

Biodiversità marina: una risorsa fondamentale per i servizi ecosistemici e lo sviluppo sostenibile

di Salvatrice Vizzini

SOMMARIO: 1. Che cos'è la biodiversità e la sua importanza. – 2. Capitale naturale e Servizi ecosistemici. – 3. Minacce alla biodiversità marina e conseguenze. – 4. Azioni per contrastare il degrado dell'ambiente marino. – 5. Considerazioni finali.

1. *Che cos'è la biodiversità e la sua importanza*

La biodiversità, come definita dalla Convenzione sulla Diversità Biologica¹ è “la variabilità tra organismi viventi di ogni origine, inclusi gli ecosistemi terrestri, marini e acquatici e i complessi ecologici dei quali fanno parte; questo include la diversità all'interno delle specie, tra le specie e degli ecosistemi”. Questa definizione mette in luce la complessità intrinseca della vita, che non si limita a un elenco di specie, ma comprende le relazioni ecologiche, la variabilità genetica e l'organizzazione degli ecosistemi².

Il concetto di biodiversità si articola, infatti, su tre livelli fondamentali: diversità genetica, diversità di specie e diversità ecosistemica³. La diversità genetica garantisce la capacità adattativa delle popolazioni e rappresenta la base dell'evoluzione; la diversità di specie contribuisce al mantenimento delle funzioni ecologiche e alla stabilità delle comunità biologiche⁴; infine, la diversità ecosistemica assicura il funzionamento complessivo della biosfera e la fornitura di servizi essenziali per la vita umana⁵. La biodiversità

¹ Convention on Biological Diversity (CBD), *Text of the Convention on Biological Diversity*, 79, Secretariat of the CBD, New York, 1992.

² Millennium Ecosystem Assessment (MEA), *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press., Washington, DC, 2005.

³ M. LOREAU, S. NAEEM, P. INCHAUSTI, J. BENGTTSSON, J. P. GRIME, A. HECTOR, D. U. HOOPER, M. A. HUSTON, D. RAFFAELLI, B. SCHMID, D. TILMAN, & D. A. WARDLE, *Biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges*. *Science*, 2001, 804-808.

⁴ D. TILMAN, *The ecological consequences of changes in biodiversity: A search for general principles*. *Ecology*, 1999, 80(5), 1455-1474.

⁵ G. D. DAILY, *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*, Island Press, 1997.

non è, quindi, solo un insieme di specie, ma rappresenta l'intreccio dinamico di geni, organismi ed ecosistemi che garantiscono il funzionamento della Terra come sistema vivente e ha una funzione ecologica importante per la resilienza degli ecosistemi, per i servizi essenziali che essi forniscono e per il ruolo sociale che ricopre nel creare quel contatto con la natura che è fondamentale per lo sviluppo umano.

Numerosi studi sperimentali hanno dimostrato che la ricchezza specifica aumenta la produttività e la resilienza degli ecosistemi^{6,7}; la perdita di biodiversità ha, invece, effetti negativi non solo sulle funzioni ecologiche, ma anche sul benessere umano⁸. In particolare, la riduzione della diversità limita la capacità degli ecosistemi di fornire servizi ecosistemici, quali la regolazione del clima, l'impollinazione, la depurazione dell'acqua e la protezione del suolo e dei litorali². Si stima che circa un milione di specie sia attualmente minacciato di estinzione, spesso a causa della distruzione degli habitat, del cambiamento climatico, dell'inquinamento, del sovrasfruttamento delle risorse naturali e dell'introduzione di specie invasive⁹.

Particolare attenzione è stata dedicata alla biodiversità marina, che svolge un ruolo cruciale nella regolazione del clima e nella produttività globale¹⁰. Essa costituisce uno dei patrimoni più preziosi e, al tempo stes-

⁶ A. HECTOR, B. SCHMID, C. BEIERKUHNLEIN, M. C. CALDEIRA, M. DIEMER, P. G. DIMITRAKOPOULOS, J. A. FINN, H. FREITAS, H., P. S. GILLER, J. GOOD, R. HARRIS, P. HÖGBERG, K. HUSS-DANELL, J. JOSHI, A. JUMPPONEN, C. KÖRNER, P. W. LEADLEY, M. LOREAU, A. MINNS, C. P. H. MULDER, G. O'DONOVAN, S. J. OTWAY, A. PEREIRA, D. J. PRINZ, M. READ, M. SCHERER-LORENZEN, E. D. SCHULZE, A. S. D. SIAMANTZIOURAS, E. M. SPEHN, A. C. TERRY, A. Y. TROUMBIS, F. I. WOODWARD, S. YACHI, & J. H. LAWTO, *Plant diversity and productivity experiments in European grasslands*. *Science*, 1999, 286(5442), 1123–1127.

⁷ B. J. CARDINALE, K. L. MATULICH, D. U. HOOPER, J. E. BYRNES, E. DUFFY, L. GAMFELDT, P. BALVANERA, M. I. O'CONNOR, A. GONZALEZ, *The functional role of producer diversity in ecosystems*. *American Journal of Botany*, 2011, 98(3), 572–592.

⁸ B. J. CARDINALE, J. E. DUFFY, A. GONZALEZ, D. U. HOOPER, C. PERRINGS, P. VENAIL, A. NARWANI, G. M. MACE, D. TILMAN, D. A. WARDLE, A. P. KINZIG, G. C. DAILY, M. LOREAU, J. B. GRACE, A. LARIGAUDERIE, D. S. SRIVASTAVA & S. NAEEM, *Biodiversity loss and its impact on humanity*. *Nature*, 2012, 486(7401), 59–67.

⁹ E. S. BRONDÍZIO, J. SETTELE, S. DÍAZ, H. T. NGO, *Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*, IPBES secretariat, Bonn, Germany, 2019, 1144 pages.

¹⁰ B. WORM, E. B. BARBIER, N. BEAUMONT, J. E. DUFFY, C. FOLKE, B. S. HALPERN, J. B. C. JACKSON, H. K. LOTZE, F. MICHELI, S. R. PALUMBI, E. SALA, K. A. SELKOE, J. J. STACHOWICZ, & R. WATSON, *Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services*. *Science*, 2006, 314(5800), 787–790.

so, più minacciati del nostro pianeta. Mari e oceani ospitano numerosissime specie, molte delle quali ancora sconosciute alla scienza soprattutto negli ambienti profondi^{11, 12}, e rappresentano un complesso sistema di interazioni ecologiche da cui dipende la vita sulla Terra.

Affrontare la perdita di biodiversità richiede un cambiamento trasformativo, cioè modifiche sistemiche nei modelli economici, sociali e culturali.

2. Capitale naturale e Servizi ecosistemici

Il concetto di capitale naturale si è affermato negli ultimi decenni come quadro interpretativo essenziale per comprendere e valorizzare il ruolo delle risorse naturali nel sostegno al benessere umano e allo sviluppo socioeconomico. Con esso si intende l'insieme delle risorse biotiche e abiotiche, come biodiversità, acqua, suolo, atmosfera e funzioni ecologiche, che generano benefici diretti e indiretti per la società umana. La prospettiva del capitale naturale, mutuata dalle scienze economiche e integrata nelle politiche ambientali, consente di interpretare gli ecosistemi non solo come serbatoi di biodiversità, ma anche come sistemi che producono servizi fondamentali per la vita e l'economia globale^{12,13}.

All'interno di questo quadro, i servizi ecosistemici rappresentano i benefici che le persone traggono dalla natura e rientrano in tre tipologie: i servizi di approvvigionamento, che includono la produzione di cibo e di materie prime; i servizi di regolazione, che comprendono la stabilizzazione del clima, la protezione delle coste e la purificazione dell'acqua; e i servizi culturali, legati ai valori ricreativi, educativi e spirituali¹⁴.

Gli ecosistemi marini forniscono tali servizi in modo diversificato e interconnesso, sostenendo la vita di milioni di persone e regolando pro-

¹¹ A. D. ROGERS, A. R. BACO, M. R. CLARK, J. M. HALL-SPENCER, & LEVIN, *Discovering marine biodiversity in the 21st century. Annual Review of Marine Science*, 2022, 14, 1–26.

¹² P. SUKHDEV, P. BRINK, H. WITTMER, J. BISHOP, H. GUNDIMEDA, *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: mainstreaming the economics of nature: a synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*. 36 pages, Earthscan, London, 2010.

¹³ Natural Capital Coalition. *Natural Capital Protocol*. Natural Capital Coalition, London, 2016.

¹⁴ R. HAINES-YOUNG, *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) and Guidance on the Application of the Revised Structure*, 2023.

cessi planetari fondamentali. Le zone costiere, comprendenti mangrovie, paludi salmastre e praterie di fanerogame marine, rivestono un ruolo particolarmente rilevante. Oltre a costituire habitat fondamentali per numerose specie ittiche e per le fasi giovanili di organismi marini di interesse commerciale, questi ambienti garantiscono la protezione delle coste da erosione e mareggiate, sequestrano grandi quantità di carbonio (*blue carbon*) e contribuiscono al mantenimento della qualità dell'acqua^{15,16}. Il mare aperto, invece, è alla base dei grandi cicli biogeochimici globali, della produzione primaria e della regolazione climatica e rappresenta un serbatoio di risorse biologiche². Tra i servizi più evidenti, quindi, vi sono quelli di approvvigionamento, come la pesca, che fornisce non solo cibo, ma anche benessere sociale ed economico occupando centinaia di milioni di persone in tutto il mondo. La pesca, l'acquacoltura, l'estrazione di sostanze bioattive utilizzate in campo medico e farmaceutico sono solo alcuni esempi di come la biodiversità marina sia legata allo sviluppo economico e alla salute pubblica. Altrettanto fondamentali sono i servizi di regolazione, in particolare lo stoccaggio e il sequestro del carbonio negli habitat costieri vegetati, noto come "*blue carbon*". Attraverso il ciclo del carbonio, gli oceani assorbono enormi quantità di anidride carbonica, contribuendo a mitigare l'effetto serra e i cambiamenti climatici. Le praterie di fanerogame, le mangrovie e le paludi salmastre sequestrano carbonio in modo più efficiente e duraturo rispetto a molti ecosistemi terrestri e la loro conservazione è considerata una misura strategica per la mitigazione del cambiamento climatico^{16,17}. Inoltre, questi ecosistemi agiscono come barriere naturali, attenuando l'impatto delle onde e proteggendo infrastrutture e comunità costiere. Le piante e le alghe contribuiscono alla produzione di ossigeno, svolgendo una funzione di supporto essenziale alla vita terrestre. Accanto a questi servizi tangibili, esistono i servizi culturali, ricreativi e spirituali, spesso difficilmente quantificabili dal punto di vista economico, ma di straordinaria importanza

¹⁵ C. NELLEMAN, E. CORCORAN, C. M. DUARTE, L. VALDÉS, C. DE YOUNG, L. FONSECA & G. GRIMSDITCH. *Blue carbon: The role of healthy oceans in binding carbon – A rapid response assessment*, 1-78. Nairobi, Kenya, & Arendal, Norway, 2009.

¹⁶ E. McLEOD, G. L. CHMURA, S. BOUILLON, R. SALM, M. BJÖRK, C. M. DUARTE, C. E. LOVELOCK, W. H. SCHLESINGER, & B. R. SILLIMAN, *A blueprint for blue carbon: Toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂*. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2011, 9(10), 552–560.

¹⁷ J. REISE, C. URRUTIA, L. VON VITTORELLI, A. SIEMONS & T. JENNERJAHN, *Potential of Blue Carbon for global climate change mitigation*. Dessau-Roßlau, Germany, 39, 2024.

sociale. Ricordiamo tra questi i paesaggi costieri, le tradizioni legate al mare, il turismo sostenibile e le attività ricreative, che contribuiscono alla qualità della vita e alla coesione sociale delle comunità costiere. Il turismo marino e costiero, in particolare, è tra le attività economiche a più rapida crescita a livello globale e molte comunità costiere dipendono fortemente da esso. Al di là della dimensione economica, gli ecosistemi marini rivestono significati culturali, identitari e spirituali per numerose popolazioni, che li integrano nelle proprie tradizioni e pratiche^{9,12}.

La crescente consapevolezza dell'importanza del capitale naturale ha stimolato lo sviluppo di metodi di valutazione e di contabilità. Il *Millennium Ecosystem Assessment*² ha fornito il quadro concettuale iniziale, mentre iniziative successive^{12,13} hanno elaborato strumenti economici e gestionali per integrare il valore della natura nei processi decisionali. Tuttavia, nonostante i progressi, permangono lacune conoscitive. La quantificazione precisa dei flussi di carbonio blu e la loro inclusione negli inventari nazionali di gas serra sono ancora oggetto di ricerca, così come la valutazione economica dei servizi culturali, spesso sottostimati dalle metodologie tradizionali¹⁸.

In questo contesto, emerge con chiarezza la necessità di politiche e strategie di gestione che considerino il capitale naturale come un vero e proprio *asset*, da tutelare e ripristinare. La conservazione e il ripristino di habitat costieri come mangrovie, praterie di fanerogame e barriere coralline non devono essere intesi solo come azioni di tutela della biodiversità, ma anche come investimenti strategici in grado di generare benefici multipli: sicurezza alimentare, protezione dalle catastrofi naturali, mitigazione climatica e sviluppo economico sostenibile¹⁹. Strumenti innovativi, come i pagamenti per servizi ecosistemici o i mercati del carbonio blu, possono rappresentare vie promettenti per sostenere tali interventi, a patto che siano fondati su basi scientifiche solide e su sistemi di monitoraggio trasparenti²⁰.

¹⁸ J. M. D. QUEVEDO, O. SERRANO, P. S. LAVERY, T. J. LAVERY, A. ARIAS-ORTIZ, C. M. & DUARTE, *Progress of blue carbon research: 12 years of global trends and lessons learned*. *Marine Policy*, 148, 2023.

¹⁹ D. HERR, M. VON UNGER, D. D. A. LAFFOLEY & A. MCGIVERN, *Pathways for implementation of blue carbon initiatives (Policy Synthesis, UNEP/GEF Blue Forests Project)*. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 2017, 27(S1), 116-129.

²⁰ Global Environment Facility (GEF), *The GEF Monitoring Report 2020* (Council Document GEF/C.59/03/Rev.01. 200, 2020).

3. *Minacce alla biodiversità marina e conseguenze*

Nonostante il ruolo della biodiversità marina come elemento cruciale per la salute del pianeta, negli ultimi decenni gli ecosistemi marini hanno subito un declino senza precedenti, minacciati da pressioni antropiche e cambiamenti ambientali che ne riducono resilienza e funzionalità. Tra le principali minacce figura la pesca eccessiva, che, alterando gli equilibri trofici, impoverisce le popolazioni ittiche. Pratiche distruttive come la pesca a strascico danneggiano direttamente fondali e habitat sensibili, riducendo la capacità di rigenerazione degli ecosistemi^{21,22}. Negli ultimi decenni si è assistito a un forte incremento del numero e delle dimensioni delle imbarcazioni da pesca. Tuttavia, anche se la pressione sugli ecosistemi marini è aumentata in modo drammatico, la produttività, cioè la quantità di pesce catturata per imbarcazione, ha subito un forte decremento.

L'inquinamento è un'altra pressione significativa. Le plastiche e le microplastiche si accumulano nelle catene trofiche, con effetti documentati su organismi marini e potenziali rischi per la salute umana²³. A queste si aggiungono contaminanti chimici persistenti e fertilizzanti, che determinano fenomeni di eutrofizzazione e proliferazioni algali dannose²⁴. La distruzione e frammentazione degli habitat costieri, come mangrovie, praterie di fanerogame e barriere coralline, è spesso il risultato di urbanizzazione, infrastrutture portuali, turismo e acquacoltura intensiva. La perdita di tali ecosistemi riduce la biodiversità locale e compromette servizi fondamentali, quali la protezione delle coste e lo stoccaggio di carbonio²⁵. Accanto a queste minacce consolidate, si associano specie aliene invasive, che alterano la struttura delle comunità

²¹ D. PAULY, V. CHRISTENSEN, S. GUÉNETTE, T. J. PITCHER, U. R. SUMAILA, C. J. WALTERS, R. WATSON & D. ZELLER, *Towards sustainability in world fisheries*. *Nature*, 2002, 418(6898), 689–695.

²² FAO, *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022.

²³ J. R. JAMBECK, R. GEYER, C. WILCOX, T. R. SIEGLER, M. PERRYMAN, A. ANDRADY, R. NARAYAN & K. LAVENDER LAW, *Plastic waste inputs from land into the ocean*. *Science*, 2015, 347(6223), 768–771.

²⁴ UNEP, *From Pollution to Solution: A global assessment of marine litter and plastic pollution*. United Nations Environment Programme. Nairobi, 2021.

²⁵ C. M. DUARTE, W. C. DENNISON, R. J. W. ORTH & T. J. B. CARRUTHERS, *The charisma of coastal ecosystems: Addressing the imbalance*. *Estuaries and Coasts*, 2008, 31, 233–238.

marine²⁶ e l'inquinamento acustico sottomarino, che influisce sulla comunicazione e sull'orientamento di specie sensibili come i cetacei²⁷. Una sfida emergente è rappresentata anche dall'estrazione mineraria in acque profonde, che rischia di compromettere ecosistemi ancora poco conosciuti e con elevata fragilità²⁸.

I cambiamenti climatici, infine, aggravano ulteriormente la crisi della biodiversità marina. L'oceano occupa oltre il 70% della superficie terrestre e svolge un ruolo fondamentale nella regolazione del clima globale: assorbe circa il 25-30% delle emissioni antropiche di anidride carbonica (CO₂) e trattiene oltre il 90% del calore in eccesso generato dall'aumento dei gas serra nell'atmosfera²⁹. Questa funzione di "ammortizzatore climatico", se da un lato ha ritardato le conseguenze più estreme del riscaldamento globale sulla terraferma, dall'altro sta determinando profonde alterazioni negli equilibri marini. Uno degli effetti più evidenti è l'aumento della temperatura superficiale degli oceani. Secondo i dati della National Oceanic and Atmospheric Administration³⁰, il tasso di riscaldamento degli oceani ha raggiunto livelli senza precedenti negli ultimi decenni, con conseguenze dirette sulla biodiversità marina. Coralli, molluschi, pesci e altre specie sono esposti a stress termico che altera i loro cicli vitali. Particolarmente drammatico è il fenomeno dello sbiancamento dei coralli, causato dalla perdita delle zooxantelle simbiotiche: negli ultimi quarant'anni eventi di sbiancamento di massa sono divenuti sempre più frequenti, minacciando la sopravvivenza delle barriere coralline, ecosistemi che ospitano circa il

²⁶ A. OCCHIPINTI-AMBROGI, & D. SAVINI, *Biological invasions as a component of global change in stressed marine ecosystems*. *Marine Pollution Bulletin*, 2003, 46(5), 542-551.

²⁷ C. M. DUARTE, L. CHAPUIS, S. P. COLLIN, D. P. COSTA, R. P. DEVASSY, V. M. EGUILUZ, C. ERBE, T. A. C. GORDON, B. S. HALPERN, H. R. HARDING, M. N. HAVLIK, M. MEEKAN, N. D. MERCHANT, J. L. MIKSIS-OLDS, M. PARSONS, M. PREDRAGOVIC, A. N. RADFORD, C. A. RADFORD, S. D. SIMPSON, H. SLABBEEKOORN, E. STAATERMAN, I. C. VAN OPZEELAND, J. WINDEREN, X. ZHANG, F. JUANES, *The soundscape of the Anthropocene ocean*. *Science*, 371, 2021.

²⁸ C. L. VAN DOVER, J. A. ARDRON, E. ESCOBAR, M. GIANNI, K. M. GJERDE, A. JAECKEL, D. O. B. JONES, L. A. LEVIN, H. J. NINER, L. PENDLETON, C. R. SMITH, T. THIELE, P. J. TURNER, L. WATLING & P. P. E. WEAVER. *Biodiversity loss from deep-sea mining*. *Nature Geoscience*, 2017, 10(7), 464-465.

²⁹ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Special report on the ocean and cryosphere in a changing climate*. Geneva, Switzerland, 2019.

³⁰ NOAA, *Global Ocean Heat Content*. National Oceanic and Atmospheric Administration, 2023.

25% della biodiversità marina³¹. Parallelamente, l'assorbimento di CO₂ da parte degli oceani ha portato a un processo noto come acidificazione marina. Il pH medio delle acque superficiali è diminuito di circa 0,1 unità dal periodo preindustriale, e le previsioni suggeriscono riduzioni anche di 0.3-0.4 unità per la fine del secolo, valori in grado di influenzare la capacità di calcificazione di organismi come coralli e molluschi³². Questo fenomeno ha implicazioni a cascata sull'intera catena alimentare, poiché molti di questi organismi rappresentano il supporto di habitat cruciali o sono alla base della dieta di numerose specie.

La distruzione, degradazione o alterazione permanente degli ambienti naturali marini che ospitano piante, animali e microrganismi hanno come conseguenza la perdita di habitat fondamentali per la biodiversità. La scomparsa di ambienti chiave come barriere coralline, praterie di fanerogame marine, mangrovieti, estuari e zone umide costiere, riduce la capacità di fornitura di servizi ecosistemici fondamentali³³. Dal punto di vista ecologico, si osserva un calo della resilienza degli ecosistemi e della loro capacità di adattamento agli stress ambientali. Dal punto di vista socioeconomico, la diminuzione della biodiversità riduce la disponibilità di risorse ittiche, compromette la sicurezza alimentare e indebolisce le economie costiere. Inoltre, la degradazione degli habitat riduce la capacità degli oceani di assorbire carbonio, aggravando la crisi climatica globale³⁴.

³¹ T. P. HUGHES, J. T. KERRY, M. ÁLVAREZ-NORIEGA, J. G. ÁLVAREZ-ROMERO, K. D. ANDERSON, A. H. BAIRD, R. C. BABCOCK, M. BEGER, D. R. BELLWOOD, R. BERKELMANS, T. C. BRIDGE, I. R. BUTLER, M. BYRNE, N. E. CANTIN, COMEAU, S. R. CONNOLLY, G. S. CUMMING, S. J. DALTON, G. DÍAZ-PULIDO, C. M. EAKIN, W. F. FIGUEIRA, J. P. GILMOUR, H. B. HARRISON, S. F. HERON, A. S. HOEY, J. P. A. HOBBS, M. O. HOOGENBOOM, E. V. KENNEDY, C. Y. KUO, J. M. LOUGH, R. J. LOWE, G. LIU, M. T. McCulloch, H. A. MALCOLM, M. J. McWILLIAM, J. M. PANDOLFI, R. J. PEARS, M. S. PRATCHETT, V. SCHOEPE, T. SIMPSON, W. J. SKIRVING, B. SOMMER, G. TORDA, D. R. WACHENFELD, B. L. WILLIS & S. K. WILSON, *Global warming and recurrent mass bleaching of corals*. *Nature*, 2017, 543, 373–377.

³² S. C. DONEY, V. J. FABRY, R. A. FEELY & J. A. KLEYPAS, *Ocean Acidification: The Other CO₂ Problem*. *Annual Review of Marine Science*, 1, 169–192, 2009.

³³ E. B. BARBIER, S. D. HACKER, C. KENNEDY, E. W. KOCH, A. C. STIER, & B. R. SILLIMAN, *The value of estuarine and coastal ecosystem services*. *Ecological Monographs*, 2011, 81(2), 169-193.

³⁴ IPBES, *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*, IPBES Secretariat, Bonn, Germany, 2019.

4. Azioni per contrastare il degrado dell'ambiente marino

L'Agenda 2030 delle Nazioni Unite ha incluso tra i 17 obiettivi di sviluppo sostenibile (SDG) un obiettivo specifico per il mare (SDG 14). I target da raggiungere sono collegati alle criticità sopra elencate e gli strumenti che si intendono adottare richiedono azioni integrate che coinvolgono anche ambiti continentali³⁵. L'Unione Europea, per ottemperare agli obiettivi dell'Agenda 2030, ha promosso dei programmi e delle iniziative nell'ambito di una politica orientata a contrastare il degrado marino. Tale politica si fonda su azioni integrate, guidate dalla ricerca scientifica, e mira al controllo e al ripristino della biodiversità marina, alla riduzione dell'inquinamento, al contrasto dei cambiamenti climatici e alla gestione della pesca attraverso pratiche sostenibili.

La Direttiva Quadro sulla Strategia per l'Ambiente Marino (*Marine Strategy Framework Directive* – MSFD) rappresenta il principale strumento legislativo dell'Unione Europea per la tutela e la gestione sostenibile dell'ambiente marino³⁶. Essa costituisce il pilastro ambientale della Politica Marittima Integrata dell'UE, affermando il principio secondo cui i mari europei devono essere gestiti come ecosistemi complessi e interconnessi, la cui integrità ecologica è condizione imprescindibile per il benessere umano e per la continuità delle attività economiche marittime. L'obiettivo centrale della Direttiva è il raggiungimento o mantenimento del Buono Stato Ambientale (*Good Environmental Status*, GES) delle acque marine³⁷. Il concetto di GES è definito in base a undici descrittori qualitativi che considerano aspetti quali la biodiversità, le specie aliene, l'integrità del fondale, la qualità delle acque, le reti trofiche, i rifiuti marini, il rumore sottomarino, per citarne solo alcuni³⁶.

Nel quadro della Politica Marittima Integrata, l'Unione Europea ha adottato anche la *Maritime Spatial Planning Directive* (MSPD)³⁸, che della MSFD

³⁵ United Nations, *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development* (Ris. A/RES/70/1), 2015.

³⁶ European Parliament & Council, *Directive 2008/56/EC establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive)*, Official Journal of the European Union, L164, 2008, 19–40.

³⁷ European Commission, *Directive 2017/848/EU laying down criteria and methodological standards for good environmental status of marine waters*. Official Journal of the European Union, L125, 43–79, 2017.

³⁸ European Parliament & Council, *Directive 2014/89/EU establishing a framework for maritime spatial planning*. Official Journal of the European Union, L257, 2014, 135–145.

rileva le conoscenze e le traduce in strumenti operativi di gestione spaziale per promuovere la crescita sostenibile dell'economia blu. Entrambi gli strumenti concorrono all'attuazione della Strategia Europea sulla Biodiversità per il 2030, della relativa Strategia Nazionale e del *Green Deal* Europeo e si fondano su principi comuni per incrementare la protezione degli ecosistemi, conservare e ripristinare gli habitat naturali e la biodiversità.

Un altro strumento operativo dell'Unione Europea deriva dall'adozione della *Nature Restoration Law*³⁹ che ha lo scopo di arrestare e invertire il declino della biodiversità, mitigare i cambiamenti climatici, aumentare la resilienza degli ecosistemi e contribuire alla sicurezza alimentare. L'obiettivo che si pone è il ripristino degli habitat terrestri e marini entro il 2050, di cui almeno il 20% entro il 2030. Interventi integrati di protezione, come l'istituzione di Aree Marine Protette (AMP), di ripristino ecologico e di gestione sostenibile delle risorse marine, offrono benefici collaterali a tutte le forme di vita in mare e contribuiscono al raggiungimento del *Goal* 14 dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite.

È sempre più diffusa la consapevolezza che il mantenimento della biodiversità apporti notevoli benefici all'umanità. La biodiversità, pertanto, non ha solo un riscontro valoriale per la conservazione, ma è un investimento strategico per lo sviluppo sostenibile, per la sopravvivenza della specie umana e per la salute pubblica. Infatti, esiste una interdipendenza tra la salute umana e quella degli ecosistemi (paradigma *One Health*), in un approccio integrato che sottolinea come la gestione sostenibile degli ambienti naturali e la tutela della biodiversità siano elementi imprescindibili per garantire il benessere complessivo del pianeta⁴⁰. La varietà di specie, geni ed ecosistemi, regola i processi naturali e limita la diffusione di malattie infettive, riducendo anche il rischio di zoonosi⁴¹ e il passaggio di malattie dagli animali selvatici all'uomo⁴². Pertanto, la protezione della

³⁹ European Commission, *Nature Restoration Law: Regulation (EU) 2024/1991 of the European Parliament and of the Council on nature restoration. Official Journal of the European Union*, 2024.

⁴⁰ World Health Organization (WHO), *One Health Joint Plan of Action (2022–2026)*, Geneva, Switzerland, 2021.

⁴¹ F. KEESING, L. K. BELDEN, P. DASZAK, A. DOBSON, C. D. HARVELL, R. D. HOLT, P. HUDSON, A. JOLLES, K. E. JONES, C. E. MITCHELL, S.S. MYERS, T. BOGICH & R. S. OSTFELD, *Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases*. *Nature*, 2010, 468(7324), 647–652.

⁴² P. DASZAK, *Pandemics: Avoiding the next one*. EcoHealth Alliance, New York, 2020.

biodiversità non è soltanto una questione ecologica, ma una necessità sanitaria e socioeconomica. L'approccio "*One Health*" invita a superare la frammentazione delle politiche ambientali e sanitarie, promuovendo una *governance* integrata che garantisce la salute del pianeta per garantire la salute umana. Il fulcro di questo approccio integrato è il legame tra biosfera e sviluppo sostenibile, dove le basi materiali e funzionali per il benessere umano e la continuità della vita si completano con la capacità di gestire le risorse naturali in modo da non compromettere l'equilibrio ecologico da cui esse derivano. È un sistema di reciprocità: la biodiversità e i servizi ecosistemici rendono possibile lo sviluppo sostenibile, mentre la sostenibilità ambientale assicura la conservazione e la funzionalità della biosfera.

5. *Considerazioni finali*

La biodiversità marina rappresenta un elemento imprescindibile per la stabilità ecologica del pianeta e per il benessere della società umana. Essa sostiene la produttività degli oceani, regola i cicli biogeochimici, contribuisce alla mitigazione del cambiamento climatico e fornisce risorse essenziali per la vita e l'economia. Tuttavia, l'insieme delle pressioni antropiche, dall'inquinamento alla perdita di habitat, dal sovrasfruttamento delle risorse alla crisi climatica, sta compromettendo gravemente la capacità degli ecosistemi marini di rigenerarsi e di continuare a fornire i loro servizi fondamentali.

La protezione e il ripristino della biodiversità non possono più essere considerati obiettivi settoriali, ma devono diventare priorità strategiche nelle politiche di sviluppo sostenibile. In questo quadro, la valorizzazione del capitale naturale e l'integrazione dei servizi ecosistemici nei processi decisionali rappresentano strumenti essenziali per coniugare la tutela ambientale con la prosperità economica e sociale.

Proteggere la biodiversità marina implica anche un salto culturale: riconoscere che il mare non è solo una risorsa da sfruttare, ma un alleato vitale da rispettare e custodire. Per fare ciò è necessario promuovere l'educazione ambientale, rafforzare la cooperazione internazionale e incoraggiare la corresponsabilità tra governi, imprese e cittadini. Solo con un approccio condiviso e multidisciplinare sarà possibile garantire che i servizi ecosistemici continuino a sostenere le generazioni presenti e

future. La biodiversità marina, infatti, non è un lusso da preservare, ma la condizione indispensabile per assicurare benessere, sicurezza e sviluppo sostenibile a livello globale. Superare l'approccio antropocentrico e promuovere una reale integrazione tra sistema umano e sistema ambientale significa riconoscere la coappartenenza dell'uomo alla natura e la necessità di una gestione condivisa e responsabile delle risorse marine.

Abstract

La biodiversità marina costituisce uno dei patrimoni più preziosi e, al tempo stesso, più minacciati del pianeta. Essa svolge un ruolo cruciale nella regolazione dei cicli biogeochimici, nella mitigazione dei cambiamenti climatici e nel sostegno ai servizi ecosistemici ma, nonostante ciò, si trova ad essere minacciata da pressioni antropiche crescenti, come sovrasfruttamento, inquinamento, distruzione degli habitat, specie invasive e riscaldamento globale. Le strategie internazionali, tra cui l'Agenda 2030 delle Nazioni Unite, le direttive europee sulla strategia per l'ambiente marino (*Marine Strategy Framework Directive*) e la pianificazione spaziale marittima (*Maritime Spatial Planning*), promuovono un approccio integrato basato sulla conservazione, il ripristino degli ecosistemi e la valorizzazione del capitale naturale. In tale prospettiva, la tutela della biodiversità marina rappresenta non solo un obiettivo ambientale, ma anche una condizione strutturale per lo sviluppo sostenibile, in linea con il paradigma *One Health*, che riconosce l'interdipendenza tra salute ambientale, animale e umana.

Marine biodiversity: a key asset for ecosystem services and sustainable development

Marine biodiversity constitutes one of the most valuable yet critically endangered components of the Earth's natural capital. It plays a pivotal role in regulating biogeochemical cycles, mitigating climate change and maintaining ecosystem functions and services. Despite its fundamental importance, marine biodiversity is increasingly threatened by anthropogenic pressures, including overexploitation of natural resources, pollution, habitat degradation, the introduction of invasive species, and global climate change. At the international level, policy frameworks such as the United Nations 2030 Agenda for Sustainable Development and the European Union directives on the Marine Strategy Framework and Maritime Spatial Planning advocate for an integrated management approach based on biodiversity conservation, ecosystem restoration, and the enhancement of natural capital as key strategies to ensure ecological resilience and sustainability. Within this context, the protection of marine biodiversity should be regarded not solely as an environmental priority but

as a structural prerequisite for achieving sustainable development. This perspective aligns with the One Health paradigm, which recognizes the complex interdependence among environmental integrity, animal health, and human health.