomassa delle colonie sono diminuite drasticamente in tutti i siti campionati, e le popolazioni sono diventate dominate da colonie rade e di piccole dimensioni.

Questa tendenza negativa è probabilmente il risultato di molteplici fattori. In primo luogo, la grave tempesta del 2018 che ha colpito il Promontorio di Portofino ha impattato sulla popolazione di *C. rubrum* (Cassetti *et al.*, 2025). Inoltre, gli impatti meccanici dovute ad attività umane, come la pesca e le immersioni subacquee, continuano a rappresentare minacce per *C. rubrum* e altre specie calcificanti. Infatti, a Portofino, l'intensità delle immersioni ricreative potrebbe giocare un ruolo significativo, essendo l'AMP una delle destinazioni subacquee più popolari d'Europa, con circa 40.000 immersioni effettuate ogni anno—per lo più lungo le falesie coralligeniche (Betti *et al.*, 2019). Le analisi della composizione dei sedimenti alla base delle falesie hanno rivelato che i frammenti di corallo rosso erano un ordine di grandezza più abbondanti nei siti ad alta frequentazione subacquea rispetto alle zone di divieto (Betti *et al.*, 2019).

Ciononostante, il principale fattore che contribuisce al trend descritto è il costante aumento della temperatura marina. L'analisi dei dati satellitari NOAA ha rivelato un marcato aumento della frequenza e dell'intensità delle ondate di calore marine (MHWs) nell'area di Portofino. Tra il 1990 e il 2014 sono stati registrati 55 eventi (di cui due di

intensità severa), mentre tra il 2014 e il 2024 si sono verificati 68 eventi, tra cui otto di intensità severa. L'aumento delle MHWs nel Mediterraneo nord-occidentale è stato collegato a una mortalità dipendente dalla taglia: le colonie medie e grandi (>3 cm) hanno sperimentato alti livelli di mortalità parziale, mentre le colonie più piccole (<3 cm) mostrano tassi elevati di mortalità totale, evidenziando la vulnerabilità degli stadi giovanili (e.g. Cerrano *et al.*, 2000).

I nostri dati suggeriscono che le popolazioni di corallo rosso possono tollerare le MHWs fino a una certa soglia; tuttavia, quando questo limite viene superato, compaiono segni evidenti di stress. È particolarmente rilevante che, a causa degli effetti a lungo termine della MHW del 2003 sulle popolazioni di ottocoralli nell'AMP di La Scandola (Corsica occidentale), istituita 40 anni fa, *C. rubrum* non si sia ancora ripreso nemmeno dopo 15 anni, continuando invece lungo una traiettoria verso l'estinzione locale (Gómez-Gras *et al.*, 2021).

Bibliografia

- 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.
- BETTI F., BAVESTRELLO G., FRAVEGA L., BO M., COPPARI M., ENRICHETTI F. *et al.* (2019) - On the effects of recreational SCUBA diving on fragile benthic species: the Portofino MPA (NW Mediterranean Sea) case study. *Ocean Coastal Manag.*, **182**: 104926.
- CASSETTI O., AZZOLA A., BIANCHI C.N., MORRI C., OPRANDI A., MONTEFALCONE M. (2025) - Different impact of a severe storm on two gorgonian species. *Mar. Environ. Res.*, **204**: 106917.
- CATTANEO-VIETTI R., BAVESTRELLO G., SENES L. (1993) - Il popolamento a corallo rosso del Promontorio di Portofino (Mar Ligure). Il corallo rosso in Mediterraneo: Arte, Storia e Scienza (Red Coral in the Mediterranean Sea: Art, History and Science), 109-130.
- CERRANO C., BAVESTRELLO G., BIANCHI C.N., CATTANEO-VIETTI R., BAVA S., MORGANTI C. *et al.* (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.
- GÓMEZ-GRAS D., LINARES C., LÓPEZ-SANZ A., AMATE R., LEDOUX J.B., BENSOUSSAN N. *et al.* (2021) - Population collapse of habitat-forming species in the Mediterranean: a long-term study of gorgonian populations affected by recurrent marine heatwaves. *Proceedings of the Royal Society B*, **288** (1965): 20212384.
- MARCHETTI R. (1965) - Ricerche sul corallo rosso della costa ligure e toscana. II. Il Promontorio di Portofino. *Rend. Ist. Lombardo Sci. Lett. B*, **99**: 279-316.
- TOMA M., BO M., CATTANEO-VIETTI R., CANESE S., CANESSA M., CANNAS R. *et al.* (2022) - Basin-scale occurrence and distribution of mesophotic and upper bathyal red coral forests along the Italian coasts. *Med. Mar. Sci.*, **23** (3): 484-498.