



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITY OF BOLOGNA
DEPARTMENT OF BIOLOGICAL, GEOLOGICAL
AND ENVIRONMENTAL SCIENCES



DIVERS UNITED FOR THE
ENVIRONMENT

Report annuale 2023

Mariana Machado Toffolo, Stefano Goffredo.

PARTNERS



www.DUEproject.org

INTRODUZIONE

Il Mar Mediterraneo rappresenta meno dell'1% dell'area occupata globalmente dagli oceani, ma è considerato un hotspot (una riserva) di biodiversità marina, in quanto ospita circa 17.000 specie che rappresentano il 7% della biodiversità mondiale, di cui tra il 25% ed il 30% sono specie endemiche del Mediterraneo che non si trovano in nessun altro posto al mondo. Il Mar Mediterraneo è una delle aree costiere più densamente popolate e altamente urbanizzate, con 450 milioni di persone che vivono lungo le sue coste in 22 paesi confinanti. Inoltre, fornisce beni e servizi di fondamentale importanza per le popolazioni, come ad esempio: attività ricreative, sostenendo così l'industria del turismo; protezione delle coste; pesca commerciale e ricreativa; e il benessere associato ai diversi ecosistemi naturali. Il Mar Mediterraneo però sta affrontando diverse minacce antropiche dirette e indirette, tra cui lo sfruttamento eccessivo delle risorse, la perdita di habitat e le minacce alla sopravvivenza delle specie autoctone dovuta ai cambiamenti climatici ed alla tropicalizzazione del mare. Sono necessari ampi sforzi di conservazione e un monitoraggio su larga scala per avere i dati necessari per una gestione efficace al fine di prevenire la perdita di biodiversità derivante dall'impatto dell'uomo e dal cambiamento climatico. Le agenzie governative e gli enti di ricerca sono spesso sottofinanziati, ma in alcuni casi la Citizen Science può superare i limiti economici della raccolta dati coinvolgendo i cittadini nei programmi di monitoraggio e aumentando al contempo la loro partecipazione attiva alla ricerca scientifica e consapevolezza ambientale.

In ecologia, il termine "biodiversità" è definito come il numero di specie vegetali e animali presenti in un luogo, regione o ecosistema. Un habitat naturale e inalterato ha un alto grado di biodiversità perché molte specie di piante e animali vi vivono in equilibrio ecologico. Al contrario, un ambiente innaturale o alterato ha un basso grado di biodiversità perché ospita solo poche specie. Pertanto, il livello di diversità biologica è un'indicazione dello stato dell'ambiente. Il monitoraggio è essenziale per capire lo stato di salute dell'ambiente ed è quindi propedeutico agli interventi di gestione e di conservazione delle risorse naturali. Se sensibilizzati e coinvolti, i cittadini possono partecipare alle azioni di monitoraggio per aiutare a tutelare questi habitat. In progetti precedenti subacquei e snorkelisti hanno già dimostrato la loro capacità di operare come validi rilevatori dello stato di salute dell'ambiente marino. Il progetto "Sea Sentinels - Divers United for the Environment" (DUE project) è un programma di monitoraggio ambientale (iniziato nel 2017) che mira a stimare il grado di diversità biologica delle acque costiere del Mediterraneo. Il punto di partenza di questa ricerca sono i risultati del nostro precedente progetto "Sub per l'ambiente – Progetto biodiversità subacquea mediterranea" (2002-2005). I ricercatori volontari sono i subacquei ricreativi e gli amanti dello snorkeling. Ad essi viene chiesto di compilare un questionario in cui indicano quali organismi hanno incontrato durante l'immersione e danno una stima della loro abbondanza.

Gli ultimi tre decenni hanno visto un rapido aumento delle immersioni ricreative che ha spinto i ricercatori a coinvolgere i subacquei ricreativi come volontari, avvalendosi del loro naturale interesse per la vita marina. Molti studi utilizzano rigidi protocolli di raccolta dati, che richiedono una formazione intensiva e chiedono ai volontari di effettuare indagini in siti specifici su specifiche specie per garantire una raccolta dati uniforme. Questo metodo può ridurre l'attrattività del progetto, riducendo così il numero di volontari. Il progetto DUE utilizza un protocollo di indagine basato su osservazioni subacquee occasionali (citizen science ricreativa). Questo metodo consente ai subacquei di svolgere normali attività ricreative e garantisce l'affidabilità dei dati raccolti. Nei nostri precedenti progetti abbiamo testato l'accuratezza dei dati raccolti dai volontari confrontandoli con quelli raccolti da un nostro ricercatore che si era immerso nello stesso giorno e nello stesso luogo con almeno 3 volontari, senza interferire con le loro attività. L'accuratezza media dei dati è risultata essere del 55-60% (il 70% dei test ha registrato un valore compreso tra il 50% ed il 90% di accuratezza). La comunità scientifica internazionale ha confermato la validità dei nostri dati con la pubblicazione dei risultati su importanti riviste scientifiche internazionali: *Ecological Applications*, *Biodiversity and Conservation* e *Frontiers in Ecology and Evolution*. Le agenzie subacquee, le scuole di immersione ed i centri di immersione sono protagonisti della realizzazione della ricerca compilando i questionari e motivando i propri allievi a farlo. I questionari vengono successivamente inviati all'Università di Bologna per l'elaborazione dei dati e la diffusione dei risultati.

OBIETTIVI DI RICERCA

Il progetto DUE mira a monitorare la biodiversità del Mar Mediterraneo collaborando con i subacquei volontari e gli amanti dello snorkeling. I dati raccolti possono essere utilizzati dalle istituzioni locali come strumento per attuare misure di conservazione e di salvaguardia. Inoltre, il progetto contribuisce allo sviluppo dell'ecoturismo lungo le coste del Mediterraneo, aumentando la consapevolezza ambientale dei turisti.

Questo studio rappresenta il proseguimento di precedenti programmi di monitoraggio, con lo stesso metodo della citizen science ricreativa, che hanno dato ottimi risultati e ottenuto crediti internazionali: 1999-2001: Missione Ippocampo Mediterraneo" ([S. Goffredo, C. Piccinetti, F. Zaccanti. *Conservation Biology*, 18: 1492-1503, 2004](#)), seguito da "2002-2005: Sub per l'ambiente - Progetto Mediterraneo Biodiversità Subacquea" ([S. Goffredo, F. Pensa, P. Neri, A. Orlandi, M. Scola Gagliardi, A. Velardi, C. Piccinetti, F. Zaccanti. *Ecological Applications*, 20: 2170-2187, 2010](#)) e poi da "2007-2015 "STE: Turismo subacqueo per l'ambiente" - Programma di monitoraggio della biodiversità del Mar Rosso ([Branchini S., Meschini M., Covi C., Piccinetti C., Zaccanti F., Goffredo S. *PLoS ONE*, 10: e0131812, 2015](#)). Questi programmi di monitoraggio sono stati sviluppati dal Marine Science Group (www.marinesciencegroup.org) nel Mar Mediterraneo e nel Mar Rosso e i loro risultati sono stati pubblicati su riviste scientifiche internazionali.

MATERIALI E METODI

Il questionario utilizzato per questo programma di monitoraggio contiene tre sezioni: la prima parte è un'infografica divulgativa sulla tematica delle plastiche, la seconda parte serve per l'identificazione degli organismi rilevati, la terza per la registrazione dei dati. Gli organismi esaminati sono stati selezionati in base alle seguenti caratteristiche:

- facilità di riconoscimento da parte di non professionisti;
- frequenza prevista: comune in tutto il Mediterraneo.

Queste caratteristiche rendono questo metodo di facile utilizzo per i volontari. Viene registrata anche la presenza di rifiuti come indicatore di condizioni ambientali negative.

Ai volontari viene chiesto di compilare il questionario dell'indagine subito dopo la fine dell'immersione o del tour di snorkeling. I dati sono aggregati per tipologia di habitat, suddivisi in "stazioni di rilevamento" (sito di immersione in cui sono stati correttamente compilati almeno dieci questionari nel corso dell'anno) e vengono elaborati dai ricercatori dell'Università di Bologna per ottenere un indice di biodiversità marina.

Il ruolo dei centri di immersione, delle associazioni, delle scuole di immersione e degli istruttori subacquei è fondamentale per il coinvolgimento dei volontari. Attraverso un "sistema piramidale", operatori preparati (ricercatori, tour leader, divemaster e istruttori) sensibilizzano migliaia di turisti e clienti con briefing e assistendoli durante la compilazione dei questionari. I turisti sono inoltre incoraggiati a partecipare al nostro progetto durante eventi pubblici, dove vengono distribuiti questionari e materiale informativo. Aggiornamenti in tempo reale sui progressi della ricerca e sulle iniziative rilevanti sono pubblicati sul [sito web](#) del progetto, sulla pagina [Facebook](#), sulla pagina [Instagram](#) e inviati ai volontari via e-mail.

Il progetto DUE è supportato da: [CONFCOMMERCIO](#) e [CONF TURISMO](#) che hanno sostenuto il progetto per il 2018 e 2019; nell'ambito di questa collaborazione i nostri studenti sono stati ospitati da diverse strutture turistiche costiere

per coinvolgere direttamente i turisti nel progetto. Anche l'operatore turistico [KEL 12](#) e [NATIONAL GEOGRAPHIC EXPEDITIONS ITALIA](#) hanno sostenuto il progetto; nell'ambito di questa collaborazione i nostri studenti sono stati ospitati in una [barca a vela](#) dedicata al progetto lungo la costa ligure. [SCUBAPRO](#), una delle aziende leader mondiali nel settore delle attrezzature subacquee, impegnata nello sviluppo di un turismo sostenibile come fattore di progresso sociale e culturale, contribuisce a sostenere il progetto. [PADI](#), la più grande organizzazione di formazione subacquea al mondo e sostenitrice della consapevolezza ambientale e delle filosofie di tutela, promuove la diffusione del progetto attraverso i suoi istruttori e le sue strutture.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Nel 2023 sono stati raccolti 509 questionari (che corrispondono a 398 ore di immersione). Il 37% dei questionari è stato registrato da subacquei afferenti alla nostra agenzia sponsor PADI (Tab 1). Il coinvolgimento di diverse agenzie di subacquea e diversi centri di immersione suggerisce che questo programma di monitoraggio potrebbe essere utilizzato come strumento per dare valore aggiunto alle immersioni ricreative, incoraggiando le persone ad immergersi e/o a fare snorkeling al fine di raccogliere dati che saranno utilizzati per verificare lo stato di salute del Mar Mediterraneo. Alcune scuole di immersione o centri di immersione si sono distinti per il loro contributo alla raccolta di dati (Tab 2). La distribuzione geografica delle rilevazioni effettuate copre un'area piuttosto ampia (Fig 1) seppur con una distribuzione dei rilevamenti piuttosto disomogenea, pertanto uno dei nostri obiettivi per i prossimi anni sarà quello di avere una mappa più omogenea delle aree censite.

La profondità media di maggiore permanenza è risultata essere 8,7 m, lo sforzo di rilevamento più elevato è stato registrato in estate (il 99% delle immersioni sono state effettuate tra giugno e settembre) e in tarda mattinata (l'ora di inizio immersione nel 78,4% delle immersioni è compreso tra le 9:00 e le 14:00). Questa distribuzione del campionamento riflette il modello tipico della normale attività turistica subacquea nel Mar Mediterraneo. I subacquei preferiscono l'estate, quando la temperatura dell'acqua è più alta, e il giorno, poiché le immersioni notturne richiedono dispositivi specifici e un addestramento avanzato. La distribuzione degli ambienti in cui sono state effettuate le rilevazioni non è omogenea, infatti il 52,1% dei questionari registrati si riferisce all'ambiente roccioso, il 17,7% all'ambiente sabbioso e il 9,4% ad altri ambienti (es. relitti, immersioni nel blu, ecc); lo stesso sbilanciamento dello sforzo di rilevazione è stato registrato nel progetto precedente (Tab 3).

Il calcolo dell'indice di biodiversità marina è stato elaborato solo per l'ambiente con fondali rocciosi, perché dall'inizio del progetto è quello che ha prodotto il numero di schede sufficiente per l'elaborazione dei trend dello stato ambientale.

Per l'ambiente roccioso sono state identificate complessivamente 107 stazioni di rilevamento, di cui 1 presente in tutti e sette gli anni del progetto, 0 registrate solo nel 2017, 21 nel 2018, 16 nel 2019, 3 nel 2020, 1 nel 2021, 18 nel 2022 e 8 nel 2023. Abbiamo ricevuto questionari da molti altri siti di immersione ma non siamo riusciti a classificarli come stazioni di rilevamento dato il numero limitato di questionari compilati (meno di 10) (Tab 4). L'indice di biodiversità marina è stato calcolato per tutte le stazioni di rilevamento del progetto DUE (2017-2023) e per il progetto Sub per l'Ambiente + DUE (2002-2005 più 2017-2023).

PROGETTO DUE

Il 43,9% delle stazioni di rilevamento (47 su 107) è risultata appartenere alla classe di qualità ambientale “media”, il 40% (43 stazioni) alla classe “bassa”, il 14% (14 stazioni) alla classe “buona”, il 2,8% (3 stazioni) alla classe “molto bassa”, con nessuna stazione risultante nella classe “molto buona” (Fig 2).

PROGETTO SUB PER L’AMBIENTE (SPA) + DUE

Dal 2002 al 2005 (progetto SPA) e dal 2017 al 2023 (progetto DUE) sono stati raccolti complessivamente 22 546 questionari validi per l’ambiente roccioso, di cui 17 377 (77,1 %) questionari utili per le analisi che hanno permesso di individuare 298 stazioni di rilevamento. I dati raccolti provengono per la maggior parte dalle coste italiane (Fig 3), ma anche da Croazia, Francia, Grecia, Malta, Slovenia, Spagna e Turchia.

Il 56 % delle stazioni di rilevamento (167 su 298) è risultata appartenere alla classe di qualità ambientale “media”, il 27,5 % (82 stazioni) alla classe “bassa”, il 11,1 % (33 stazioni) alla classe “buona”, il 5,4% (16 stazioni) alla classe “molto bassa”, con nessuna stazione risultante nella classe “molto buona” (Fig 4).

I dati che abbiamo ottenuto finora non sono sufficienti per confrontare lo stato attuale del Mar Mediterraneo con quello ottenuto 20 anni fa attraverso il progetto “Sub per l’ambiente” perché non abbiamo abbastanza stazioni di rilevamento in comune tra i due progetti. Continueremo a raccogliere dati per uniformare i due studi ed avere una serie temporale continua di dati riguardanti la biodiversità del Mar Mediterraneo. Dobbiamo continuare a monitorare e proteggere il nostro mare, per evitare la perdita di biodiversità nei prossimi anni a causa delle pressioni antropiche e degli impatti dei cambiamenti climatici.

CONCLUSIONE

Questo monitoraggio ricreativo permette di raccogliere una quantità significativa di dati con un livello di affidabilità accettabile perché: (1) i volontari sono addestrati e assistiti durante la raccolta dati sul campo da divemaster e istruttori che sono stati precedentemente formati da ricercatori professionisti; (2) il metodo è adatto ai non professionisti perché viene utilizzato un questionario di facile utilizzo con specie facilmente riconoscibili dai subacquei ricreativi. Ogni anno i risultati del progetto saranno presentati durante le attività di comunicazione e divulgazione. Questo progetto rappresenta un caso di successo di collaborazione tra ricercatori e cittadini, dimostrando che con un reclutamento e una formazione adeguati, i dati raccolti dai volontari sono qualitativamente equivalenti a quelli raccolti da ricercatori professionisti e utili per la gestione delle risorse. Questo lavoro rafforza l’importanza dei progetti di citizen science come strumento fondamentale per le attività di monitoraggio e gestione dell’ambiente. Questo metodo potrebbe essere applicato in diversi paesi dai governi locali e dai gestori marini per realizzare azioni di conservazione e gestione su larga scala e a lungo termine, necessarie in un mondo in rapido cambiamento, dove il cambiamento climatico e gli usi antropogenici delle risorse naturali stanno determinando cambiamenti ambientali in tutto il mondo ad un ritmo senza precedenti.

RINGRAZIAMENTI

Un grande ringraziamento va a tutti i nostri volontari e collaboratori che durante gli anni del progetto hanno continuato e continuano a supportarci riportandoci i loro avvistamenti e condividendo con noi curiosità e osservazioni riguardo il nostro mare!

TABELLE E FIGURE

Tabella 1. Questionari compilati nel 2021 divisi per didattica di appartenenza

Agenzie Diving	Web	Questionari Compilati	%
PADI	www.padi.it	193	37,9
NADD	www.naddeurope.com	16	3,1
ESA	www.esaweb.net	11	2,2
CMAS	www.cmas.org	9	1,8
Altre agenzie		22	4,3
Non Specificato		258	50,7
Totale		509	100

Tabella 2. Classifica dei centri che hanno maggiormente contribuito alla raccolta dati per l'anno 2021.

Diving Center-Club	Città	Web	Questionari compilati	%
SDS	Bologna (IT)	www.sdseducational.org	139	27,3
Acqua Mission	Trieste (IT)	www.acquamission.it	101	19,8
Orca Dive Club	Sta. Teresa Gallura(IT)	www.orca-diveclubs.com	74	14,5
Mare Nostrum	Ustica (IT)	www.marenostrumdiving.it	44	8,6
Moby Diving	Lampedusa (IT)	www.mobydiving.it	28	5,5
Altri diving center			108	21,4
Non specificato			15	2,9
Totale			509	100

Tabella 3. Distribuzione dello sforzo di indagine (ore di immersione e questionari raccolti) da parte dei subacquei volontari ricreativi totale e diviso per ambiente esplorato. Sono riportati i numeri del precedente progetto Sub per l'ambiente (2002-2005) e quelli di questo triennio del progetto Divers United for the Environment (2017-2021).

Anno	Ore di immersione	Totale questionari validi	Fondale roccioso	Fondale sabbioso	Altri ambienti
2002	2446	3342	2847	387	108
2003	4459	6230	5544	428	258
2004	3830	5313	4699	452	162
2005	2805	3872	3443	352	77
2017	1217	1385	1215	108	62
2018	2042	2521	1655	721	145
2019	2065	2522	1589	800	136
2020	540	668	311	306	50
2021	444	623	229	340	54
2022	1066	1385	721	283	381
2023	397	498	360	90	48

Tabella 4. Distribuzione dello sforzo di indagine da parte dei subacquei volontari ricreativi riguardante il progetto Divers United for the Environment (2017-2021). I questionari sono suddivisi per regione e in VRQ: questionari validi raccolti, UQ: questionari utili e SQ: questionari sparsi.

	N schede registrate (VRQ)							N schede utili (UQ)							N schede sparse (SQ)						
Regione	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Sardegna	93	250	227	121	0	50	58	37	197	190	113	0	11	25	56	53	37	8	0	39	33
Sicilia	213	212	15	0	70	92	116	129	140	11	0	57	0	78	84	72	4	0	13	92	38
Malta	3	26	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	26	41	0	0	0	0
Liguria	104	132	216	41	36	193	19	34	82	120	0	0	87	10	70	50	96	41	36	106	9
Toscana	422	368	486	109	177	94	70	306	264	401	84	141	36	58	116	104	85	25	36	58	12
Lazio	20	61	3	0	0	12	0	10	46	0	0	0	0	0	10	15	3	0	0	12	0
Campania	43	0	4	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	37	43	0	4	0	0	0	3
Calabria	13	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	32	0	13	0	0	0	0	13	0
Puglia	2	143	45	1	0	0	0	0	103	24	0	0	0	0	2	40	21	1	0	0	0
Abruzzo	0	24	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	12	0	0	0	0
Veneto	0	11	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Friuli - Venezia Giulia	186	106	355	5	0	0	0	184	105	346	0	0	0	0	2	1	9	5	0	0	0
Slovenia	0	0	69	0	0	0	0	0	0	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Istria (Croazia)	34	163	47	9	0	21	13	19	142	27	0	0	11	10	15	21	20	9	0	10	3
Reg. litoraneo-montana (Croazia)	71	159	69	0	0	0	0	56	151	61	0	0	0	0	15	8	8	0	0	0	0
Reg. di Sebenico e Tenin (Croazia)	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Ägäis-Region (Turchia)	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0
Isole Baleari	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0
Grecia	0	0	0	0	0	214	0	0	0	0	0	0	167	0	0	0	0	0	0	47	0
Totale	5785							4152							1633						

2017 + 2018 + 2019 + 2020 + 2021 + 2022 +
2023

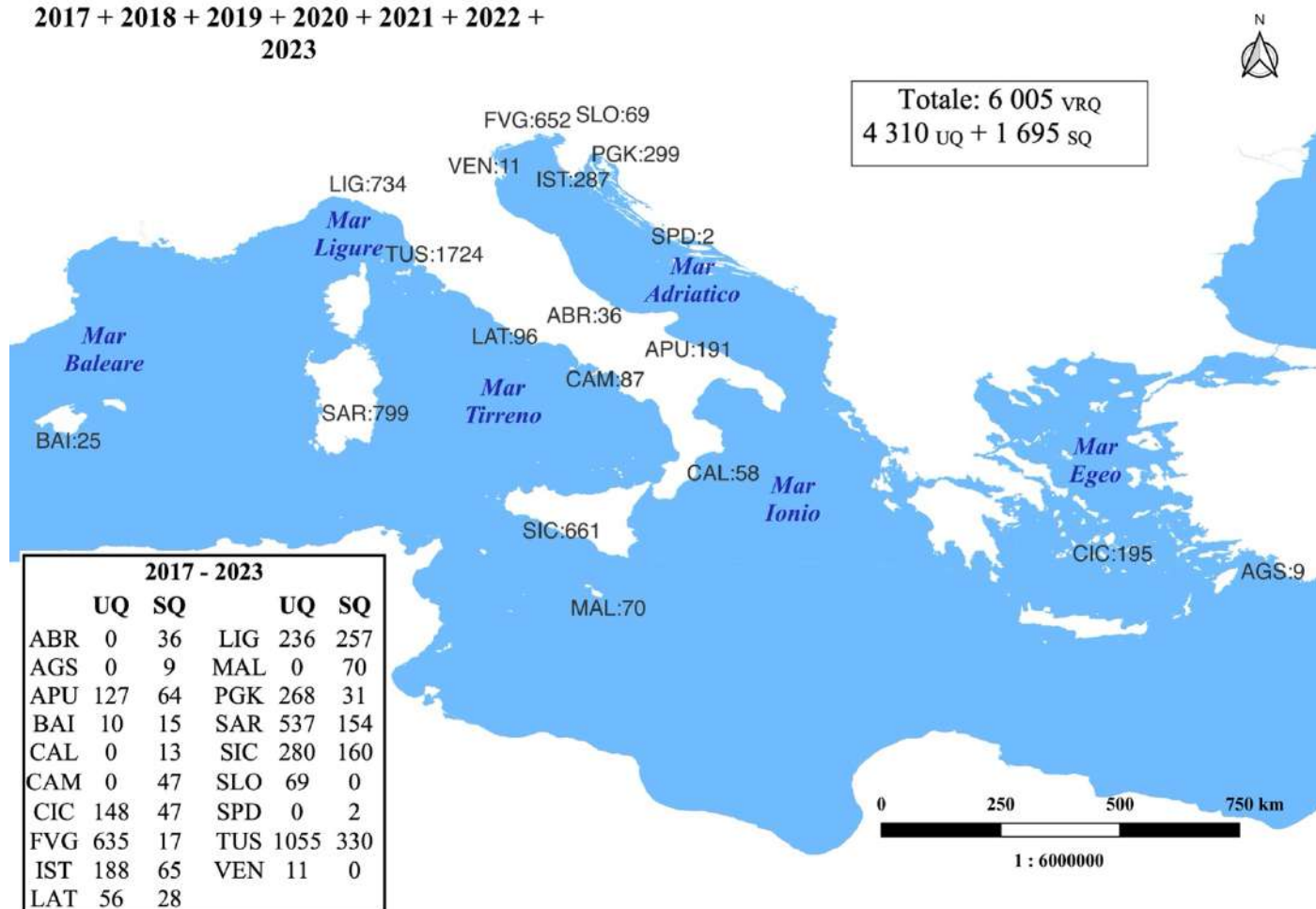


Figura 1. Distribuzione geografica dei questionari appartenenti al fondale roccioso nel progetto di Sentinelle del Mare (2017-2023). Il numero totale di schede registrate valide (VQR), mostrato nella mappa per ogni regione, è stato suddiviso in questionari utili (UQ) e questionari scartati (SQ). ABR: Abruzzo; AGS: Agais-Region (Turchia); APU: Puglia; BAI: Isole Baleari (Spagna); CAL: Calabria; CAM: Campania; EMR: Emilia-Romagna; FVG: Friuli-Venezia Giulia; GRE: Grecia; IST: Istria (Croazia); LAT: Lazio; LIG: Liguria; MAL: Malta; PGK: Regione litoraneomontana (Croazia); SAR: Sardegna; SIC: Sicilia; SLO: Slovenia; SPD: Regione di Sebenico e Tenin (Croazia); TUS: Toscana; VEN: Veneto.

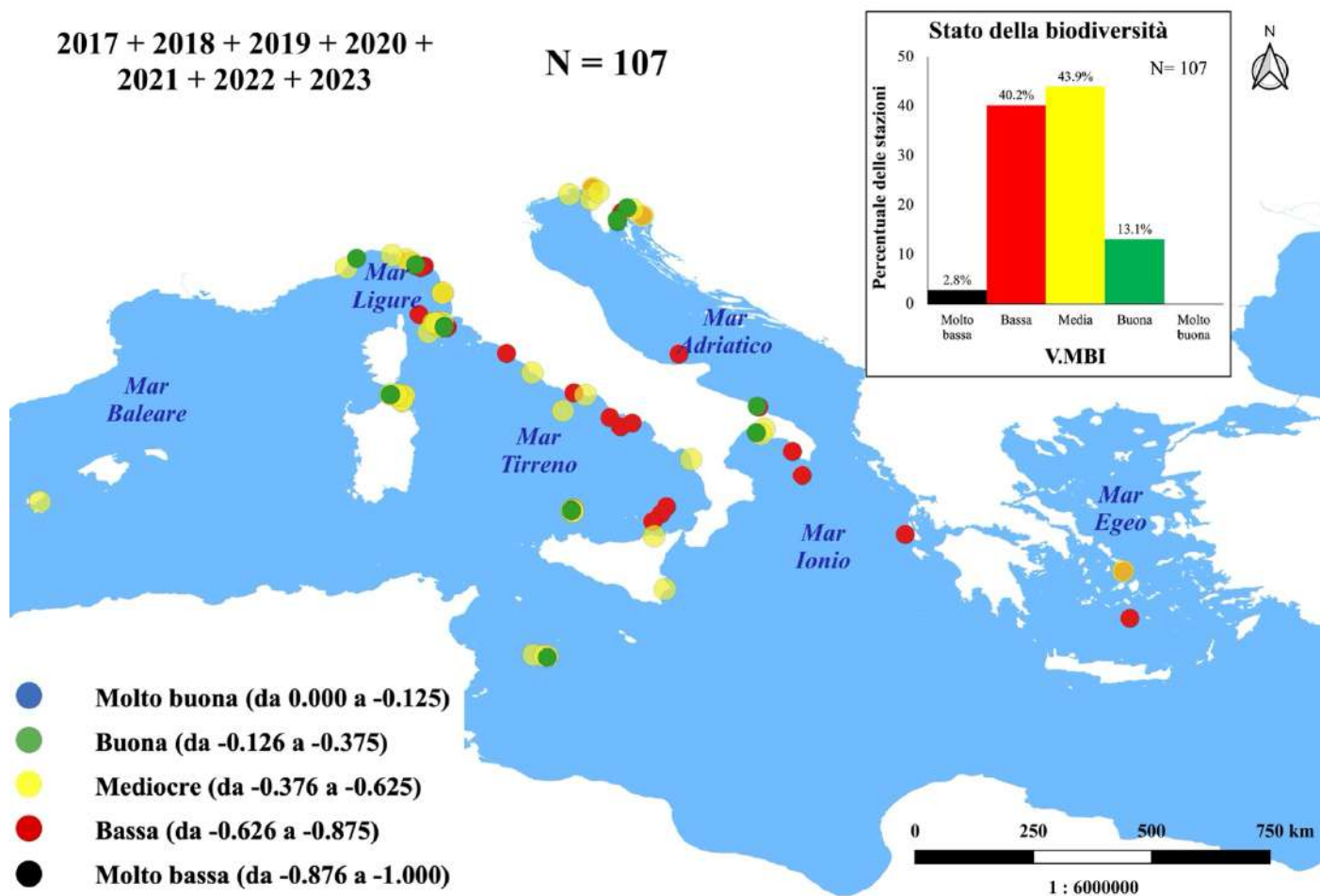


Figura 2. Indice di qualità ambientale (V.MBI) calcolato per le 107 stazioni registrate durante i 6 anni del progetto di “Sentinelle del Mare”. La maggior parte dei siti di immersione (43,9 %) ha presentato un punteggio “medio”, mentre nessun sito è rientrato nella classe “molto buona”.

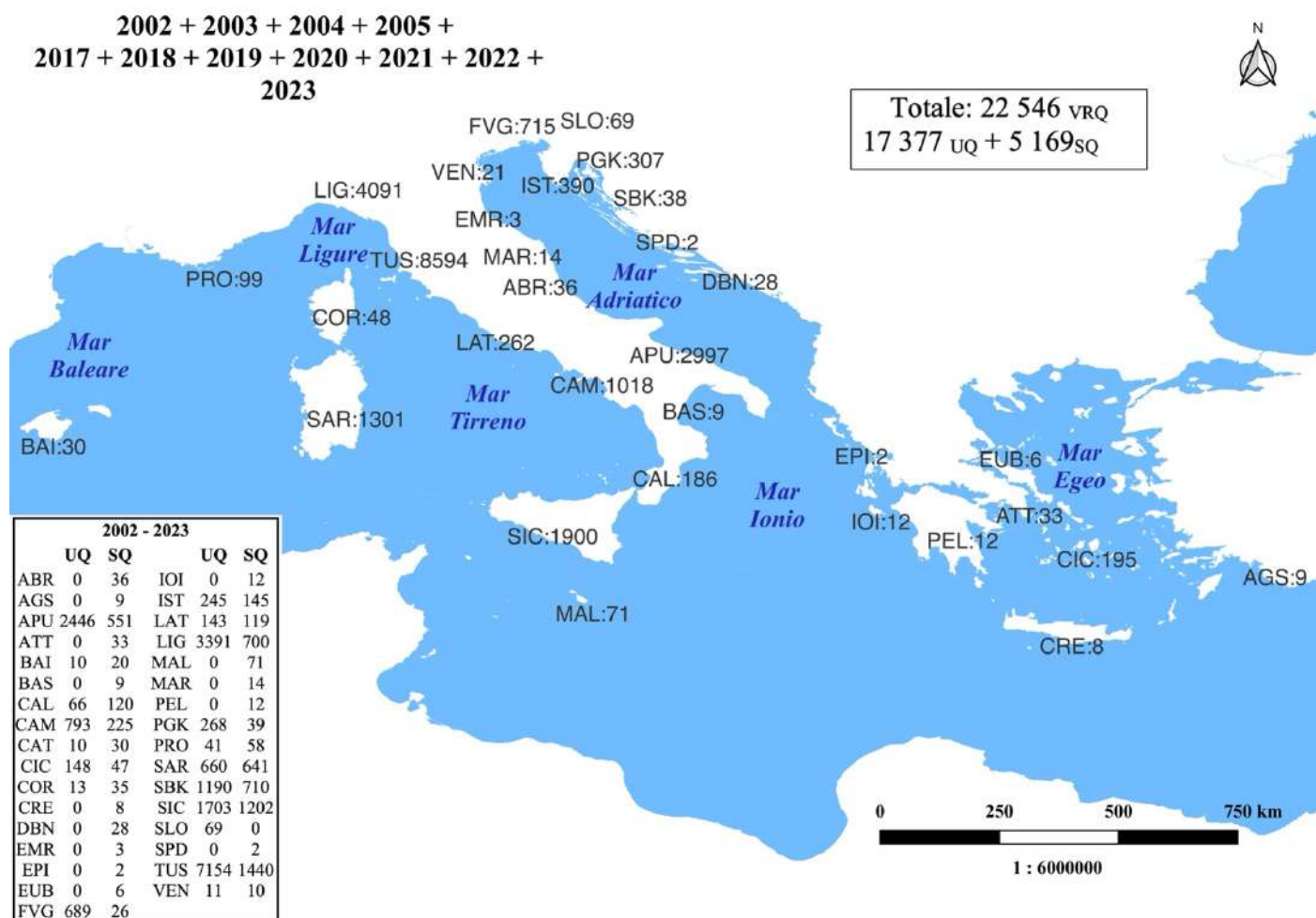


Figura 3. Distribuzione geografica dei questionari appartenenti al fondale roccioso nei due progetti SPA (2002-2005) e DUE (2017- 2023). Il numero totale di schede registrate valide (VQR), mostrato nella mappa per ogni regione, è stato suddiviso in questionari utili (UQ) e questionari scartati (SQ). ABR, Abruzzo; AGS, Agais-Region (Turchia); APU, Puglia; ATT, Attica (Grecia); BAI, Isole Baleari (Spagna); BAS, Basilicata; CAL, Calabria; CAM, Campania; CAT, Catalogna (Spagna); COR, Corsica (Francia); CRE, Creta (Grecia); DBN, Regione raguseo-narentana (Croazia); EMR, EmiliaRomagna; EPI, Epiro (Grecia); EUB, Eubea (Grecia); FVG, Friuli-Venezia Giulia; IOI, Isole Ionie (Grecia); IOC, Santorini (Grecia); IST, Istria (Croazia); LAT, Lazio; LIG, Liguria; MAL, Malta; MAR, Marche; PEL, Peloponneso (Grecia); PGK, Regione litoraneomontana (Croazia); PRO, Provenza (Francia); SAR, Sardegna; SBK, Regione zaratina (Croazia); SIC, Sicilia; SLO, Slovenia; SPD, Regione di Sebenico e Tenin (Croazia); TUS, Toscana; VEN, Veneto.

2002 + 2003 + 2004 + 2005 +
2017 + 2018 + 2019 + 2020 + 2021
+2022 + 2023

N = 298

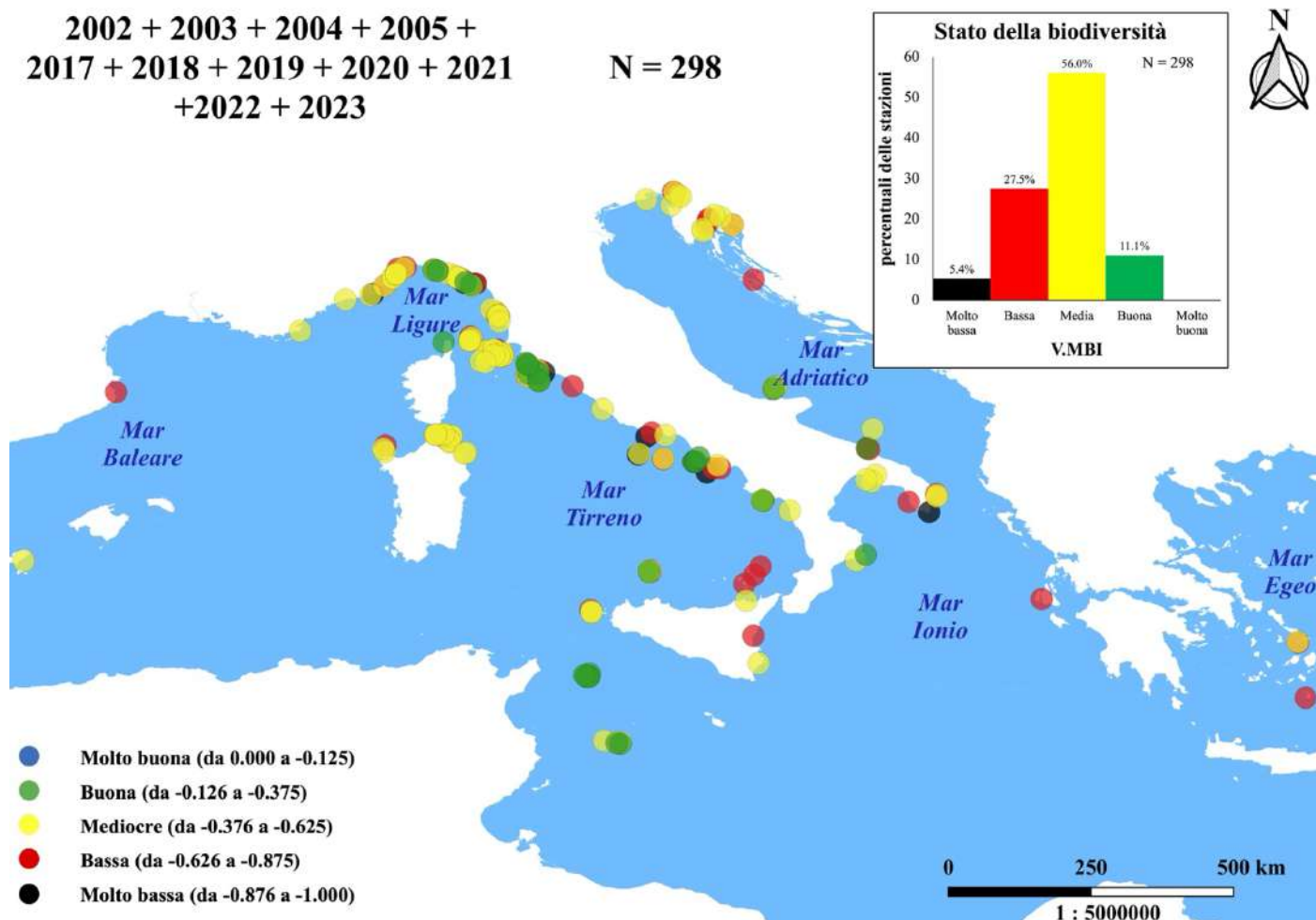


Figura 4. Indice di biodiversità marina (V.MBI) calcolato per le 298 stazioni registrate durante gli 11 anni dei due progetti SPA (2002- 2005) e DUE (2017-2023). Il 56,1% dei siti di immersione ha presentato un punteggio “mediocre”, mentre nessun sito è rientrato nella classe “molto buona”.