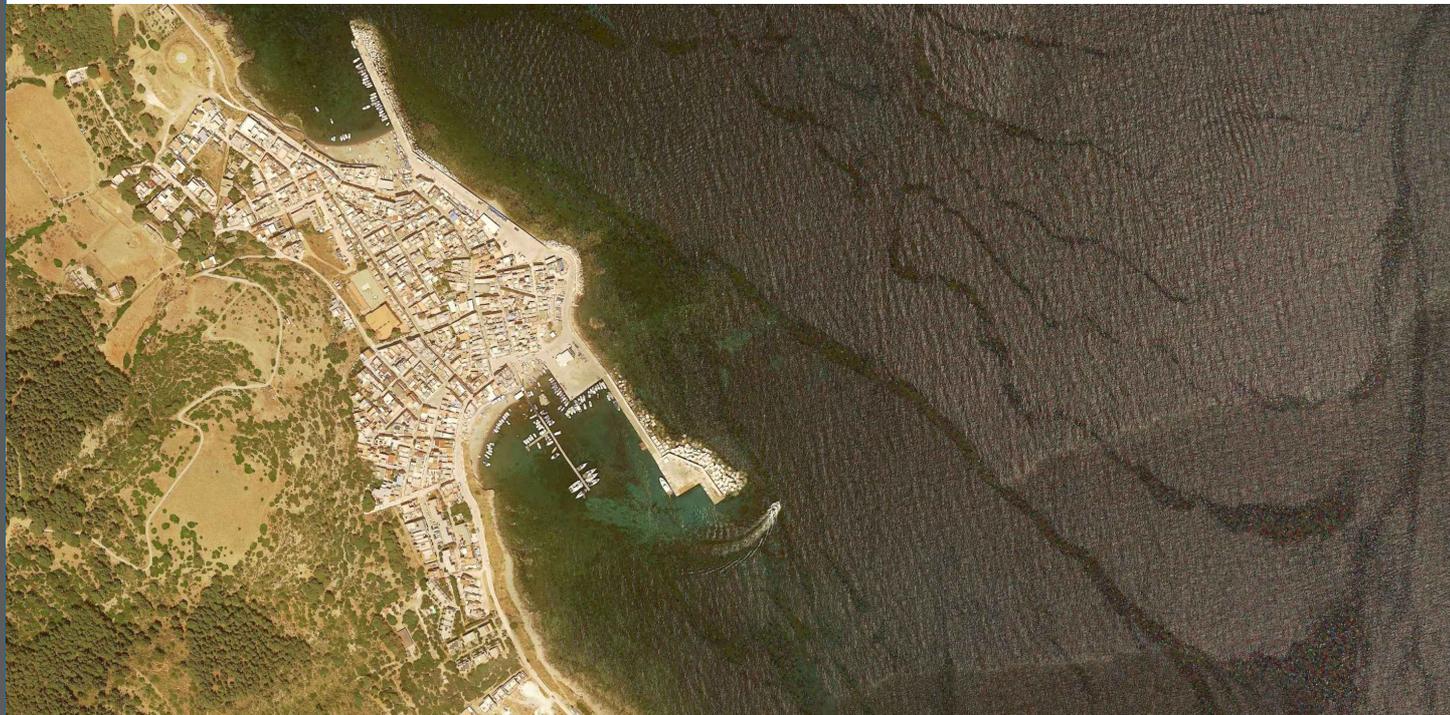




**LAVORI PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL PORTO DI  
 MARETTIMO A SUD DEL CENTRO ABITATO**

CIG: 806910219F



**STUDIO IMPATTO AMBIENTALE**

**Il RUP:**

**Dott. Simone Ponte**



Viale Lazio, n°13  
 90144 Palermo (PA)

Rev.	Data	Descrizione	Eseguito	Controllato	Approvato
0	Febbraio 2022	EMISSIONE		M.M.	G.M.

Titolo elaborato :

**RILIEVI E INDAGINI**  
*Relazione sull'indagine sui macroinvertebrati bentonici  
 dei fondali marino costieri*

DATA	DESCRIZIONE	LIVELLO	OPERA	N°/SIGLA	TIPOLOGIA	REV	SCALA
Febbraio 2022	EMISSIONE	S I A	R I N	0 6 0 1	R	0	-

# **MARETTIMO (TP)**

***Indagine sui macroinvertebrati bentonici dei***

***fondali marino costieri***

***Giugno 2021***

## **INTRODUZIONE**

Nel contesto dei monitoraggi ambientali, si rivela di particolare importanza un'adeguata caratterizzazione "biologico-ambientale" dei siti interessati. A tale scopo, la normativa di settore attualmente vigente impone l'effettuazione di indagini dirette su parte della componente biotica dell'area interessata. In particolare, allo scopo di verificare la sussistenza e l'evoluzione di impatti ambientali negativi, conseguenti l'esecuzione di determinate attività e la realizzazione di opere antropiche, si valutano eventuali variazioni temporali che intervengono a livello della struttura della "comunità" di specie che caratterizza l'ecosistema naturale di volta in volta interessato. Nell'intento di snellire l'intero iter, per quanto possibile si tende a condurre le dovute indagini su determinate "categorie" o "macro-gruppi" di organismi, che rappresentano sottoinsiemi dell'intera comunità. Le indagini che si basano su livelli di organizzazione biologica inferiore a quella di comunità o dei suddetti "macro-gruppi" di organismi, come quelle fondate sulla biochimica, sulla biologia cellulare o sulla fisiologia di determinate specie presenti nell'area di indagine, non possono prescindere dall'approccio sperimentale. Ovvero, se il monitoraggio si basa su questo tipo di indagini, si rende necessario il prelievo di alcuni organismi vivi dall'ambiente naturale (appartenenti alle specie target delle indagini), i quali saranno successivamente sottoposti ad appositi test (o esperimenti) di laboratorio. In tali casi, oltre ad essere potenzialmente influenzata da nuove variabili in gioco, caratterizzanti l'ambiente artificiale, la risposta degli organismi presi in considerazione scaturisce prettamente dalle sole condizioni ambientali in cui gli stessi si trovavano al momento del campionamento. Nella struttura e nelle proprietà che caratterizzano ogni comunità di organismi viventi in un determinato ambiente naturale, invece, è racchiusa l'espressione e l'integrazione delle condizioni ambientali avvenute antecedentemente al momento del campionamento – per un periodo di tempo la cui entità è correlata, in maggior misura, alla specificità del "macro-gruppo" di organismi di volta in volta considerato.

Ogni disturbo in grado di mutare i complessi equilibri di un ambiente naturale, non interviene esclusivamente sulle singole componenti dello stesso, interessando piuttosto l'intera comunità di specie presenti. Le comunità degli ambienti naturali rappresentano, dunque, il livello di organizzazione maggiormente efficace nel registrare informazioni utili ad identificare quali cambiamenti siano intervenuti nel tempo a livello dei vari fattori

ambientali, biotici ed abiotici, consentendo anche di valutare l'entità degli stessi. Inoltre, dalle indagini sulle comunità, volte al monitoraggio ambientale, possono anche scaturire indicazioni predittive sulle conseguenze che differenti tipi di impatto possono comportare.

In presenza di aree marine caratterizzate da fondali mobili, la struttura delle comunità di organismi bentonici - ovvero che vivono sui fondali marini o in prossimità degli stessi - può essere utilizzata per caratterizzare le condizioni ambientali di aree da indagare e per classificare l'estensione di eventuali impatti ambientali.

### **Macrozoobenthos ed indagini ambientali**

Il macrozoobenthos è costituito, per definizione, da organismi animali bentonici (ovvero *in stretto rapporto con il fondale*) di dimensioni superiori a 0,5 mm, o comunque in grado di essere trattenuti da setacci di tali dimensioni (il limite minimo di 0,5 mm per il macrozoobenthos non è comunque generalizzato ed alcuni autori ritengono più adatto un valore di 1 mm; limite minimo generalmente adottato nelle indagini sul macrozoobenthos, allo scopo dei monitoraggi sugli ambienti marini). Nei fondali mobili (*sedimentari*) il macrozoobenthos è in molti casi dominato, in termini di abbondanza, da anellidi policheti, seguiti da molluschi bivalvi, crostacei anfipodi e decapodi ed echinodermi. Lo studio del macrozoobenthos di fondo mobile rappresenta attualmente un importante strumento per il monitoraggio dell'ambiente marino: le comunità bentoniche insediate nei fondali sedimentari, difatti, sono largamente usate come "indicatori" delle caratteristiche ambientali, utili anche a valutare le alterazioni delle stesse causate dall'attività antropica. La scelta di tale *strumento* di monitoraggio avviene nonostante le difficoltà intrinseche al campionamento degli organismi macrozoobentonici nei fondali mobili - che comporta, di fatto, il prelievo di una quantità di sedimento piuttosto elevata - ed ai tempi relativamente lunghi necessari alla conseguente conduzione, sui campioni, delle analisi utili allo scopo. Di contro, l'impiego del macrozoobenthos presenta indubbi vantaggi: in primo luogo, fondamentale risulta la mole di dati già presenti nella letteratura di settore, che descrivono gli effetti dei cambiamenti delle variabili ambientali sul macrozoobenthos di fondali marini in aree geografiche distribuite su tutti i mari e gli oceani del globo terrestre; inoltre, va considerato che gli organismi del macrozoobenthos appartengono spesso a specie con elevata sensibilità agli effetti negativi che le attività di origine antropica possono esercitare

sull'ambiente, rispondendo, in maniera ormai nota e prevedibile, allo scopo di integrare, nel tempo, le variazioni dei fattori ambientali. Altro relativo vantaggio dell'analisi qualitativa del macrozoobenthos, per i suddetti scopi, consiste nel fatto che il riconoscimento delle specie animali di appartenenza degli organismi macrozoobentonici risulta, in genere, "meno difficile" rispetto all'identificazione specie-specifica degli organismi del *meiobenthos*: anche questi sono animali di piccole dimensioni che vivono nei fondali, ma sono caratterizzati da una lunghezza inferiore a 0,5 mm; inoltre, come per il macrozoobenthos, sono anch'essi abbondanti nei sedimenti e potenzialmente utilizzabili allo scopo di valutare le variazioni a livello di comunità indotte dai mutamenti ambientali.

L'opportunità della scelta del macrozoobenthos di fondi mobili come comparto biotico utile a monitoraggi ambientali risiede anche nella spiccata sedentarietà che caratterizza tali organismi animali. I quali, dunque, vivendo a stretto rapporto con il fondale, possiedono l'intrinseca capacità di rivelare gli effetti delle variazioni ambientali indotte nel sito geografico di appartenenza e di "memorizzare" tali informazioni nella struttura di comunità. Inoltre, si tratta generalmente di specie con cicli vitali piuttosto lunghi, in relazione a quelli che sono gli standard dei programmi di monitoraggio.

Nei fondali mobili marini la composizione e la struttura del comparto animale bentonico è strettamente dipendente da una serie di fattori biotici ed abiotici, caratterizzati da una notevole variabilità sia spaziale sia temporale, quali: l'idrodinamismo, la granulometria del substrato, il ritmo sedimentario, la concentrazione di sostanza organica nei sedimenti, la pressione esercitata dalla colonna d'acqua sovrastante, l'apporto di acque dolci, la presenza di sostanze inquinanti (e l'entità dell'impatto ambientale derivato da qualsiasi attività di origine antropica) e, non da ultime, le caratteristiche biologiche delle specie animali stesse. I popolamenti macrozoobentonici di fondo mobile sono particolarmente importanti per la loro capacità di rispondere significativamente a variazioni ambientali sia di origine naturale sia antropica: le modificazioni ambientali, consistenti principalmente nello scostamento dei fattori sopra elencati da quelli che sono i naturali valori (sito specifici), provocano di norma alterazioni nella struttura della comunità, ovvero nella composizione in specie e/o nell'abbondanza relativa degli esemplari di ognuna delle specie caratterizzanti le comunità bentoniche marine. Queste, di conseguenza, assumono un ruolo di "indicatore" di notevole importanza nel processo di valutazione della qualità

dell'ambiente, consentendo di evidenziare eventuali alterazioni dello stato naturale dell'area in cui esse esistono.

In seguito al verificarsi di fenomeni di disturbo, che causano variazioni tangibili su uno o più fattori ambientali, la composizione del macrozoobenthos dei fondi mobili cambia seguendo il tipico modello della successione secondaria, inizialmente descritto da Pearson e Rosenberg (1978) – che nel caso di studio specifico facevano riferimento prettamente alla variabile ambientale rappresentata dalla concentrazione di sostanza organica nel sedimento: tale successione consiste nella transizione da alta a bassa diversità, nonché dalla dominanza delle specie sensibili alla dominanza di specie tolleranti, in concomitanza con la crescita dell'arricchimento organico nel sedimento. Le modificazioni indotte all'ambiente possono dunque essere rilevate osservando l'integrazione delle risposte a condizioni sfavorevoli operata nel tempo dalle comunità bentoniche: in seguito al perdurare della perturbazione, in una prima fase si assiste alla scomparsa graduale delle specie più caratteristiche della comunità; successivamente si verifica una progressiva diminuzione del numero di specie, con una prevalenza sempre maggiore, nel tempo, di quelle caratterizzate da intervalli di tolleranza sempre più ampi, nei confronti di diversi fattori ambientali; infine, in condizioni di disturbo particolarmente elevato, si assiste alla totale scomparsa degli organismi macrobentonici e ad un contestuale ed esponenziale incremento delle popolazioni batteriche, che finiscono per dominare di gran lunga i fondali interessati.

Al momento dell'entrata in vigore della normativa europea dell'acqua Direttiva 2000/60/EC - meglio nota come *Water Framework Directive* (WFD) – uno degli aspetti più innovativi consisteva nell'adozione dell'“approccio ecologico”. Difatti, per la prima volta a livello legislativo, vengono considerati come “indicatori” validi della qualità ambientale anche la composizione, l'abbondanza e la biomassa delle comunità biologiche. In particolare, per ciò che concerne i fondali mobili marini, l'analisi della composizione in specie del macrozoobenthos – già da diversi decenni riconosciuta particolarmente utile nella valutazione dell'identità e delle caratteristiche peculiari degli habitat e degli ecosistemi di appartenenza - dal momento dell'entrata in vigore della WFD cominciò ad essere inclusa nei programmi di monitoraggio volti a valutare lo stato di salute dell'ambiente acquatico ed a classificare l'entità di eventuali impatti ambientali.

In definitiva, secondo quanto prescritto dalla direttiva 2000/60/CE - in Italia recepita con il D.Lgs. 152/06 ed attuata tramite il D.M. 260/2010 - ai fini della classificazione dello Stato di Qualità Ambientale delle acque marino costiere viene indagata una serie di elementi biologici, fisico-chimici, chimici e idromorfologici; in particolare uno degli elementi di qualità biologica (EQB) presi in considerazione è rappresentato dai *macroinvertebrati bentonici di fondo molle*.

## **METODOLOGIE**

### **Attività di campo**

I campionamenti per il prelievo degli organismi del macrozoobenthos sono stati eseguiti, come da "Scheda metodologica per il campionamento e l'analisi del macrozoobenthos di fondi molli" (ISPRA).

Il prelievo dei campioni è stato eseguito il 30 maggio 2021, con l'appoggio del mezzo nautico "Pist 704", all'interno di un'area marina prossima all'imboccatura del porto di Marettimo. I campioni di macrozoobenthos sono stati prelevati in corrispondenza di 6 stazioni di campionamento - distribuite lungo due transetti perpendicolari alla linea di costa (tre stazioni per ogni transetto) - con profondità comprese tra 4 e 12 metri e distanti dalla costa tra 150 e 480 m. Nella Tabella 1 sono riportate le coordinate geografiche (WGS84/UTM Zone 33N) e le profondità delle singole stazioni di campionamento.

**Tabella 1** - Lista delle stazioni di campionamento del macrozoobenthos, con relative coordinate geografiche e profondità.

Stazione	Coordinate GEOGRAFICHE WGS84/UTM 33N		Profondità (m)
	Longitudine (m E)	Latitudine (m N)	
M1	37°57'55.28"	12° 4'35.81"	4
M2	37°57'54.68"	12° 4'38.86"	10
M3	37°57'55.32"	12° 4'45.80"	12
M4	37°57'51.60"	12° 4'38.59"	6
M5	37°57'49.35"	12° 4'40.87"	4
M6	37°57'51.46"	12° 4'53.95"	8

In ogni stazione, sono state effettuate tre distinte repliche di campionamento, ognuna rappresentata dal prelievo di sedimento dal fondale effettuato tramite una benna Van Veen - con una superficie di presa di circa 0,1 m<sup>2</sup> (ovvero 0,092 m<sup>2</sup>) - appositamente calata dall'imbarcazione d'appoggio. I campioni prelevati, una volta a bordo, sono stati sottoposti ad una prima operazione di setacciatura, avente lo scopo di eliminare parte del sedimento, pur mantenendo tutti gli organismi animali delle dimensioni superiori a 1,0 mm, contenuti nei campioni stessi. A tal proposito, ogni replica di campionamento è stata opportunamente vagliata su vari setacci, l'ultimo dei quali con apertura regolare di maglia pari a 1,0 mm. Il materiale raccolto nei setacci è stato quindi trasferito in appropriati contenitori in plastica, ognuno dei quali provvisto di un'etichetta contenente le informazioni relative al campionamento d'origine (data e luogo di prelievo, codice della stazione, numero della replica). All'interno di ognuno di tali contenitori, gli organismi del macrozoobenthos sono stati "fissati" in una soluzione di formalina al 10% (o formaldeide al 4%) in acqua di mare. La formalina è stata neutralizzata con carbonato di calcio.

### **Attività di laboratorio**

Prima di essere sottoposto alle indagini di laboratorio, ogni campione di macrozoobenthos è stato innanzitutto adeguatamente sciacquato dalla formalina: nel corso di tale operazione, sono state adottate le dovute precauzioni allo scopo di preservare sia l'ambiente sia gli operatori di laboratorio dagli effetti negativi della formalina.

In seguito, i singoli campioni sono stati sottoposti a *sorting* (smistamento), tramite osservazione degli stessi allo stereo-microscopio. Si è così giunti, in primo luogo, all'assegnazione di ognuno degli organismi animali rilevati ad uno dei macrogruppi principali tipicamente caratterizzanti il macrozoobenthos dei fondali sabbiosi costieri del Mediterraneo. Nello specifico, tutti gli organismi riscontrati appartenevano esclusivamente a cinque di questi macrogruppi (*taxa*) di specie bentoniche: Molluschi, Anellidi Policheti, Crostacei, Echinodermi, Sipunculidi. Come da protocollo, per ogni campione, l'insieme degli esemplari appartenenti a ciascuno dei suddetti macrogruppi animali è stato posto in un apposito contenitore in plastica, opportunamente etichettato, in una soluzione acquosa con alcol etilico al 70%. Questa ha la funzione di "conservante" nei confronti degli animali del macrozoobenthos precedentemente "fissati" tramite l'impiego della formalina. I *taxa* sopra citati sono normalmente impiegati in indagini di questo tipo in quanto, oltre ad

essere generalmente i più importanti (soprattutto i primi tre, tra quelli elencati) in termini di abbondanza e distribuzione nel macrozoobenthos marino del Mar Mediterraneo, anche perché gli organismi ad essi appartenenti sono considerati "efficaci descrittori" delle comunità bentoniche cui fanno parte (Gambi *et al.*, 1982; Scipione e Fresi, 1983; Bianchi e Morri, 1985; Gambi e Giangrande, 1986).

Successivamente si è proceduto, con l'ausilio di stereo-microscopi, microscopi e chiavi di identificazione (dicotomiche), alla fase di "identificazione tassonomica" di ogni esemplare del macrozoobenthos riscontrato, fino al livello di specie, ove possibile. Per ciascuna specie - o *taxon* di rango superiore - è stato effettuato il conteggio del numero di individui presenti in ogni campione.

Sulla base delle analisi effettuate, dunque, è stata elaborata la lista delle specie (o dei *taxa* di rango superiore) relativa a ciascun campione.

Il D.M. 260/2010 prevede che la caratterizzazione dello stato di salute delle aree marine sia effettuata tramite la valutazione di Elementi di Qualità Biologica (EQB), quali i "Macroinvertebrati bentonici". In particolare, gli aspetti da considerare relativamente al macrozoobenthos consistono nel livello di biodiversità e di abbondanza degli invertebrati, nonché nella proporzione tra organismi appartenenti a specie con sensibilità differente ai livelli di disturbo di varia tipologia. Nell'ambito della presente indagine, l'EQB "Macroinvertebrati bentonici" è stato valutato applicando l'indice M-AMBI sulle liste delle specie elaborate. Il M-AMBI è un indice multivariato che prende in considerazione l'indice AMBI (AZTI Marine Biotic Index), la ricchezza specifica totale ( $S$ , Richness) - corrispondente al numero totale delle specie catturate - e l'indice di diversità specifica ( $H'$ , Diversity) (Shannon e Weaver, 1949) - basato sull'abbondanza proporzionale delle specie riscontrate, essendo dunque un indice che tiene conto, sia del numero di specie presenti sia del modo in cui gli individui sono distribuiti fra le diverse specie.

L'AMBI prevede la ripartizione delle specie bentoniche presenti in un sito geografico in cinque gruppi ecologici - qui di seguito descritti - ognuno caratterizzato da un determinato grado di sensibilità o tolleranza ad un progressivo peggioramento della qualità delle acque, originariamente basato su un metodo di valutazione dello stato di compromissione

dell'ecosistema in cui la fonte di inquinamento è l'arricchimento in sostanza organica (Pearson e Rosenberg, 1978):

- gruppo I (GI): specie molto sensibili all'arricchimento organico - presenti quando l'ambiente è intatto - e soggette a scomparsa anche a seguito di un leggero squilibrio;
- gruppo II (GII): specie indifferenti all'arricchimento, presenti in ridotte densità e senza variazioni significative nel tempo, che possono svilupparsi a seguito della riduzione delle specie del gruppo I;
- gruppo III (GIII): specie tolleranti ad un eccesso di sostanza organica, che sono stimulate dall'arricchimento, quindi in situazioni di disequilibrio;
- gruppo IV (GIV): specie opportunistiche di 2° ordine, si sviluppano in condizioni di disequilibrio;
- gruppo V (GV): specie opportunistiche di 1° ordine, presenti in condizioni di forte disequilibrio.

Il calcolo dell'M-AMBI, nella presente indagine, è stato effettuato tramite il software "AMBI: AZTI MARINE BIOTIC INDEX" (AZTI-Tecnalia, [www.azti.es](http://www.azti.es)), che fornisce i valori dell'AMBI e del M-AMBI, i livelli di disturbo del sito e lo stato di salute della comunità bentonica. Il software restituisce il dato sulla percentuale di individui, relativamente al numero totale di quelli prelevati, che appartengono a ciascun gruppo ecologico; la ricchezza in specie (S, numero di specie) e la diversità (H', indice di Shannon and Weaver) ed infine il valore dell'M-AMBI che varia tra 0 ed 1 e corrisponde al Rapporto di Qualità Ecologica (RQE).

Qui di seguito sono indicati i valori di riferimento per ciascuna metrica che compone l'M-AMBI ed i limiti di classe dell'M-AMBI, espressi in termini di RQE, tra lo stato "Elevato" e lo stato "Buono", e tra lo stato "Buono" e lo stato "Sufficiente" riportati dal D.M. 260/2010.

Macrotipo	Valori di riferimento			RQE	
	AMBI	H'	S	Elevato/Buono	Buono/Sufficiente
3	0,5	4	30	0,81	0,61

Ai fini del calcolo e dell'applicazione del M-AMBI, le liste specie/abbondanza relative alle singole repliche prelevate sono state inserite nel software "AMBI: AZTI Marine Biotic Index" (6.0) e processate, secondo quanto richiesto dalla procedura guidata insita nello

stesso software, prima dell'elaborazione vera e propria dei dati con lo scopo di ottenere i valori degli indici sopra descritti e dello stato di qualità ambientale.

## **RISULTATI**

Nella Tabella 2 è riportato l'elenco delle specie – o degli altri *taxa* di rango "superiore" – a cui appartengono i vari esemplari di macrozoobenthos riscontrati nell'insieme dei campioni. Nel processo di identificazione ci si è fermati ad un *taxon* di rango superiore, rispetto a quello di "specie", per quegli esemplari che si sono presentati non in perfetto stato, tanto da aver perduto – del tutto o anche solo in parte – uno o più di quelli che sono da considerarsi "caratteri" indispensabili, allo scopo; ovvero, trattandosi di quegli elementi anatomici la cui attenta osservazione – solitamente attraverso la lente di uno stereo-microscopio o di un microscopio – è necessaria al fine di poter procedere oltre, una volta giunti ad uno specifico step tra quelli (spesso numerosi) da affrontare obbligatoriamente lungo il percorso lineare delle chiavi dicotomiche identificative. Questo è un aspetto che nei campioni di macrozoobenthos di fondali mobili si verifica "normalmente" – ovvero anche se tutte le operazioni di campo e di laboratorio, pertinenti il prelievo, la conservazione e il successivo smistamento (*sorting*) degli animali, sono eseguite correttamente, nel migliore dei modi. Va considerato, difatti, che tali organismi animali vengono prelevati dal loro ambiente naturale insieme ad una certa quantità del sedimento stesso in cui vivono; e vi restano contenuti fino alla fase di *sorting*. Inevitabilmente, dunque, alcuni esemplari – soprattutto quelli appartenenti alle specie più delicate – incorrono nel tempo ad un qualche danneggiamento causato dal contatto col sedimento stesso, soprattutto nel caso in cui questo sia rappresentato prevalentemente da sabbia grossolana e/o ghiaia – come per i campioni oggetto dell'indagine qui discussa. Di contro, l'impiego dell'indice AMBI e della conseguente analisi multivariata volta a calcolare l'indice M-AMBI – come nell'ambito della presente indagine – allo scopo di caratterizzare l'ambiente marino indagato, riduce l'entità della potenziale perdita di informazioni plausibilmente utili al raggiungimento dell'obiettivo prefissato. Difatti, l'assegnazione dei singoli organismi campionati ad uno dei 5 gruppi ecologici precedentemente descritti – aspetto fondamentale sul quale si basa il calcolo degli indici AMBI e M-AMBI – non prevede necessariamente l'identificazione dei singoli organismi fino al livello di "specie"; in

parecchi casi, invece, lungo il processo identificativo è sufficiente arrestarsi ad un *taxon* di rango superiore: specialmente "genere", ma anche "famiglia" e, in taluni casi, persino "ordine".

**Tabella 2 – Elenco dei taxa di appartenenza degli esemplari riscontrati nei campioni di macrozoobenthos.**

FAMIGLIA	TAXON	AUTORE	AMBI ecological group
<b>CRUSTACEA AMPHIPODA</b>			
Amphilocheidae Boeck, 1871	<i>Apolochus neapolitanus</i>	(Della Valle, 1893)	II
Atylidae Lilljeborg, 1865	<i>Atylus</i> sp.	Leach, 1815	I
Caprellidae Leach, 1814	<i>Caprella</i> sp.	Lamarck, 1801	II
Nuuanuidae Lowry & Myers, 2013	<i>Gammarella fucicola</i>	(Leach, 1814)	III
Tryphosidae Lowry & Stoddart, 1997	<i>Hippomedon massiliensis</i>	Bellan-Santini, 1965	I
Aoridae Stebbing, 1899	<i>Lembos</i> sp.	Spence Bate, 1857	I
Maeridae Krapp-Schickel, 2008	<i>Maera grossimana</i>	(Montagu, 1808)	I
Atylidae Lilljeborg, 1865	<i>Nototropis guttatus</i>	Costa, 1853	I
Atylidae Lilljeborg, 1865	<i>Nototropis vedlomensis</i>	(Spence Bate & Westwood, 1862)	I
Hyalidae Bulyčeva, 1957	<i>Protohyale (Boreohyale) camptonyx</i>	(Heller, 1866)	I
Caprellidae Leach, 1814	<i>Phthisica marina</i>	Slabber, 1769	I
Urothoidea Bousfield, 1978	<i>Urothoe grimaldii</i>	Chevreaux, 1895	I
<b>CRUSTACEA CLADOCERA</b>			
	Cladocera	Latreille, 1829	III
<b>CRUSTACEA DECAPODA</b>			
Paguridae Latreille, 1802	<i>Anapagurus</i> sp.	Henderson, 1886	I
Paguridae Latreille, 1802	<i>Cestopagurus timidus</i>	(P. Roux, 1830 [in P. Roux, 1828-1830])	I
<b>CRUSTACEA INGOLFIELLIDA</b>			
Ingolfiellidae Hansen, 1903	<i>Ingolfiella ischitana</i>	Schiecke, 1973	III
<b>CRUSTACEA ISOPODA</b>			
Cirolanidae Dana, 1852	<i>Natatonana gallica</i>	(Hansen, 1905)	II
<b>CRUSTACEA OSTRACODA</b>			
Cylindroleberididae Müller, 1906	<i>Cylindroleberis mariae</i>	(Baird, 1850)	I
<b>CRUSTACEA TANAIDACEA</b>			
Apseudidae Leach, 1814	<i>Apseudopsis latreilli</i>	(Milne Edwards, 1828)	III
Leptocheilidae Lang, 1973	<i>Chondrochella savignyi</i>	(Kroyer, 1842)	III
<b>ECHINODERMATA ECHINOIDEA</b>			
Fibulariidae Gray, 1855	<i>Echinocyamus pusillus</i>	(O.F. Müller, 1776)	I
<b>ECHINODERMATA OPHIUROIDEA</b>			
Ophiotrichidae Ljungman, 1867	<i>Ophiotrix</i> sp.	Müller & Troschel, 1840	I
<b>MOLLUSCA BIVALVIA</b>			
Semelidae Stoliczka, 1870 (1825)	<i>Abra alba</i>	(W. Wood, 1802)	III
Veneridae Rafinesque, 1815	<i>Clausinella fasciata</i>	(da Costa, 1778)	I
Veneridae Rafinesque, 1815	<i>Dosinia lupinus</i>	(Linnaeus, 1758)	I
Lucinidae J. Fleming, 1828	<i>Loripes orbiculatus</i>	Poli, 1795	I
Lucinidae J. Fleming, 1828	<i>Lucinella divaricata</i>	(Linnaeus, 1758)	I
Veneridae Rafinesque, 1815	<i>Ruditapes decussatus</i>	(Linnaeus, 1758)	I
Mactridae Lamarck, 1809	<i>Spisula subtruncata</i>	(da Costa, 1778)	I
Veneridae Rafinesque, 1815	<i>Timoclea ovata</i>	(Pennant, 1777)	I
<b>MOLLUSCA GASTROPODA</b>			
Neritidae Rafinesque, 1815	<i>Smaragdia viridis</i>	(Linnaeus, 1758)	I
<b>MOLLUSCA POLYPLACOPHORA</b>			
Leptochitonidae Dall, 1889	<i>Leptochiton scabridus</i>	(Jeffreys, 1880)	I
<b>ANNELLIDA POLYCHAETA</b>			
Spionidae Grube, 1850	<i>Aonides paucibranchiata</i>	Southern, 1914	III
Goniadidae Kinberg, 1866	<i>Goniadella galaica</i>	(Rioja, 1923)	II
Microphthalimidae Hartmann-Schröder, 1971	<i>Microphthalmus similis</i>	Bobretzky, 1870	II
Phyllodoceidae Örsted, 1843	<i>Phyllodoce</i> sp.	Lamarck, 1818	II
Polygordiidae Czerniavsky, 1881	<i>Polygordius appendiculatus</i>	Fraipont, 1887	I
Dorvilleidae Chamberlin, 1919	<i>Protodorvillea kefersteini</i>	(McIntosh, 1869)	II
Protodrilidae Czerniavsky, 1881	<i>Protodrilus</i> sp.	Czerniavsky, 1881	I
<b>SIPUNCULA ASPIDOSIPHONIDA</b>			
Aspidosiphonidae Baird, 1868	<i>Aspidosiphon (Aspidosiphon) muelleri muelleri</i>	Diesing, 1851	I

Nei campioni prelevati sono stati riscontrati in tutto 830 esemplari di organismi macrozoobentonici. Questi, in seguito alle operazioni di *sorting* e di identificazione, sono stati attribuiti a 40 differenti taxa: 20 di crostacei; 10 di molluschi; 7 di policheti; 2 di echinodermi; 1 di sipunculidi. Questi ultimi, benché appartenenti ad un'unica specie, sono risultati gli organismi più abbondanti, rappresentando ben il 47% degli organismi macrozoobentonici riscontrati; gli altri due macrogruppi maggiormente rappresentati nei campioni prelevati sono i crostacei (22%) ed i molluschi (18%). Decisamente meno abbondanti sono i policheti (8%) e gli echinodermi (5%).

## Qualità dell'ambiente

Nella Tabella 3 sono riportati i risultati dell'elaborazione statistica dei dati effettuata con il supporto del software "AMBI: AZTI Marine Biotic Index" (6.0).

**Tabella 3** – Risultati relativi all'applicazione del software "AMBI: AZTI MARINE BIOTIC INDEX" (AZTI-Tecnalia, [www.azti.es](http://www.azti.es)) ai dati di abbondanza di tutti i taxa del macrozoobenthos, rilevati in ciascuna stazione di campionamento. Nella tabella viene espresso: il valore degli indici AMBI (con relativa classificazione del "disturbo" che insiste sull'ambiente naturale) e M-AMBI (con relativo "Rapporto di Qualità Ecologica, RQE"); i valori di due indici che rappresentano importanti parametri strutturali della comunità, ovvero la ricchezza specifica totale ( $S$ , Richness) e l'indice di diversità di Shannon-Weaver ( $H'$ , Diversity); infine è riportata, nel dettaglio, l'importanza percentuale di ognuno dei 5 gruppi ecologici precedentemente descritti, determinata dall'abbondanza relativa degli esemplari macrozoobentonici appartenenti a taxa "assegnati" ad uno di tali gruppi ecologici, così come indicato nel database di taxa del macrozoobenthos di fondi mobili del Mediterraneo. Tale database, presente anch'esso sul sito web [www.azti.es](http://www.azti.es), può essere impiegato insieme al software sopra citato, e viene aggiornato nel tempo, sulla base di nuove informazioni di carattere ecologico relative alle specie macrozoobentoniche, dedotte da studi, ricerche etc. L'ultima versione del database, qui

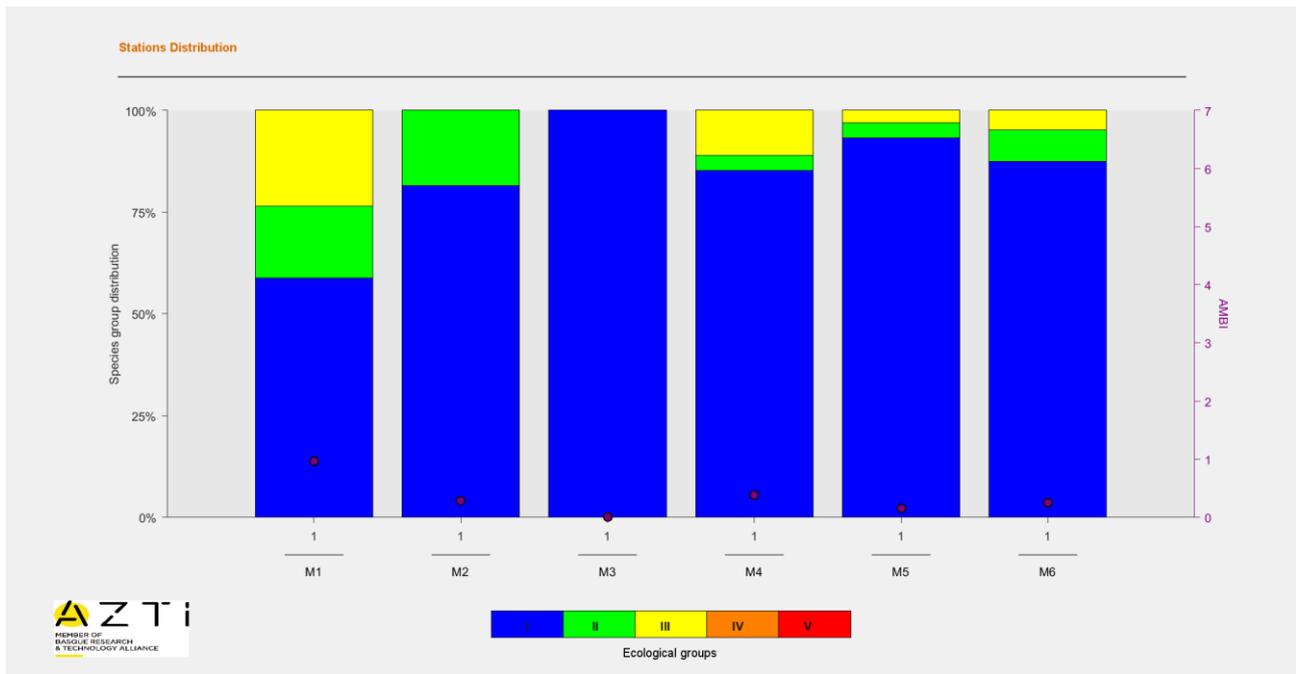
STAZIONI	% GRUPPI ECOLOGICI (*)						INDICI DI DIVERSITA'		Indice Biotico	AMBI		M-AMBI	
	I	II	III	IV	V	N.A.	$S$ , Richness	$H'$ , Diversity	BI	Valore	Classificazione del Disturbo	Valore	Stato (RQE)
M1	58,8	17,6	23,5	0,0	0,0	0,0	11	3,34	1	0,971	Undisturbed	0,78	High
M2	81,5	18,5	0,0	0,0	0,0	0,0	11	3,19	1	0,278	Undisturbed	0,81	High
M3	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8	2,18	0	0,000	Undisturbed	0,68	Good
M4	85,2	3,7	11,1	0,0	0,0	0,0	10	2,69	1	0,389	Undisturbed	0,74	Good
M5	93,2	3,8	3,0	0,0	0,0	0,0	23	2,82	0	0,148	Undisturbed	0,92	High
M6	87,5	7,7	4,8	0,0	0,0	0,0	24	3,12	1	0,260	Undisturbed	0,96	High

adottata, risale a dicembre 2020.

(\*) I cinque gruppi ecologici in cui sono stati suddivisi i taxa riscontrati nei campioni di macrozoobenthos sono descritti, nel presente documento, all'interno del paragrafo relativo alle attività di laboratorio.

Per ognuna delle stazioni di campionamento, in figura 1 è stata espressa graficamente la ripartizione degli esemplari di macrozoobenthos nei 5 gruppi ecologici sopra descritti, calcolata con l'ausilio del software "AMBI: AZTI Marine Biotic Index" (6.0). Il processo di identificazione ha consentito di riscontrare l'appartenenza di tutti gli esemplari del macrozoobenthos esaminati ad un *taxon* già assegnato ad uno dei cinque gruppi ecologici di riferimento: durante il processamento dei dati quali-quantitativi del macrozoobenthos, il software AMBI 6.0 assegna automaticamente uno dei suddetti cinque gruppi ecologici ad ogni *taxon* riscontrato. Tale "assegnazione" avviene sulla base di una lista di specie

(*Species List*) di riferimento, insita nel software stesso. Tale lista è frutto delle conoscenze di carattere ecologico relative ai singoli *taxa* del macrozoobenthos marino, acquisite nel tempo; la lista è costantemente aggiornata da scienziati esperti dell'argomento. L'ultima versione di tale database, specificatamente adottata allo scopo della presente indagine, risale a dicembre 2020 e contiene oltre 10.500 specie del benthos marino.



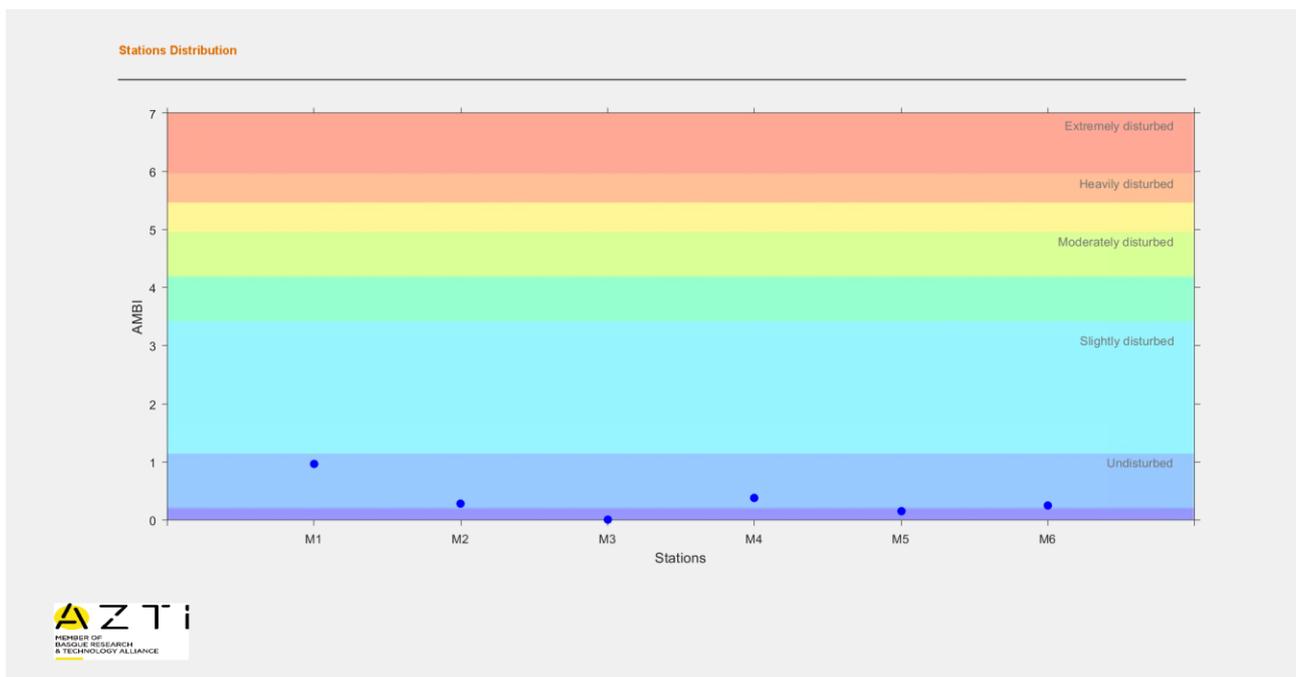
**Figura 1** – Abbondanza percentuale, nelle singole repliche di campionamento, di ognuno dei 5 gruppi ecologici descritti nelle metodologie, calcolata in base al numero di esemplari del macrozoobenthos riscontrati nei campioni prelevati, attribuibili a taxa già "assegnati" ad uno di tali 5 gruppi (in base a conoscenze di carattere ecologico).

Dalla Tabella 3 e dalla Figura 1 risalta l'appartenenza di una grande maggioranza degli esemplari macrozoobentonici riscontrati nei campioni prelevati nell'area di indagine ad uno dei cinque gruppi ecologici considerati: gruppo I (GI), rappresentato da specie molto sensibili all'arricchimento organico - presenti quando l'ambiente è intatto - e soggette a scomparsa anche a seguito di un leggero squilibrio. Inoltre, eccetto che per la stazione M3, in tutti gli altri campioni sono presenti – sebbene in misura decisamente inferiore - anche esemplari appartenenti ad altri due gruppi ecologici: gruppo II (GII), rappresentato da specie indifferenti all'arricchimento, presenti in ridotte densità e senza variazioni significative nel tempo, che possono svilupparsi a seguito della riduzione delle specie del

gruppo I; gruppo III (GIII), specie tolleranti ad un eccesso di sostanza organica, che sono stimolate dall'arricchimento, quindi in situazioni di disequilibrio.

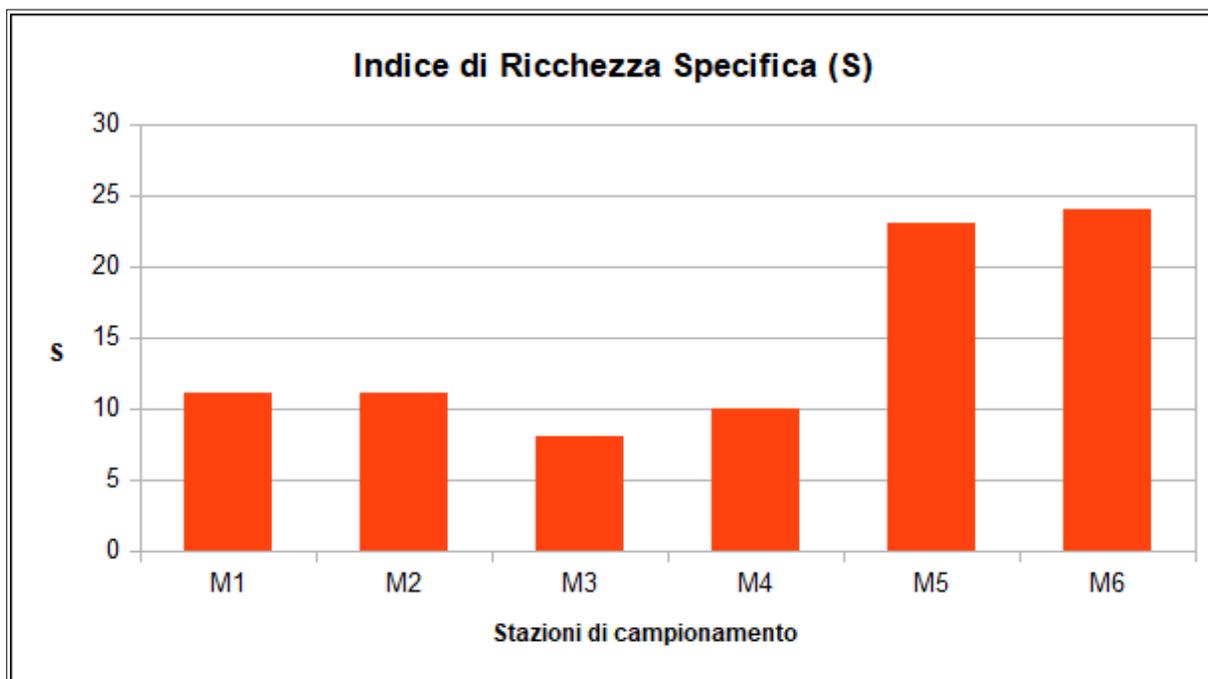
Coerentemente a tali dati, i valori ricavati relativamente all'indice AMBI in ognuna delle stazioni di campionamento inducono a classificare l'area di indagine come non sottoposta a disturbo (Tabella 3). Infine, i valori di M-AMBI indicano che l'area di studio è contestualmente caratterizzata da una buona qualità ambientale, in quanto i valori dello stesso ricavati nelle singole stazioni di campionamento indicano come l'area di indagine sia interamente contraddistinta dalle classi del Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) "elevata" (High) e "buona" (Good) (Tabella 3).

La Figura 2 mostra come, considerando i valori dell'indice AMBI, in ognuno dei due transetti di campionamento monitorati possa essere evidenziato un leggero gradiente di miglioramento costa-largo, in termini di entità di "disturbo".



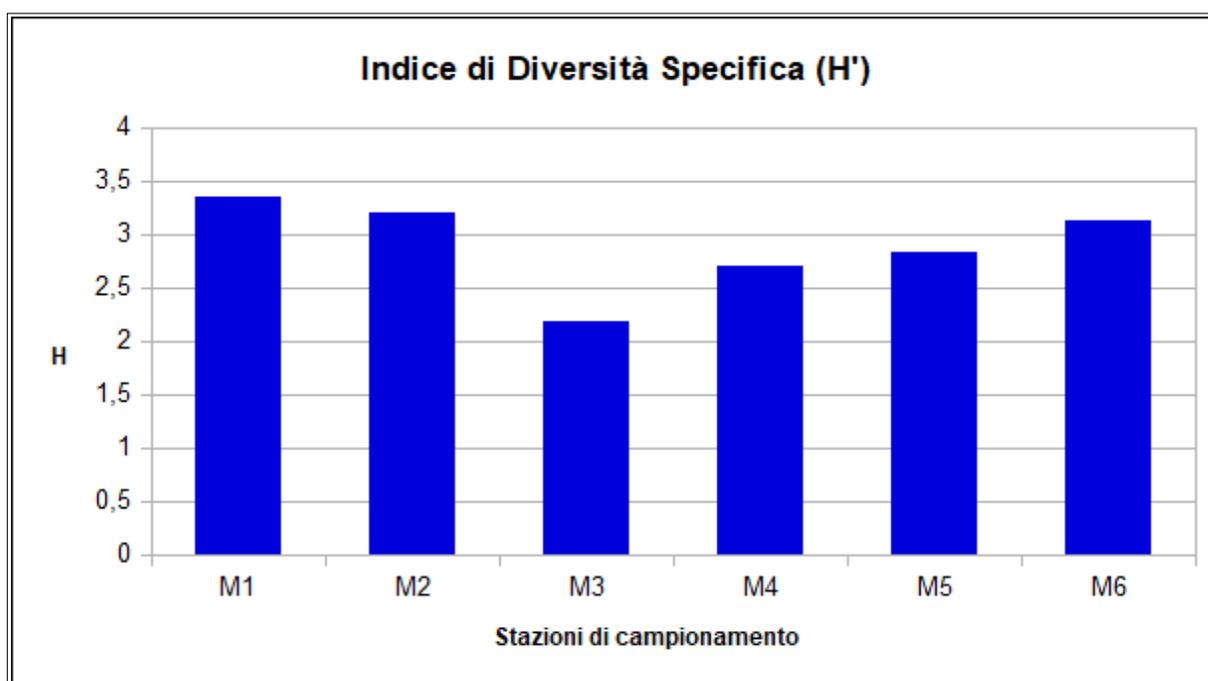
**Figura 2**– Distribuzione delle stazioni di campionamento con relativo valore dell'indice AMBI.

La Figura 3 mette in evidenza come il numero totale dei *taxa* del macrozoobenthos riscontrati nell'area di indagine varia tra 8 (stazione M3) e 24 (stazione M6).



**Figura 3** - Ricchezza specifica totale del macrozoobenthos riscontrata in ogni stazione di campionamento.

L'indice di diversità specifica ( $H'$ ) esprime un valore tanto più elevato quanto più diversificata è una comunità, a testimoniare una condizione di naturalità migliore. Nell'area di indagine relativamente a tale indice sono stati riscontrati valori che variano da un minimo di 2,18 (stazione M3) ad un massimo di 3,34 (stazione M1) (Figura 4).



**Figura 4** - Valori dell'indice di diversità specifica (Shannon-Weaver) riscontrati per il macrozoobenthos in ognuna delle stazioni di campionamento.

L'indice di diversità specifica di Shannon-Weaver, ha fatto riscontrare nella maggior parte delle stazioni di campionamento valori vicini a quelli massimi teorici, calcolati in base al numero di specie presenti nel campione (Tabella 4), secondo la seguente formula:

$$d_{max} = \text{Log}_2 \text{ di } S,$$

dove S è il numero totale di specie nel campione.

Ciò si verifica in quanto, in ogni campione, buona parte delle specie rinvenute ha fatto registrare frequenza numerica non troppo dissimili tra loro, essendo di conseguenza caratterizzate da una simile probabilità di cattura.

La prossimità dei valori di diversità specifica effettivamente riscontrati a quelli massimi teorici è un'ulteriore indicazione delle condizioni di buona qualità ambientale sussistenti nell'area di indagine.

**Tabella 4** – Valori di diversità massima del macrozoobenthos per ogni stazione, calcolati con la formula:  $d_{max} = \text{Log}_2 \text{ di } S$ .

Stazioni	Diversità massima teorica ( $\text{Log}_2 \text{ di } S$ )	$H'$ (valori riscontrati)
M1	3,46	3,34
M2	3,46	3,19
M3	3,00	2,18
M4	3,32	2,69
M5	4,52	2,82
M6	4,58	3,12

## **CONCLUSIONI**

Nei fondali dell'area di indagine il sedimento è caratterizzato prettamente da sabbia grossolana e ghiaia fine, oltre a detrito conchigliare (quest'ultimo decisamente abbondante nelle stazioni M5 ed M6), presentando dunque un alto grado di porosità. Tali fondali di norma sono estremamente ricchi in meiofauna e mesopsammon (animali di dimensioni inferiori a quelli del macrozoobenthos), gruppi ecologici poco noti ma molto importanti per l'alimentazione di altri organismi.

La distribuzione dei popolamenti marini macrozoobentonici riscontrati nei substrati mobili dell'area di studio, come atteso, risulta essere strettamente legata alla granulometria dei substrati in loco. Si tratta in ogni caso di popolamenti animali caratterizzati da un numero di specie piuttosto esiguo. Ciò, con buona probabilità, in conseguenza delle selettive condizioni idrodinamiche (correnti e moto ondoso) insistenti nell'area, che generalmente inducono ad un naturale impoverimento del numero di specie presenti.

Il calcolo degli indici ecologici e l'applicazione del software "AMBI: AZTI Marine Biotic Index" (6.0) hanno permesso di evidenziare come sull'ambiente naturale dell'area marina soggetta alla presente indagine non insistano evidenti fenomeni di disturbo - di origine antropica e/o naturale. Inoltre, relativamente all'Elemento di Qualità Biologica "Macroinvertebrati Bentonici", la qualità ambientale dell'area marina presa in considerazione può essere considerata da buona ad elevata. L'ecosistema bentonico dell'area non risulta attualmente compromesso da eventuali effetti dovuti ad attività antropiche.

Dott. Maurizio Vaccaro



## **BIBLIOGRAFIA**

- Bianchi C.N., Morri C. I Policheti come descrittori della struttura trofica degli ecosistemi marini. 1985. *Oebalia*, 11, N.S.: 203-214.
- GAMBI M.C., FRESI E., GIANGRANDE A. (1982) Descrittori efficaci di comunità bentoniche. *Naturalista Siciliano*, -497.
- Gambi M.C., Giangrande A. Distribution of soft bottom Polychaetes in two coastal areas of the Tyrrhenian Sea (Italy): structural analysis. 1986. *Estuar. Coast. and Shelf Sc.*, 23: 847-862.
- Pearson T.H., Rosenberg R., 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanog Mar Biol Ann Rev* 16: 229-311.
- Scipione M.B., Fresi E. Distribution of Amphipod Crustaceans in *Posidonia oceanica* (L.) Delile Foliar Stratus. International Workshop on *Posidonia oceanica* Beds. 1983. Boudouresque C. F., Jeudy de Grissac A. e Olivier J. edit., GIS Posidonie pubbl., France, 1: 319-329.
- Shannon C.E., Weaver W. (1949) The mathematical theory of communication. Urbana, Univ. Illinois Press.