

CENTRALE EOLICA OFFSHORE "RIMINI" (330 MW) ANTISTANTE LA COSTA TRA RIMINI E CATTOLICA

proponente:

EnergiaWind 2020 srl _ Riccardo Ducoli amministratore unico



STUDIO SPECIALISTICO ALLEGATO AL SIA

QUALITA' DELLE ACQUE E STATO DELLE BIOCENOSI BENTONICHE CON ANALISI E CARATTERIZZAZIONE DEL MICROBIOTA E DI ALCUNI INQUINANTI PRESENTI NELL'AREA STUDIO

Autori:

FONDAZIONE CETACEA ONLUS
Sauro Pari rappresentante legale
Valeria Angelini biologa



UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Unità di Scienze e Biotecnologie dei Microbiomi, Dipartimento di Farmacia a Biotecnologie (FaBit), Università di Bologna
Prof. Marco Candela



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
DIPARTIMENTO DI
FARMACIA E BIOTECNOLOGIE

LABIOTEC Laboratorio di Biotecnologie Ambientali e Bioraffinerie
Prof. Giulio Zanaroli, Prof. Lorenzo Bertin

Febbraio 2022

INDICE DELLA RELAZIONE

1	INTRODUZIONE	4
1.1	RIFERIMENTI NORMATIVI E METODOLOGICI PER L'ELABORAZIONE DELLO STUDIO	4
1.1.1	Quadro di riferimento normativo	4
1.1.2	Studi di riferimento e indagini specifiche.....	6
1.1.3	Indagini su colonna d'acqua e sedimenti per l'area adi progetto.....	6
2	UBICAZIONE DELL'IMPIANTO E CARATTERISTICHE DELL'AREA DI INTERVENTO	8
2.1	NOTE RELATIVE AL PROGETTO PREDISPOSTO PER LA VIA, ALTERNATIVE CONSIDERATE E AMBITO DI INDAGINE	9
2.2	OPERE PRINCIPALI	11
3	CARATTERISTICHE FISICO-GEOGRAFICHE DEL TRATTO DI MARE ANTISTANTE L'EMILIA-ROMAGNA.....	13
3.1	INQUADRAMENTO GENERALE DELLA QUALITA' DELLE ACQUE MARINE DELL'EMILIA ROMAGNA.....	15
3.2	STATUS AMBIENTALE DELLE ACQUE MARINE DELL'EMILIA-ROMAGNA.....	23
3.2.1	Valutazione Fitoplancton	29
3.2.2	Valutazione macroinvertebrati	30
3.3	BIOCENOSI BENTONICHE DELL'EMILIA ROMAGNA	30
3.3.1	Introduzione del concetto di biocenosi.....	30
3.3.2	Suddivisione delle biocenosi in base ai piani litoranei dell'Alto Adriatico	31
3.3.3	Biocenosi dei fondali emiliano romagnoli e loro status qualitativo	36
3.3.4	Valutazione macrobenthos	43
4	IMPATTI POTENZIALI SULLE BIOCENOSI BENTONICHE DOVUTI AD INSTALLAZIONI DI IMPIANTI EOLICI OFF-SHORE E ATTIVITA' DI MONITORAGGIO	45
4.1	MONITORAGGIO DEI FONDALI IN PROSSIMITA' DELL'IMPIANTO EOLICO OFF-SHORE	45
5	CONCLUSIONI.....	47
	BIBLIOGRAFIA.....	51
	ALLEGATI:.....	52

Indice delle figure

Figura 2.1 – Ubicazione della Centrale eolica offshore "Rimini" e zone di interdizione (in grigio chiaro).....	8
Figura 2.2 – Centrale eolica offshore "Rimini" _ LAYOUT A	10
Figura 2.3 – Centrale eolica offshore "Rimini" _ LAYOUT B	10
Figura 3.1– Classificazione EUNIS 2019 dei fondali – regione Emilia Romagna	14
Figura 3.2 – Classificazione dei fondali dell'Alto Adriatico EUSM2019 – con individuazione dell'area progetto	14
Figura 3.3 – Valori medi annuali di TRIX nei due corpi idrici della costa regionale nel 2019 (ARPAE).....	24
Figura 3.4 – Mappe di distribuzione indice TRIX dalla costa fino a 10 km a largo. Medie stagionali 2019 (ARPAE)	25
Figura 3.5 - Diagramma di "scatter plot" con correlazione tra indice TRIX e quello TRBIX (ARPAE 2019)	27
Figura 3.6 – Zonazione dell'ambiente marino.....	31
Figura 3.7 – Esempio di zonazione piano infralitorale sabbie fini calibrate (SFBC) presenti a 1 km dalla costa	32
Figura 3.8 – Esempio di biocenosi di sabbie fini fangose	32
Figura 3.9 – Zonazione piano circalitorale di sedimenti terrigeni costieri	33
Figura 3.10 – Zonazione piano circalitorale sedimenti detritici costieri	34
Figura 3.11 - Esempio di fauna bentonica di sabbie fini (Archivio Associazione Blennius).....	34
Figura 4.1 - Esempio di cornice per le foto del campionamento bentonico (Archivio Associazione Blennius)	45
Figura 4.2 - Esempio di cornice per le foto del campionamento bentonico (Archivio Associazione Blennius)	46
Figura 5.1 – LAYOUT A su mappa EUNIS 2019 tipo di substrato: FINE MUD	48
Figura 5.2 – LAYOUT B su mappa EUNIS 2019 tipo di substrato: FINE MUD / SANDY MUD.....	48
Figura 5.3 - Medie annuali di PCB determinati nel sedimento (Analisi ARPAE 2019).....	49

Indice delle tabelle

Tabella 3.1 – Parametri fisico-chimici e biologici valutati nei campioni di acqua (ARPAE 2019)	17
Tabella 3.1 - Parametri fisico-chimici e biologici valutati nei campioni di acqua (ARPAE 2019)	17
Tabella 3.2 - Parametri per valutazione presenza sostanze inquinanti nell'acqua (ARPAE 2019)	19
Tabella 3.3 - Parametri per valutazione presenza sali nutritivi nell'acqua nell'acqua (ARPAE 2019)	20
Tabella 3.4 - Parametri per le indagini fisico-chimiche nei campioni di sedimento (ARPAE 2019)	20
Tabella 3.5 - Parametri per le indagini fisico-chimiche nei campioni di sedimento (ARPAE 2019)	21
Tabella 3.6 - Parametri per ricerche microinquinanti inorganici ed organici nel sedimento (ARPAE 2019)...	22
Tabella 3.7 - Specie utilizzata per ricerche ecotossicologiche nel sedimento (ARPAE 2019)	23
Tabella 3.8 - Rappresentazione schematica dell'attività di monitoraggio operativo programmata ai sensi del D.Lgs. 152/06, D.M. 260/10 e D.Lgs. 172/15: triennio 2017-2019 (ARPAE 2019)	28
Tabella 3.9 - Condizioni di riferimento e limiti tra le classi di qualità ecologica per le acque costiere di Tipo I (ARPAE 2019)	29
Tabella 3.10 - Medie geometriche annuali per stazione della clorofilla "a" ($\mu\text{g}/\text{l}$ o mg/m^3) e stato di qualità dei corpi idrici per l'EQB Fitoplancton (Dec. 2018/229/UE) con i nuovi criteri di classificazione indicati da ISPRA (ARPAE 2019)	30
Tabella 3.11 - Numero di specie rinvenute per le biocenosi SFBC e VTC (ARPAE 2019)	36
Tabella 3.12 - Specie riscontrate nelle stazioni di campionamento considerate per le SFBC (ARPAE 2019)..	39
Tabella 3.13 - Specie riscontrate nelle stazioni di campionamento considerate per le VTC (ARPAE 2019) ...	42
Tabella 3.14 - Valori di AMBI, corrispondenti livelli di disturbo e di condizioni della comunità bentonica (ARPAE 2019)	44
Tabella 3.15 - Valori medi di M-AMBI e stato di qualità per stazione nel 2019 (ARPAE 2019)	44
Tabella 5.1 - Valori medi di M-AMBI e stato di qualità per corpo idrico nel 2019 (ARPAE)	49
Tabella 5.2 - Valori medi di M-AMBI e stato di qualità per corpo idrico nel 2019 (ARPAE)	50

1 INTRODUZIONE

Oggetto della relazione è l'inquadramento generale sulla qualità dell'acqua e sedimenti ed una panoramica delle biocenosi bentoniche dell'alto Adriatico, per una valutazione degli eventuali impatti che potrebbero verificarsi all'installazione di una Centrale eolica offshore "Rimini" ubicata nel mare antistante la costa tra Rimini e Cattolica, composta da 51 aerogeneratori della potenza di 6,45 MW (per 330 MW complessivi) e opere di collegamento alla RTN (Rete di Trasmissione Nazionale), con punto di connessione alla Stazione TERNA "San Martino in Venti" ubicata in comune di Rimini. Il soggetto proponente è Energia Wind 2020 srl, con sede legale in via Aldo Moro 28 - 25043 Breno (BS) C.F. P. IVA e Iscrizione al Registro delle Imprese di Brescia n. 03466270984.

Il progetto della Centrale Eolica "Rimini" è stato presentato a livello di Preliminare il 30 marzo 2020, allegato all'istanza di Autorizzazione Unica ai sensi dell'art. 12 del D.lgs 387/2003 (secondo quanto stabilito dalla Circolare n. 40 del 05/01/2012 del Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili, che stabilisce l'articolazione del procedimento in 3 fasi) e **ha superato positivamente la prima fase del procedimento**, coordinato dalla Capitaneria di Porto di Rimini e relativo all'istruttoria tecnico amministrativa finalizzata al rilascio della Concessione Demaniale.

L'approfondimento tematico di cui al presente studio costituisce parte integrante del Progetto (approfondito a livello di Definitivo) e della documentazione allegata allo Studio di Impatto Ambientale, documenti redatti in conformità delle norme vigenti e richiesti dal D.lgs 152/2006 e ss.mm.ii. e dalla Circolare 40/2012 relativamente alla fase di Valutazione di Impatto Ambientale e alla fase di Autorizzazione Unica.

1.1 Riferimenti normativi e metodologici per l'elaborazione dello Studio

Il presente studio è stato elaborato in conformità alle Linee Guida adottate nel 2020 dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), in attuazione delle modifiche normative introdotte con il D.Lgs. 104/2017 alla parte seconda del Testo Unico dell'Ambiente (D.Lgs 152/2006).

1.1.1 Quadro di riferimento normativo

Il quadro normativo che regola le azioni di conservazione e gestione degli ecosistemi marini a cui si fa riferimento è il seguente:

- **Convezione CITES, 1973** Protegge specie tramite regolamentazione e controllo del loro commercio
- **Convenzione di BARCELLONA, 1976** relativa alla protezione del Mediterraneo dai rischi di inquinamento
- **Convenzione di BERNA, 1979** Conservazione vita selvatica e ambiente naturale in Europa.
- **Convenzione di BONN, 1979** Conservazione specie migratorie
- **Direttiva CEE "Habitat", 1992, n. 92/43** Prima direttiva comunitaria sulla protezione delle specie di flora e fauna e dei loro habitats
- **Protocollo ASPIM, 1995** Conservazione di specie e aree marine del Mediterraneo
- **DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 8 settembre 1997, n. 357** Regolamento recante attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e



della fauna selvatiche. Testo aggiornato e coordinato al D.P.R. 12 marzo 2003 n. 120. (GU n. 124 del 30 maggio 2003). (GU n. 284 del 23 ottobre 1997, S.O. n. 219/L).

- **LEGGE 23 marzo 2001, n. 93** "Disposizioni in campo ambientale". (GU n. 79 del 4 aprile 2001).
- Direttiva 2008/56/CE Direttiva quadro sulla strategia per l'ambiente marino
- **D.M. 367/03** definisce gli standard di qualità ambientali per i contaminanti inorganici e organici nei sedimenti da applicare ai fini della classificazione dello stato ambientale delle acque marine costiere.
- **D.Lgs. 152/06** recepisce la Direttiva 2000/60/CE sono ridefinite le modalità con cui effettuare la classificazione dello stato di qualità dei corpi idrici
- **D.M. 131/08** recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici per la modifica delle norme tecniche del D.Lgs. 152/06 e definisce le metodologie per l'individuazione di tipi per le diverse categorie di acque superficiali (tipizzazione), la individuazione dei corpi idrici superficiali e l'analisi delle pressioni e degli impatti
- **D.M. 56/09** definisce le modalità per il monitoraggio dei corpi idrici individuando gli elementi qualitativi per la classificazione dello stato ecologico e dello stato chimico
- **D. Lgs 13 ottobre 2010, n. 190** "Attuazione della direttiva 2008/56/CE che istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino". (GU n. 270 del 18 novembre 2010).
- **LEGGE n. 221 del 28 dicembre 2015** "Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali"

Per stabilire il grado di benessere di una comunità marina è fondamentale monitorare anche la qualità delle acque o "qualità ecologica dell'ambiente" in cui essa vive, concetto introdotto a livello normativo dalla Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/EC, recepita in Italia con il D.Lgs. 152/2006.

La qualità ecologica viene definita misurando lo scostamento dai valori di naturalità, ovvero di riferimento, degli Elementi di Qualità Biologica (EQB) come fitoplancton, macroinvertebrati bentonici, macroalghe e angiosperme che caratterizzano l'ambiente medesimo. Lo scostamento dal valore di riferimento è la risposta dell'EQB a delle specifiche pressioni che insistono sull'ambiente e che ne compromettono lo stato. La procedura indicata dalla direttiva richiede di definire le condizioni di naturalità proprie di ciascuna comunità biologica e di stabilire le eventuali variazioni o deviazioni dalle sue "condizioni di riferimento".

La definizione della qualità ecologica implica di classificare lo stato di comunità biologiche complesse ed estremamente dinamiche, caratterizzate cioè da elevata variabilità "naturale", mediante un singolo punteggio numerico, un indice, su cui costruire l'intero sistema di classificazione.

Questo approccio utilizza per la classificazione, degli indici sintetici, opportunamente definiti, validati e intercalibrati nell'Eco-regione mediterranea. Gli indici di classificazione adottati dall'Italia attraverso il DM 260/2010 sono: la biomassa fitoplanctonica, espressa come concentrazione di clorofilla "a", per l'EQB fitoplancton; l'indice CARLIT (Cartografia Litoranea) per l'EQB macroalghe; l'indice PREI (Posidonia oceanica Rapid Easy Index) per l'EQB angiosperme "Posidonia oceanica" e, infine, l'indice M-AMBI (Multivariate AZTI Marine Biotic Index) per l'EQB macroinvertebrati bentonici.

Ai fini della classificazione, deve essere condotto un monitoraggio degli EQB su corpi idrici omogenei, che sono individuati in base al processo di tipizzazione e attraverso l'analisi delle pressioni insistenti su ciascun tratto di costa compreso nel corpo idrico medesimo (DM 131/2008 e DM 56/2009).



La Direttiva Quadro sulle Acque traccia il percorso europeo di tutela dell'ecosistema marino, adottando il principio dell'approccio "ecosistemico" al fine di valutare il raggiungimento di prefissati obiettivi di qualità ecologica, da conquistare e/o da mantenere attraverso l'adozione di adeguate normative di controllo dell'ambiente e lo sviluppo di opportune politiche di protezione e risanamento.

La qualità delle acque marino - costiere ai fini della balneazione risponde ai requisiti del Decreto del Ministero della salute del 30 marzo 2010, che conclude il processo di recepimento della Direttiva 2006/7/CE relativa alla gestione delle acque di balneazione, iniziato con il Decreto legislativo 30 maggio 2008, n.116.

Il nuovo sistema di monitoraggio prevede il campionamento di soli due indicatori di contaminazione fecale (Enterococchi ed Escherichia coli) e la frequenza di monitoraggio che passa da quindicinale a mensile. La valutazione qualitativa è effettuata secondo quattro classi di qualità (eccellente, buona, sufficiente e scarsa).

I batteri presenti nelle acque e nel sedimento che formano il microbiota marino hanno un'influenza fondamentale sul benessere della vita marina e determinano assieme ai fattori fisici e chimici, la loro sopravvivenza. Di conseguenza il monitoraggio del microbiota è importante per controllare che qualsiasi perturbazione non incida in maniera negativa sulla loro funzionalità o sulla qualità delle acque.

Le ricerche allegate alla presente relazione condotte dall'Università di Bologna sono volte alla caratterizzazione dei parametri del microbiota nell'area di studio e dell'eventuale presenza di inquinanti che possono portare alla sua destabilizzazione.

1.1.2 Studi di riferimento e indagini specifiche

Per il presente studio, si sono presi in considerazione dati e studi derivanti dalla letteratura, e per gli aspetti specifici sulla qualità di acque e sedimenti e biocenosi nell'area progetto si è fatto riferimento ai rapporti annuali di ARPAE Regione Emilia-Romagna derivanti da dati di costante monitoraggio.

1.1.3 Indagini su colonna d'acqua e sedimenti per l'area di progetto

- **"CARATTERIZZAZIONE MOLECOLARE DELL'ECOLOGIA MICROBICA DI CAMPIONI DI ACQUA E SEDIMENTO NEL CONTESTO DEL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE." ALLEGATO 1**
- **"ANALISI QUALITATIVA/IDENTIFICAZIONE DELLE CONCENTRAZIONI DI IDROCARBURI TOTALI DERIVANTI DA PETROLIO (TPH) E DIOSSINE TOTALI (PCB) IN 23 CAMPIONI DI SEDIMENTO MARINO PRELEVATI NELL'AREA PROGETTO." ALLEGATO 2**

Attraverso la collaborazione tra la Fondazione Cetacea e due dipartimenti dell'Università di Bologna, nel settembre 2021, sono state svolte delle indagini specifiche nell'area di intervento, che comprende il Layout A (presentato in fase preliminare) e le sue alternative che si estendono fino alle 18 Mn, attraverso il prelievo e l'analisi di campioni di sedimenti e di acqua.

L'obiettivo delle indagini eseguite è stata la caratterizzazione dell'intera area progetto e la valutazione delle eventuali differenze tra l'area originale entro le 12 Mn e la parte più al largo che arriva fino alla batimetria di -43m. Nello studio si fa riferimento ad AREA 1 (entro le 12 Mn) AREA 2 (tra le 12 e le 18 Mn).

Sono stati raccolti 19 campioni di acqua (siti C1- C18) e 25 di sedimenti, di cui 3 campioni di acqua e 3 di sedimento nei siti in prossimità della condotta (C5, C6 C6bis) questi ultimi raccolti in triplicato. I campioni di

acqua sono stati raccolti a 10 m di profondità sopra il fondale tramite l'utilizzo di una Niskin bottle e 2 L per ciascun campione sono stati immediatamente travasati in bottiglie di plastica precedentemente sterilizzate. I sedimenti sono stati campionati utilizzando una benna Van Veen e travasati in contenitori di plastica sterile. I campioni sono stati conservati al buio fino all'arrivo in laboratorio.

I campioni sono stati analizzati al fine di caratterizzare qualitativamente il fondale marino sia come composizione del microbiota e sia per rilevare la presenza di alcuni inquinanti (ex. TPH e PCB) nel sedimento.

2 UBICAZIONE DELL'IMPIANTO E CARATTERISTICHE DELL'AREA DI INTERVENTO

Su larga scala l'area di progetto si inserisce nel bacino del mare Adriatico Settentrionale e per ubicazione geografica la centrale eolica offshore impegna il braccio di mare antistante la costa compresa tra Rimini e Cattolica e parte del litorale marchigiano che dal confine della Regione Emilia Romagna prosegue sino a Gabicce e al Colle San Bartolo.

Nello specifico, lo specchio d'acqua complessivo in cui ricadono gli aerogeneratori nelle diverse alternative di configurazione e localizzazione proposte, è compreso nei seguenti limiti:

- a nord ovest da aree concesse a ENI e occupate dalle piattaforme metanifere del gruppo Azalea e da attraversamenti di condotte;
- a nord est dal limite delle acque territoriali (12 MN) per il Layout "A", già oggetto di valutazione nella prima fase istruttoria, e dal limite delle 15 MN per le configurazioni di layout alternative proposte;
- a sud est dalle piattaforme del gruppo "Regina" e dal limite delle competenze amministrative delle Capitanerie di Porto di Rimini e Pesaro;
- a sud ovest da una linea teorica parallela alla costa e coincidente con il limite delle 6 MN per il layout "A" e con il limite delle 9 MN per i layout alternativi, entrambe identificate sia per attenuare la visibilità degli aerogeneratori dalla terra ferma e sia per rispettare le limitazioni relative agli ostacoli e ai pericoli per la navigazione aerea stabilite per l'aeroporto internazionale di Rimini _ San Marino; in tutti i layout proposti gli aerogeneratori mantengono una distanza minima dal ARP (Airport Reference Point) maggiore di 15 km e risultano esterni alla OHS (Other Horizontal Surface).

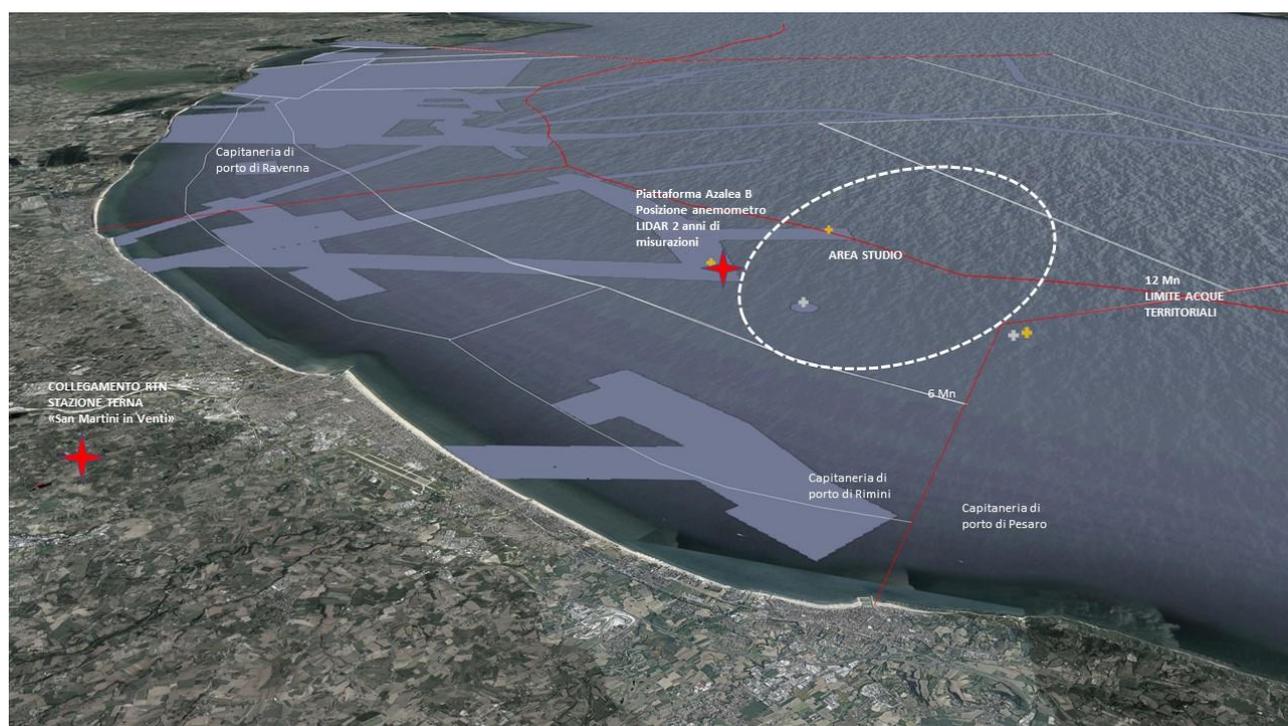


Figura 2.1 – Ubicazione della Centrale eolica offshore "Rimini" e zone di interdizione (in grigio chiaro).

2.1 Note relative al progetto predisposto per la VIA, alternative considerate e ambito di indagine

Per il completamento delle procedure autorizzative, il progetto recepisce le prescrizioni e le osservazioni degli enti che hanno espresso parere nell'ambito della procedura sino a qui esperita nonché alcune considerazioni espresse dai portatori di interesse.

Come previsto dalle norme in materia di Valutazione di Impatto ambientale, il progetto prevede delle alternative sia riguardo al tracciato delle opere terrestri di connessione (cavo AT interrato) che alla localizzazione e disposizione degli aerogeneratori.

Per quanto riguarda quest'ultimo aspetto, si precisa quanto segue:

- il primo riferimento è il **Layout "A"** compreso tra le 6 Mn e le 12 Mn, presentato come integrazione volontaria il 25/09/2020 nell'ambito del procedimento di concessione demaniale, rispetto al quale si sono espressi gli Enti in Conferenza di Servizi attestandone l'ammissibilità in termini di localizzazione; le turbine occupano posizioni con profondità del fondale variabile e compresa tra -15 e -34 m; l'interdistanza tra le torri è regolare e pari a 680 m; la minima distanza dal punto di misurazione anemometrica (Piattaforma Azalea "B") è pari a 2,8 km;
- rispetto al precedente, sono state studiate delle alternative localizzative e di configurazione che interessano in parte l'areale del layout "A" e in parte una zona immediatamente contigua e disposta verso il largo sino alle 18 MN; in tale ambito sono state verificate 3 configurazioni degli aerogeneratori; tra le alternative ne è stata approfondita una in particolare, il "Layout B", vista la sostanziale parità di implicazioni ambientali e di producibilità energetica rispetto agli altri 2 layout proposti e denominati "C" e "D", che in ogni caso vanno considerati come alternative possibili;
- Il **Layout "B"** esemplificativo delle alternative considerate e contiguo al layout "A", occupa un'area a cavallo delle 12 MN ed è compreso tra le 9 e le 18 MN; gli aerogeneratori si dispongono lungo le direttrici di tre archi, in questo caso paralleli e distanti tra loro 3 km, occupando posizioni con profondità del fondale variabile e compresa tra -22 e -43 m; l'interdistanza tra le torri è regolare e pari a 720 m; la minima distanza dal punto di misurazione anemometrica (Piattaforma Azalea "B") è pari a 6 km;
- gli altri layout considerati sono il layout "C", anch'esso organizzato su tre archi, ma concavi verso Nord Ovest e il Layout "D" che è l'unico organizzato "a freccia" su tre rette che si svasano verso il largo; la distanza minima dal punto di misurazione è rispettivamente pari a circa 2,7 km e 3 km;
- per tutti i layout proposti, la profondità e la natura dei fondali fanno sì che le opere di fondazione siano del tipo a monopilone, con elementi cilindrici in acciaio di circa 7,5 m di diametro e infissi al di sotto del fondale con profondità variabili in base alla batimetria.

Per quanto riguarda l'elettrodotta interrato AT terrestre il progetto prevede che il tracciato, a partire dalla vasca giunti di collegamento tra il cavo marino e quello terrestre, segua prevalentemente la viabilità esistente secondaria con un percorso preferenziale di circa 11,7 km, di cui circa 380 m in TOC per il superamento della SS N. 72 Rimini/San Marino e del Torrente Ausa; si prevede anche un percorso alternativo che si distacca e si ricongiunge al precedente e segue viabilità primaria, per una lunghezza complessiva di 11,6 km.



Nell'ambito dello Studio, le alternative progettuali proposte vengono comparate per quanto riguarda le potenziali interazioni con i fattori ambientali di riferimento.

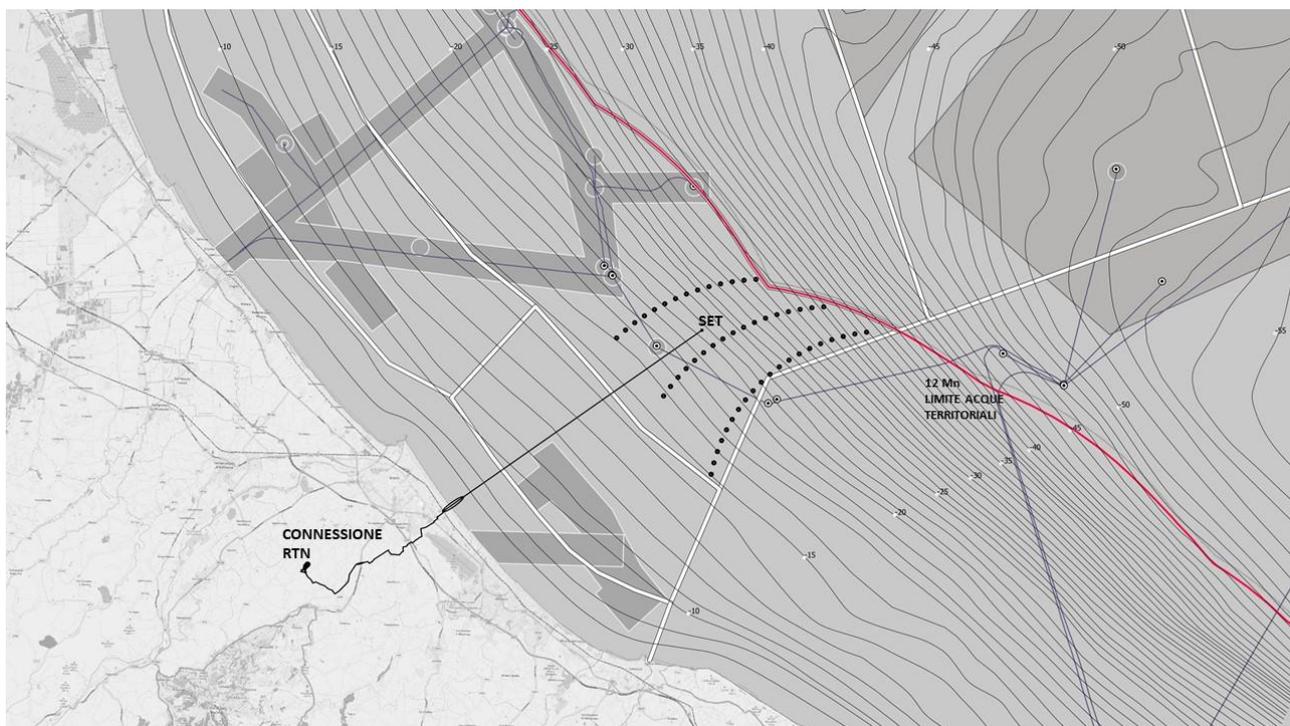


Figura 2.2 – Centrale eolica offshore "Rimini" _ LAYOUT A

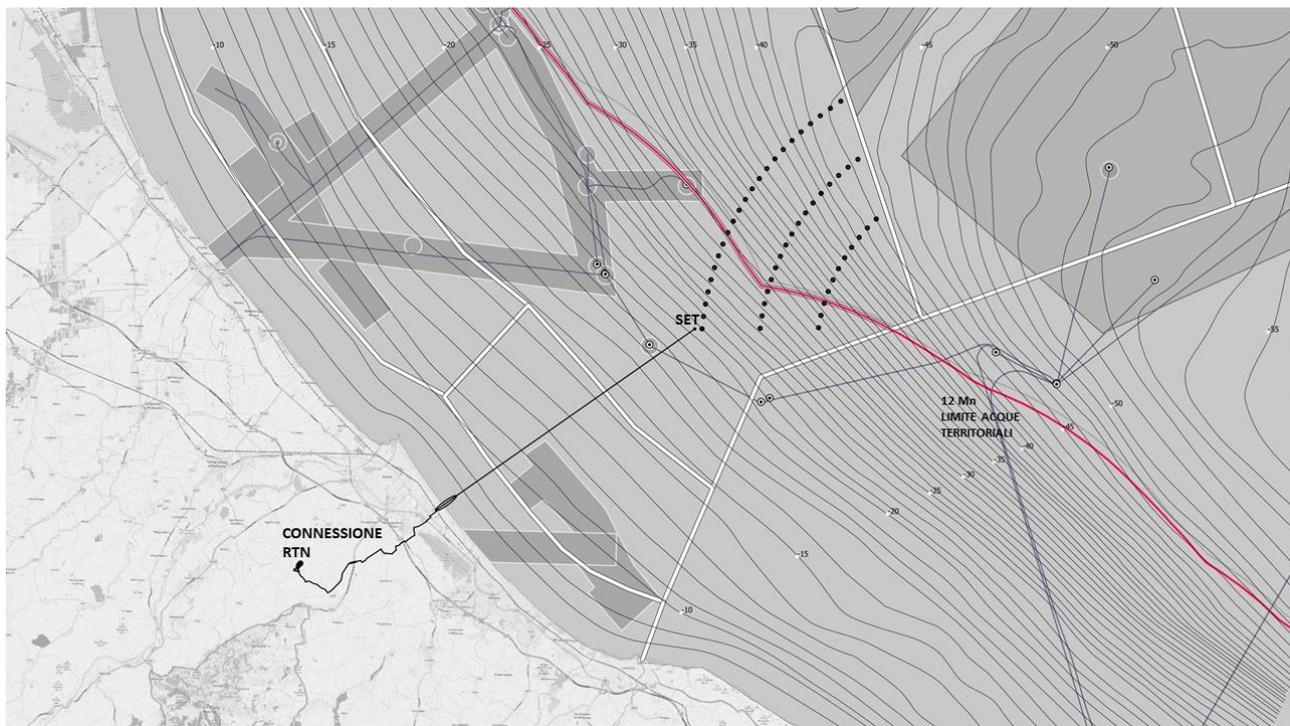


Figura 2.3 – Centrale eolica offshore "Rimini" _ LAYOUT B

2.2 Opere principali

Si riporta di seguito l'elenco sintetico delle opere previste dal progetto.

OPERE IN MARE:

- **51 aerogeneratori di potenza nominale unitaria pari a 6,45 MW, per una capacità complessiva di 330 MW, ancorati al fondale con fondazione del tipo monopilone in acciaio;**

gli aerogeneratori presi come riferimento tecnologico per il progetto sono del tipo MingYang MySE 6.45-180, con hub a 110/125 m di altezza, diametro del rotore pari a 180 m, tronco di transizione con parte fuori acqua pari a 9/10 m, per un range di altezza complessiva massima compreso tra 210/220 m dal medio mare (in tali range di potenza e dimensionali rientrano altri aerogeneratori simili che potrebbero essere considerati in fase di progettazione esecutiva); gli aerogeneratori vengono proposti in configurazioni alternative, comparate per aspetti ambientali in merito alla localizzazione;

- **Una rete elettrica sottomarina a tensione nominale pari a 66 kV che collega gli aerogeneratori in serie, raggruppandoli in 8 sezioni principali, per poi connettersi alla Stazione Elettrica di Trasformazione (SET) offshore 66/380 kV ;**
- **Una piattaforma marina che ospita la Stazione Elettrica di Trasformazione (SET) 66/380 kV, attrezzata con 2 trasformatori da 180/200 MVA, 1 reattore per la compensazione della potenza reattiva, apparecchiature, quadri di controllo e manufatti di servizio e accessori;**
- **Un elettrodotto sottomarino di collegamento tra la Stazione Elettrica di Trasformazione (SET) offshore e la buca giunti terra-mare, costituito da un cavo in AT 380 kV di lunghezza pari a 18,15 km di cui 1,45 km realizzato con HDD (Horizontal Directional Drilling) per la parte di transizione terra_mare);**

la parte di approdo e atterraggio (transizione terra-mare del cavo marino realizzata con HDD) inizia in mare a circa 930 m dalla linea di battigia e raggiunge la buca giunti dopo aver bypassato la spiaggia (in corrispondenza del nuovo circolo velico di Bellariva ubicato tra il bagno 98 e 99), il lungomare Giuseppe Di Vittorio, gli edifici prospicienti, la rete ferroviaria e la linea Metro_Mare.

OPERE A TERRA PER LA CONNESSIONE ALLA RTN:

- **Una buca giunti interrata, in cui avviene la giunzione tra la l'elettrodotto sottomarino e quello terrestre, interrata e posizionata nello slargo compreso tra il sottopasso di Viale Portofino e Viale Siracusa, immediatamente a sud ovest della linea Metro_Mare e della Rete Ferroviaria adriatica;**
- **Un elettrodotto terrestre interrato costituito da una terna di cavi isolati in AT 380 kV, di lunghezza pari a circa 11,7 km (con buche giunti ogni 500/600 m), che raggiunge la Stazione di Transizione cavo-aereo adiacente alla SE TERNA 380/150 kV "San Martino in Venti", dove avviene la connessione alla RTN;**

il progetto prevede che il tracciato, a partire dalla buca giunti di collegamento tra il cavo marino e quello terrestre, segua prevalentemente la viabilità esistente secondaria con un percorso preferenziale di circa 11,7 km, di cui circa 380 m in TOC per il superamento della SS N. 72 Rimini/San Marino e del Torrente Ausa; si prevede anche un percorso alternativo che si distacca e si ricongiunge al precedente e segue viabilità primaria, per una lunghezza complessiva di 11,6 km.



- **Una Stazione di Transizione cavo-aereo da realizzarsi in prossimità della stazione elettrica TERNA "San Martino in Venti", che ospiterà il reattore, le apparecchiature elettromeccaniche, i locali quadri e misure e il portale di partenza della linea aerea di collegamento alla stazione RTN;**

verrà realizzato un breve tratto stradale di lunghezza pari a circa 130 m e larghezza pari a 7 m incluso banchine laterali, di collegamento tra Via San Martino in Venti e la Stazione Utente;

- **Un elettrodotto aereo trifase lungo circa 450 m, in conduttori nudi binati alla tensione di 380 kV, di connessione con lo stallo a 380 kV nella stazione elettrica "San Martino in Venti" 150/380 kV esistente e di proprietà TERNA S.p.A.;**

- **Uno nuovo stallo a 380 kV, previo ampliamento della stazione TERNA "San Martino in Venti", nella parte nord-ovest, e interrimento di un tratto di linea in cavo aereo esistente;**

per la realizzazione del nuovo stallo, come indicato dal gestore della rete TERNA, è previsto l'interrimento dell'ultima campata di un elettrodotto aereo a 132 kV "San Martino-Gambettola" esistente; l'elettrodotto aereo, lungo circa 170 m, e il traliccio di arrivo saranno eliminati e sostituiti da un elettrodotto interrato AT 150 kV, di lunghezza pari a circa 230 m, da realizzare all'interno dell'area di ampliamento della Stazione Elettrica San Martino in Venti.

3 CARATTERISTICHE FISICO-GEOGRAFICHE DEL TRATTO DI MARE ANTISTANTE L'EMILIA-ROMAGNA

Lo specchio acqueo antistante la costa dell'Emilia-Romagna è caratterizzato da fondali bassi (massimo 60 metri) e pendenze lievi (0,02°), con escursioni di marea massime di ± 0.85 m.

Gli eventi meteomarini più intensi sono associati ai venti di Bora (NE) e Scirocco (SE) con simili intensità, più forti dal settore di Bora dove si raggiungono spesso i 35 nodi rispetto al settore di Scirocco dove si raggiungono occasionalmente i 30 nodi. Le altezze d'onda significative possono raggiungere i 3.3 m (tempo di ritorno 1 anno), 4.7 m (tempo di ritorno 10 anni) e i 5.9 m (tempo di ritorno 100 anni) (Idroser 1996). La circolazione delle acque superficiali in quest'area è caratterizzata dalla persistenza di una corrente costiera da nord a sud (Western Adriatic Coastal Current - WACC), dominata dalle variazioni stagionali e influenzata dai venti di Bora nei mesi invernali. La WACC ha più energia nei mesi invernali che estivi ed è responsabile della dispersione e deposizione dei sedimenti finì portati in mare dai fiumi del bacino del Po.

Nella zona più prossima alla costa, si osserva il fenomeno di circolazione inversa, ove le correnti lungo costa dirette verso nord spostano le sabbie lungo le spiagge secondo questa direttrice. I sedimenti trasportati verso nord vengono spesso intrappolati da moli e pennelli generando accumuli di sabbia sopraflutto e conseguenti fenomeni di erosione sottoflutto. Le caratteristiche abiotiche dell'area sono fortemente influenzate dal fiume Po, i cui apporti di acqua dolce causano un'elevata diluizione della salinità delle acque costiere e un movimento di masse d'acqua con correnti prevalenti verso sud. L'apporto di acque dolci concorre ad immettere in mare grandi quantità di elementi nutritivi, che in periodi di alta portata (ad es. dopo forti precipitazioni invernali) possono generare importanti aumenti della produttività dell'ecosistema marino lungo tutta la costa emiliano-romagnola.

Di conseguenza, sono frequenti in primavera forti aumenti delle concentrazioni di clorofilla a, sia nella zona settentrionale che in quella centro meridionale, con conseguente aumento della torbidità delle acque, sia vicino alla costa che al largo. In queste situazioni, l'ossigeno disciolto in superficie può raggiungere valori di sovraturazione dovuti all'intensa attività metabolica della componente fitoplanctonica, con potenziale insorgenza di fenomeni anossici nei pressi del fondale.

L'area prospiciente la costa emiliano romagnola, rientra nella EBSA "Ecologically or Biologically Significant Marine Areas" del Nord Adriatico (UNEP/MAP/RAC-SPA), definita come area speciale per il supporto dei servizi forniti dal mare sulla base di criteri di unicità o rarità, importanza per le fasi di vita delle specie, importanza per specie/habitats minacciate o in via di estinzione, vulnerabilità, fragilità, sensibilità o lento recupero, produttività biologica, biodiversità, naturalezza.

Le caratteristiche biotiche di un'area sono strettamente legate alla natura dei fondali. Per la loro definizione, si fa riferimento alla Carta degli Habitat dei Fondali del Mar Mediterraneo sviluppata nell'ambito dell'iniziativa europea EMODnet (European Marine Observation and Data Network). La mappa dei fondali utilizza lo schema di classificazione degli habitat EUNIS (European Nature Information System), sviluppato dal Centro tematico europeo Biodiversità (ETC/BD) per l'Agenzia Ambientale Europea (EEA). EUNIS classifica in modo gerarchico gli habitat marini, d'acque dolci e terrestri presenti in Europa, con lo scopo di armonizzare l'informazione esistente a scala continentale.

Nell'Alto Adriatico la fascia marina costiera è caratterizzata da sabbie, per la maggior parte di origine fluviale, che costituiscono la naturale prosecuzione delle sabbie emerse (sabbie costiere). A profondità maggiori di 8-10 m si passa ad una estesa fascia a granulometria molto fine costituita da limi argillosi; al largo, la granulometria aumenta drasticamente dapprima con un termine limoso, successivamente con sabbie e sabbie-argillose (sabbie relitte di piattaforma).

3.1 INQUADRAMENTO GENERALE DELLA QUALITA' DELLE ACQUE MARINE DELL'EMILIA ROMAGNA

La qualità delle acque marine determina la composizione e lo status delle biocenosi che sono presenti in una determinata zona, ed essa viene costantemente monitorata dalle istituzioni competenti addette a tale compito; nella Regione Emilia Romagna questa attività è affidata ad ARPAE. Di seguito è presentato un sunto del rapporto 2019 della qualità delle acque marine regionali.

Metodi di campionamento dell'acqua e del sedimento

Per la definizione degli indici della qualità ecologica dell'ambiente marino (es. fitoplacton, macroalghe, macroinvertebrati bentonici..) sono necessari dei campionamenti di acqua e sedimento della zona che si vuole indagare che vengono effettuati con le sottostanti metodologie.

Prelievo dei campioni per l'analisi quali-quantitativa del fitoplancton

Il prelievo dei campioni di fitoplancton si esegue tramite una pompa situata sulla chiglia della barca che aspira l'acqua a -0.5 m di profondità. L'acqua viene poi trasferita in bottiglie di vetro scure da 250 ml, fissata con soluzione di Lugol e portata in laboratorio. Tale metodo di campionamento permette di ottenere un dato puntiforme relativo a singole stazioni di monitoraggio ad una quota di -0.5 m. Per campionamenti a quote inferiori a -0.5 m si utilizza la bottiglia Niskin. Per indagini di tipo qualitativo lungo tutta o parte della colonna d'acqua viene utilizzato un retino di Nylon (lunghezza rete conica filtrante 100 cm) con diametro di apertura di 40 cm e maglia da 20 µm.

Raccolta e trattamento dei campioni per la determinazione dei sali nutritivi

Per l'analisi dei nutrienti vengono filtrati circa 250 ml di acqua come segue:

- predisporre l'apparato di filtrazione a vuoto ponendo in esso un filtro Millipore di acetato di cellulosa di 47 mm di diametro e 0.45 µm di porosità, previamente lavato con 150-200 ml di acqua milliQ;
- "avvinare" l'apparato di filtrazione con 50-100 ml di acqua del campione;
- filtrare circa 250 ml di campione.



Se l'analisi viene effettuata entro 24 ore dal prelievo il campione può essere conservato 4°C al buio, diversamente nel caso intercorra più tempo fra il prelievo e l'analisi si procede al congelamento a -20°C. I contenitori utilizzati per lo stoccaggio dei campioni sono in PE di colore nero. Per l'analisi di azoto e fosforo totali il campione non deve essere filtrato.

Prelievo dei campioni per le indagini chimiche

Per i prelievi delle diverse aliquote per le determinazioni delle sostanze richieste dalle tabelle 1/A e 1/B del D.Lgs. 172/15 vengono adottati i seguenti criteri:

- utilizzare contenitori perfettamente puliti;
- risciacquare preventivamente i contenitori con acqua di mare;
- per i metalli e i solventi riempire completamente la bottiglia senza lasciare spazio di testa;
- per gli IPA e ftalati utilizzare bottiglie in vetro scuro con tappo in teflon.

Prelievo per l'analisi quali-quantitativa del macrozoobenthos

Il prelievo dei campioni è effettuato mediante l'utilizzo della benna di Van Veen di 0.112 m². In ogni stazione vengono eseguite 3 repliche. Il campione rimosso dalla benna è posto in una bacinella di plastica di dimensioni appropriate a cui è aggiunta acqua di mare al fine di sciogliere meglio i piccoli noduli di sedimento argilloso eventualmente presenti. I campioni sono poi sottoposti a setacciatura allo scopo di eliminare l'acqua, il sedimento e quanto altro non necessario per la ricerca in questione; tale operazione di vagliatura è effettuata con un setaccio in acciaio inossidabile con maglie di 1 mm. I campioni sono quindi trasferiti in barattoli di plastica di forma circolare opportunamente etichettati, successivamente fissati per 48 ore con una soluzione tamponata di formaldeide al 5%; trascorso tale intervallo di tempo gli organismi sono estratti e riposti in una soluzione conservante finale costituita da etanolo al 70%.

Prelievo per le indagini chimiche e chimico fisiche

Le attività di campionamento dei sedimenti litoranei è svolta in condizioni meteo-marine stabili, ponendo l'attenzione ad arrecare il minore disturbo possibile alla matrice da campionare. In ogni stazione di campionamento il prelievo del sedimento è effettuato come descritto di seguito:

- vengono eseguite 3 bennate con benna Van Veen (0.112 m² di superficie di campionamento e capacità 22 litri);
- per ogni bennata vengono prelevati i primi 5 cm circa di strato superficiale;
- gli strati superficiali vengono poi omogeneizzati in un unico contenitore e il campione così ottenuto è suddiviso in aliquote;
- ciascuna aliquota è raccolta in contenitore apposito ed identificata con codice della stazione di campionamento e tipologia di indagine al quale è destinato il campione.

Altri parametri che vengono valutati sono quelli fisico-chimici, biologici, quelli riguardanti le sostanze nocive ed inquinanti e i sali nutritivi.

Parametro	Caratteristiche strumentali
Temperatura	Utilizzo di Sonda multiparametrica Idronaut mod. Ocean Seven 316 Plus che, azionata da un verricello, viene calata sulla verticale. I dati acquisiti sono trasmessi al computer di bordo, mediati per ogni metro di profondità, visualizzati su terminale e registrati
Salinità	
Ossigeno disciolto	
pH	
Conducibilità	
Pressione	
Torbidità	
Clorofilla "a" profilo verticale	Fluorimetro "Sea Point" abbinato alla sonda multiparametrica Idronaut mod. Ocean Seven 316 Plus
Clorofilla "a" concentrazione	Metodo fluorimetrico mediante TURNER 10 AU
Trasparenza	Disco di Secchi
Stato di aggregazione e distribuzione sulla colonna d'acqua di aggregati mucillaginosi	Telecamera filoguidata (Fulgor Mare e Telesub Lanterna)

Tabella 3.1 – Parametri fisico-chimici e biologici valutati nei campioni di acqua (ARPAE 2019)

Tabella 3.2 - Parametri fisico-chimici e biologici valutati nei campioni di acqua (ARPAE 2019)

Parametro	Metodo analitico
Ottilfenolo 4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil-fenolo)	
Clorofenoli	
Pentaclorofenolo	- APAT IRSA CNR Metodi analitici per le acque - Manuali e linee guida n° 29/2003: <i>Metodo 5070</i> .
Difenileteri Polibromurati (PBDE)	
Difeniletero bromato (sommatoria congeneri 28, 47, 99,100, 153 e 154)	- Metodo EPA 1614/2007
Policiclici Aromatici	
Fluorantene	
Antracene	
Benzo(a)pirene	- Metodo EPA 3510c/1996
Benzo(b)fluorantene	- Metodo EPA 3630c/1996
Benzo(k)fluorantene	- Metodo EPA 8270d/2014
Benzo(g,h,i)perilene	
Indeno(1,2,3-cd)pirene	
Naftalene	
Cloroalcani	
Alcani, C10-C13 (Cl 51,5)	- M/C/MO/004/LM (HPLC/MS)
Metalli	
Mercurio e composti	- APAT IRSA CNR Metodi analitici per le acque - Manuali e linee guida n° 29/2003: <i>Metodo 3200 A1</i>
Cadmio	
Nichel	- Metodo UNI EN ISO 17294-2/2016
Piombo	
Organometalli	
Tributilstagno (composti) (tributilstagno-catione)	- Metodo UNI EN ISO 17353-2/2006

Parametro	Metodo analitico	
Pesticidi		
2,4'-DDT	<p>- Procedura Arpae m/P/AC/007/FE: Metodo per la determinazione dei residui di prodotti fitosanitari in acque superficiali, di transizione e marino-costiere mediante estrazione in fase solida (SPE) e analisi in cromatografia liquida e gassosa abbinate a spettrometri di massa. (riferimento APAT IRSA CNR Metodi analitici per le acque - Manuali e linee guida n° 29/2003: Metodo 5060. Prodotti fitosanitari (Antiparassitari, pesticidi)</p> <p>- Metodo EPA8081a. Organochlorine pesticides by gas chromatography</p> <p>- Metodo EPA8270c. Semivolatile organic compounds by gaschromatography/mass spectrometry (GC/MS)</p>	
4,4'-DDT		
2,4'-DDE		
4,4'-DDE		
2,4'-DDD		
4,4'-DDD		
HCH Alfa		
HCH Beta		
HCH Delta		
Lindano (HCH Gamma)		
Alaclor		
Aldrin		
Dieldrin		
Endrin		
Isodrin		
Esaclorobenzene		
Atrazina		
Trifluralin		
Clorfenvinfos		
Clorpirifos (Clorpirifos etile)		
Simazina		
Pentaclorobenzene		
Endosulfan (somma)		
Diuron		
Isoproturon		
Azoxystrobin		
Chloridazon		
Metalaxyl		
Metolachlor		
Oxadiazon		
Boscalid		
Propyzamide		
Thiamethoxam		
Solventi organici		
Benzene	<p>- Metodo EPA 5030c/2003</p> <p>- Metodo EPA 8260c/2006 - Purge and trap e GC/MS</p>	
1,2-Dicloroetano		
Diclorometano		
Esaclorobutadiene		
Tetracloruro di carbonio		
Tetracloroetilene		
Tricloroetilene		
1,2,4-Triclorobenzene		
1,2,3-Triclorobenzene		
1,3,5-Triclorobenzene		
Triclorometano		
Ftalati		
Di (2-etilesil) ftalato (DHEP)		<p>- Metodo EPA 3510c/1996</p> <p>- Metodo EPA 8270d/2014</p>
Alchilfenoli		
4- Nonilfenolo	- Metodo UNI EN 18857-1/2006	

Tabella 3.3 - Parametri per valutazione presenza sostanze inquinanti nell'acqua (ARPAE 2019)



Parametro	Metodo analitico
Fosforo e azoto totali e totali solubili	Methods of Seawater Analysis, Grasshoff K, M. Ehrhardt, K. Kremling Eds, Verlag Chemie, Weinheim, 1983. Valderrama J.C., 1981. Mar.Chem.,10 SEAL Analytical Q-031-04 Rev.2 (multitest MT3A) SEAL Analytical Q-035-04 Rev.7 (Multitest MT3B, 3C)
Fosforo reattivo	SEAL Analytical Q-031-04Rev.2 (multitest MT3A)
Azoto ammoniacale	SEAL Analytical Q-080-06 Rev. 2
Azoto nitroso	SEAL Analytical Q-030-04 Rev 3 (Multitest MT3A)
Silicati	Bran+Luebbe N° G-177-96-Rev.1 (Multitest MT19)
Azoto nitrico	SEAL Analytical Q-035-04 Rev.7 (Multitest MT3B, 3C)

Tabella 3.4 - Parametri per valutazione presenza sali nutritivi nell'acqua nell'acqua (ARPAE 2019)

Determinazione	Metodo analitico
Analisi granulometrica	- "Metodologie analitiche di riferimento-Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003)", Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio Servizio Difesa Mare e ICRAM, p. 84. - ASTM E11 - 09e1 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves. - ISO 3310-1:2000 Test sieves - Technical requirements and testing - Part 1: Test sieves of metal wire cloth. - ISO 13317-3:2001 Determination of particle size distribution by gravitational liquid sedimentation methods - Part 3: X-ray gravitational technique.
Carbonio organico (TOC)	Ossidazione ad anidride carbonica del carbonio organico e inorganico e determinazione fotometrica – IR

Tabella 3.5 - Parametri per le indagini fisico-chimiche nei campioni di sedimento (ARPAE 2019)

Sostanza	Metodo analitico
Metalli	
Mercurio	- UNI EN ISO 13657/2004
Cadmio	- EPA 6020b/2014
Nichel	
Piombo	
Arsenico	
Cromo totale	
Cromo esavalente (Cr VI)	- G.U. N 116 del 21/05/2003 D.L. 08/05/2003
Organometalli	
Tributilstagno	- Metodo interno-Estrazione con metilene cloruro, digestione in acido nitrico e determinazione in ICP-MS
Pesticidi	
Aldrin	- Metodo Arpae M/P/Am/003/LM: <i>Metodo per la determinazione di composti organoclorurati nei campioni di sabbia e sedimento mediante estrazione Quechers e analisi in cromatografia gassosa abbinata a spettrometri di massa-massa.</i> - Pesticidi Organoclorurati. Quad.Ist.Ric.Acque,64. Metodi analitici fanghi Vol.3. Gennaio 1988 - Metodo EPA8081a. Organochlorine pesticides by gas chromatography. - Metodo EPA8270c. Semivolatile organic compounds by gaschromatography/mass spectrometry (GC/MS)
Alfa esaclorocicloesano	
Beta esaclorocicloesano	
Gamma esaclorocicloesano lindano	
DDT	
DDD	
DDE	
Dieldrin	
Esaclorobenzene	
Policiclici Aromatici	
Naftalene	- Metodo EPA 3545A 2007
Acenaftilene	- Metodo EPA 3630C 1996
Acenaftene	- Metodo EPA 8270D 2014
Fluorene	

Tabella 3.6 - Parametri per le indagini fisico-chimiche nei campioni di sedimento (ARPAE 2019)

Sostanza	Metodo analitico
Fenantrene	
Antracene	
Fluorantene	
Pirene	
Benzo(a)antracene	
Crisene	
Benzo(b)+(j)fluorantene	
Benzo(k)fluorantene	
Benzo(a)pirene	
Indeno(1.2.3.c.d)pirene	
Dibenzo(ac)+(ah)antracene	
Benzo(ghi)perilene	
Diossine e Furani	
2.3.7.8-T4CDD	
1.2.3.7.8-P5CDD	
1.2.3.4.7.8-H6CDD	
1.2.3.6.7.8-H6CDD	
1.2.3.7.8.9-H6CDD	
1.2.3.4.6.7.8-H7CDD	
O8CDD	
2.3.7.8-T4CDF	
1.2.3.7.8-P5CDF	
2.3.4.7.8-P5CDF	
1.2.3.4.7.8-H6CDF	
1.2.3.6.7.8-H6CDF	
2.3.4.6.7.8-H6CDF	
1.2.3.7.8.9-H6CDF	
1.2.3.4.6.7.8-H7CDF	
1.2.3.4.7.8.9-H7CDF	
O8CDF	
PCB	
T3CB- 31+28	
T4CB-52	
P5CB-101	
T4CB-81	
T4CB-77	
P5CB-123	
P5CB-118	
P5CB-114	
H6CB-153+168	
P5CB-105	
H6CB-138	
P5CB-126	
H6CB-128+167	
H6CB-156	
H6CB-157	
H7CB-180+193	
H6CB-169	
H7CB-170	
H7CB-189	

- Metodo EPA 1613B 1994 (G.C.+MASSA-MASSA)

- M/C/MO/002/LM rev.6 2016 (G.C.+MASSA-MASSA)

Tabella 3.7 - Parametri per ricerche microinquinanti inorganici ed organici nel sedimento (ARPAE 2019)



Determinazione	Metodo analitico
Saggio ecotossicologico con batteri bioluminescenti- <i>Vibrio fischeri</i>	<p>Determinazione della tossicità acuta end point - inibizione della bioluminescenza</p> <ul style="list-style-type: none"> - Metodi analitici per le acque, - APAT – CNR - IRSA, 29/2003 Vol. 3° pp 1003-1012 - ISO/CD 11348-3 "Water quality - Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of <i>Vibrio fischeri</i> (Luminescent bacteria test) -- Part 3: Method using freeze-dried bacteria - Azur Environmental, 1995¹ modificato secondo Onorati e Mecozzi, 2004² <p>¹ Azur Environmental, 1995. Microtox® Acute Toxicity Solid-Phase Test, 20 pp ² ONORATI F., MECOZZI M., 2004. Effects of two diluents in the Microtox® toxicity bioassay with marine sediments. Chemosphere, 54: 679 – 687</p>

Specie	Matrice testata	Stadio vitale	Esposiz..	End-Point	Espressione dato
<i>Vibrio fischeri</i>	elutriato	cellule	30'	Inibizione della bioluminescenza	EC20 e EC50
	sedimento privo di acqua interstiziale	cellule	30'	Inibizione della bioluminescenza	S.T.I. (Sediment Toxicity Index)

Tabella 3.8 - Specie utilizzata per ricerche ecotossicologiche nel sedimento (ARPAE 2019)

3.2 Status ambientale delle acque marine dell'Emilia-Romagna

I parametri sopra descritti (es. clorofilla "a" per il fitoplacton, ossigeno, azoto, fosforo...) sono quelli utilizzati per la definizione della qualità ambientale e che devono essere monitorati costantemente perché la loro variabilità è influenzata dalla stagionalità, dalla morfologia del bacino, da eventi climatici straordinari e dalle perturbazioni di alcune attività antropiche. Un altro importante elemento per la classificazione qualitativa di un ecosistema marino è lo stato trofico che viene definito dall'unione dell'indice TRIX (indice trofico) e dell'indice di torbidità TRBIX. Il set di parametri utilizzati per il calcolo dell'Indice Trofico (TRIX) si dividono in due categorie:

a) Fattori che sono espressione diretta di produttività:

- Clorofilla "a" mg/m³
- Ossigeno disciolto espresso in percentuale, come deviazione in valore assoluto dalla saturazione: $Ass[100 - O.D. \%] = |O.D.\%|$

b) Fattori nutrizionali:

- Fosforo totale espresso in µg/l
- DIN azoto minerale disciolto (N-NO₃ + N-NO₂ + N- NH₃) in µg/l

Utilizzando i logaritmi (Log₁₀), la struttura base dell'Indice TRIX diventa:



Indice Trofico TRIX = $(\text{Log}[\text{Cha} \times |\text{OD\%}| \times \text{N} \times \text{P}] - [-1.5])/1.2$

Numericamente tale indice è differenziato in classi da 0 a 10 che coprono l'intero spettro di condizioni trofiche che vanno dalla oligotrofia (acque scarsamente produttive tipiche di mare aperto), alla eutrofia (acque fortemente produttive tipiche di aree costiere eutrofizzate).

L'Indice TRIX viene richiesto nel D.M. 260/10, come elemento di qualità fisicochimica (con i relativi limiti di classe) a supporto nella classificazione dello stato ecologico delle acque marino costiere. In base ai valori medi annui sono stati indicati i limiti di classe tra lo stato "Buono" e quello "Sufficiente" per ciascuno dei macro tipi individuati su base idrologica. Per il macro tipo "Alta stabilità" (in cui ricade l'area emiliano romagnola) il limite di classe TRIX, tra lo stato "Buono" e quello "Sufficiente", è 5.0.

Lo stato trofico "Sufficiente" caratterizza ambienti con acque molto produttive e livelli di eutrofia elevati, scarsa trasparenza ed ipossie/anossie occasionali delle acque di fondo che possono innescare stati di sofferenza alle biocenosi bentoniche.

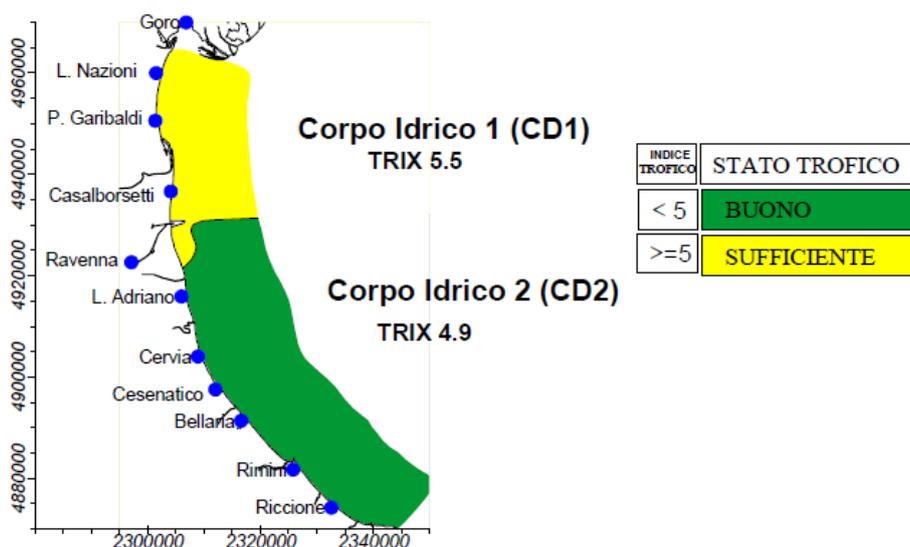


Figura 3.3 – Valori medi annuali di TRIX nei due corpi idrici della costa regionale nel 2019 (ARPAE)

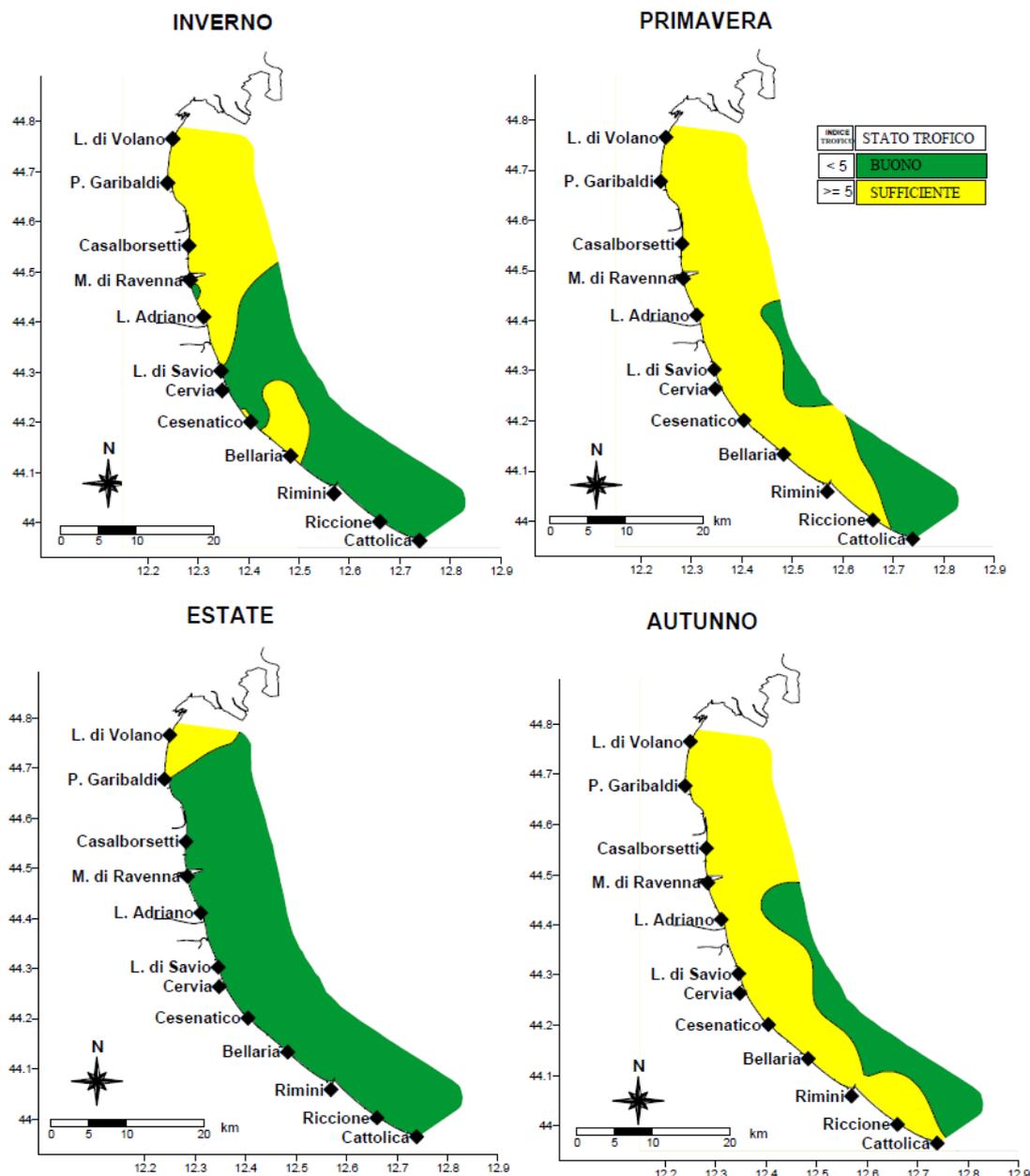


Figura 3.4 – Mappe di distribuzione indice TRIX dalla costa fino a 10 km a largo. Medie stagionali 2019 (ARPAE)

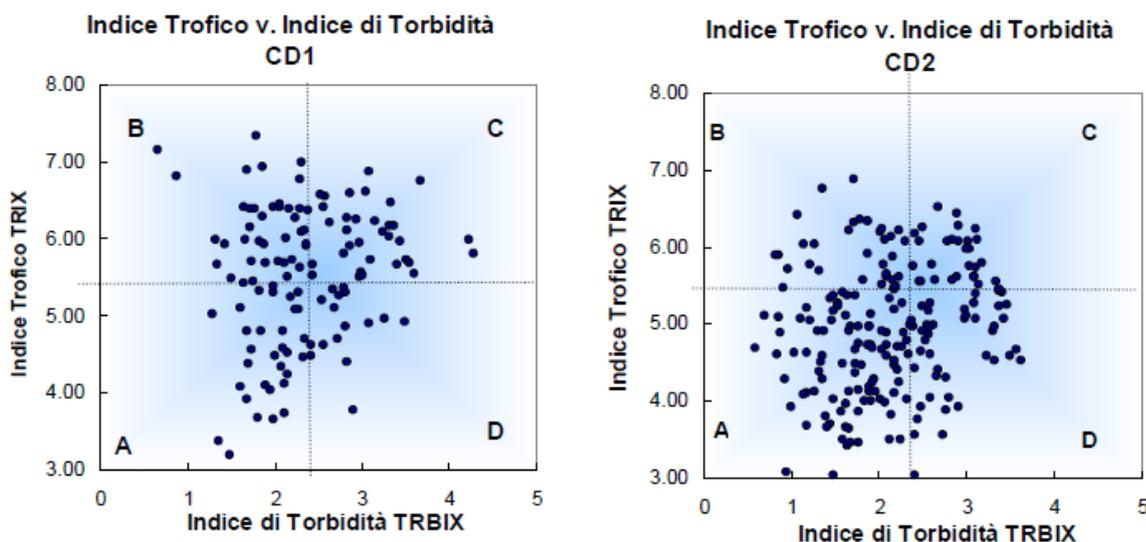
L'Indice di Torbidità (TRBIX), invece, rappresenta un fattore ad integrazione per la valutazione delle condizioni ambientali dell'ecosistema costiero.

La trasparenza dell'acqua misurata con disco di Secchi costituisce un importante parametro nella definizione delle caratteristiche di qualità delle acque costiere in quanto esprime la capacità di penetrazione della luce e quindi l'estensione della zona eufotica. La trasparenza è la risultante di almeno tre componenti che determinano l'assorbimento della luce e processi di "scattering", dispersione:

- a) le sostanze organiche disciolte (ad esempio gli acidi umici);
- b) la biomassa fitoplanctonica;
- c) la torbidità dovuta al particellato minerale.

Si può assumere che, eccetto particolari situazioni, le sostanze organiche disciolte non contribuiscono a breve scala temporale alla variabilità della trasparenza nelle acque marine che è determinata dalla biomassa fitoplanctonica e dal particolato inorganico minerale in sospensione. Una semplificata interpretazione di questo indice è che le acque sono otticamente biosature riguardo la clorofilla se il TRBIX = 0, se il TRBIX = 1, il contributo della clorofilla e del particolato inorganico risulta equivalente mentre se TRBIX = 2 la clorofilla dovrebbe contribuire per 1/4 ecc.

In generale valori elevati di TRIX corrispondono a valori di TRBIX superiori a 1 quindi correlati ad alti valori di clorofilla "a".



Schema di interpretazione dei quadranti derivati dalla combinazione del TRIX vs. TRBIX	
<p>Quadrante B Acque colorate prevalentemente da fitoplancton; colore verdastro, brunastro o rossastro secondo la specie fitoplanctonica. Trasparenza più o meno ridotta.</p>	<p>Quadrante C Acque colorate sia da fitoplancton che da torbidità di tipo minerale; colore limoso-fangoso associato ad una variazione cromatica verdastro, brunastro o rossastro secondo la specie fitoplanctonica. Trasparenza più o meno ridotta.</p>
<p>Quadrante A Acque poco o scarsamente colorate da fitoplancton e presenza di torbidità minerale; colore poco limoso con tonalità verde-azzurro-blu marino. Trasparenza alta.</p>	<p>Quadrante D Acque prevalentemente colorate da torbidità di tipo minerale; colore limoso fangoso di tipo grigio brunastro. Trasparenza molto ridotta.</p>



Figura 3.5 - Diagramma di "scatter plot" con correlazione tra indice TRIX e quello TRBIX (ARPAE 2019)

Dalla fig.3.5 si può notare come nella zona riminese, inclusa nel comparto CD2, la componente minerale prevale su quella fitoplanctonica e le acque risultino più trasparenti. La fascia costiera della regione Emilia-Romagna è dichiarata area sensibile (art. 91, D.Lgs. 152/06) in quanto soggetta a fenomeni di eutrofizzazione; i corpi idrici individuati (CD1 e CD2) sono stati identificati come corpi idrici a rischio ai quali è stato applicato un monitoraggio operativo come previsto dal D.M. 260/10 finalizzato alla valutazione dello stato di qualità ambientale delle acque marino costiere che si basa sull'analisi di elementi che definiscono lo stato ecologico e lo stato chimico.

Gli elementi che contribuiscono alla definizione dello **stato ecologico** sono:

- Elementi di Qualità Biologica (EQB);
- Elementi idromorfologici e fisico-chimici a sostegno degli EQB;
- Elementi chimico-fisici a sostegno degli EQB;
- Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità a sostegno degli EQB

Gli elementi che contribuiscono alla definizione dello **stato chimico** sono gli inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità ricercati nell'acqua e/o nel biota e nel sedimento.

Per la definizione dello stato chimico, il D.Lgs. 172/15 introduce inoltre l'analisi della tendenza a lungo termine delle concentrazioni di alcune delle sostanze dell'elenco di priorità (tab. 1/A D.Lgs. 172/15), che tendono ad accumularsi nei sedimenti e/o nel biota.

Lo **stato di qualità ambientale** è l'espressione complessiva dello stato di un corpo idrico superficiale, determinato dal valore più basso del suo stato ecologico e chimico e viene attribuito al termine di un ciclo di monitoraggio triennali.

		Elementi per lo stato ecologico					Elementi per lo stato chimico			Elementi per l'analisi di tendenza	Elementi opzionali	
		Elementi di Qualità Biologica (EQB)		Elementi chimico-fisici	Elementi idromorfologici e fisico-chimici		Inquinanti specifici NON appartenenti all'elenco di priorità		Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità		Sostanze di cui alle Tab. 3/A e 3/B D.Lgs. 172/15 (****)	Saggi ecotossicologici
		Fitoplankton	Macro zoobenthos	(*)	(**)	Granulometria TOC	Tab. 1/B D.Lgs. 172/15	Tab. 1/A D.Lgs. 172/15	Tab. 2/A D.Lgs. 172/15			
				ACQUA	ACQUA	SEDIMENTO	ACQUA	ACQUA(****)	BIOTA(****)	SEDIMENTO	SEDIMENTO	SEDIMENTO
		Mensile	Semestrale	Quindicinale	In continuo	Semestrale	Mensile	Mensile	Annuale	Semestrale	Semestrale	Annuale
Codice stazione di indagine	2											
	302											
	4											
	SFBC4											
	304											
	Tecno											
	6											
	306											
	308											
	9											
	SFBC9											
	309											
	AngeC1											
	13											
	14											
	SFBC14											
	314											
	Copra											
	17											
	317											
19												
SFBC19												
319												
Ass Cattol												

Tabella 3.9 - Rappresentazione schematica dell'attività di monitoraggio operativo programmata ai sensi del D.Lgs. 152/06, D.M. 260/10 e D.Lgs. 172/15: triennio 2017-2019 (ARPAE 2019)

Note alla Tabella

(*) Nutrienti, ossigeno disciolto, clorofilla "a", temperatura, salinità, trasparenza.

(**) Direzione e altezza onde; direzione e velocità delle correnti marine.

(***) Dal 01/01/2017 parametri n. 1-33 tab. 1/A D.Lgs. 172/15. Dal 22/12/2018 si aggiungono i parametri n. 34-45 tab. 1/A D.Lgs. 172/15.

(****) Dal 01/01/2017 parametri n. 5, 21 (Difenileteribromurati e Mercurio e composti) tab. 1/A D.Lgs. 172/15. Dal 22/12/2018 si aggiunge il parametro n. 37 (diossine e composti diossina simili) tab. 1/A D.Lgs. 172/15. Se non altrimenti indicato, lo SQA per il biota è riferito ai pesci. Si può monitorare un altro taxon del biota alternativo purchè lo SQA applicato garantisca un livello equivalente di protezione.

(*****) Previa verifica di fattibilità analitica, nel 2019 saranno ricercati nel sedimento, con frequenza semestrale, anche i parametri tab. 1/A D.Lgs. 172/15 n.: 7, 12, 17, 26, 34, 35, 36, 43, 44 (cloroalcani C10-13, di(2-etilesil) ftalato (DEHP), esaclorobutadiene, pentaclorobenzene, dicofol, acido perfluorottansolfonico e derivati (PFOS), chinossifen, esabromociclododecano (HBCDD), eptacloro ed eptacloro epossido. Per i parametri di cui sopra, nel prossimo piano di monitoraggio triennale, si valuterà se effettuare un monitoraggio per l'analisi di tendenza ogni 3 anni oppure ogni anno a cadenza semestrale.

Lungo la fascia costiera dell'Emilia-Romagna si ha in genere una scarsa presenza di macroalghe su substrati naturali, e risultano assenti le fanerogame marine.

Il monitoraggio degli Elementi Qualitativi Biologici (EQB) è limitato quindi alla determinazione qualitativa del **fitoplancton** e dei **macroinvertebrati** bentonici.

Infatti, le abbondanze e la tipologia di fitoplancton (principalmente Diatomee e Dinoflagellate) influiscono sia sulle produttività, sia sui parametri fisico-chimici delle acque come le concentrazioni di ossigeno disciolto, la variazione della trasparenza, il pH e di conseguenza sul benessere delle biocenosi bentoniche.

3.2.1 Valutazione Fitoplancton

Per la valutazione del fitoplancton al fine della definizione dello Stato di Qualità Ambientale, vengono seguite le metriche indicate nel documento di ISPRA "Criteri tecnici per la classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici delle acque marino costiere Elemento di Qualità Biologica: Fitoplancton" (a cura di Franco Giovanardi, aprile 2018). Per le acque costiere di tipo I, in cui ricade la fascia costiera dell'Emilia Romagna, i valori dei limiti tra le classi di stato, definite nel documento di ISPRA, fanno riferimento alla tabella sottostante (Tab. 3.9).

RIFERIMENTO NORMATIVO	D.M. 260/10	Dec. 2018/229/UE
STATO ECOLOGICO	Limiti di classe (µg/l)	Limiti di classe (µg/l)
ELEVATO	< 2.4	< 2.0
BUONO	2.4 – 3.5	2.0 - 5.0
SUFFICIENTE	> 3.5	5.0 - 12.6
SCARSO	---	12.6 - 25.0
CATTIVO	---	> 25.0
METRICA	Media geometrica	Media geometrica (G_mean annuale*)
CONDIZIONI DI RIFERIMENTO	1.8	1.4

* Modello log-normale, dopo trasformazione log-decimale e screening preliminare dei dati (OECD)

Tabella 3.10 - Condizioni di riferimento e limiti tra le classi di qualità ecologica per le acque costiere di Tipo I (ARPAE 2019)

La qualità delle acque marine dell'Emilia Romagna viene valutata annualmente in base ai parametri citati in precedenza e generalmente risulta una differenza tra i due comparti idrici in cui è stata suddivisa, dipendente anche dalle specificità territoriali, come ad esempio si può osservare dalla sottostante tabella (Tab. 3.10) che riguarda il parametro del fitoplancton per l'anno 2019.

Corpo idrico	Stazione	2019	
CD1 Goro-Ravenna	2	5.67	5.9 Sufficiente
	302	6.45	
	4	6.64	
	304	5.92	
	6	5.67	
	306	5.34	
CD2 Ravenna-Cattolica	9	4.99	3.8 Buono
	309	4.63	
	13	4.91	
	14	4.17	
	314	4.17	
	17	3.48	
	317	3.09	
	19	3.04	
	319	2.77	

Tabella 3.11 - Medie geometriche annuali per stazione della clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$ o mg/m^3) e stato di qualità dei corpi idrici per l'EQB Fitoplancton (Dec. 2018/229/UE) con i nuovi criteri di classificazione indicati da ISPRA (ARPAE 2019)

3.2.2 Valutazione macroinvertebrati

Lo studio delle comunità macrobentoniche dei fondi marini viene soprattutto applicato nelle indagini degli ambienti perturbati, soggetti a diversi tipi di inquinamento o dei sistemi naturalmente ipossici. Infatti gli organismi bentonici non potendo compiere grandi spostamenti sono sottoposti per tutto il proprio ciclo vitale alle condizioni ambientali più o meno perturbate presenti nella zona, mostrando di conseguenza gli effetti dell'esposizione prolungata a diversi fattori ambientali e di inquinamento.

Tali effetti si manifestano alterando la fisionomia del popolamento sia in termini di composizione in specie, sia in termini di numero di specie e rapporti di abbondanza tra specie. Per questo motivo è importante il monitoraggio delle biocenosi bentoniche.

3.3 Biocenosi bentoniche dell'Emilia Romagna

3.3.1 Introduzione del concetto di biocenosi

Le biocenosi per definizione sono un gruppo di esseri viventi corrispondente per composizione, numero di specie e di individui, a certe condizioni medie dell'ambiente. Tali esseri viventi sono legati da interdipendenza reciproca attraverso la riproduzione, perpetuano l'occupazione di un'area geografica, chiamata biotopo, di dimensioni variabili, in cui le condizioni ambientali dominanti sono omogenee (Peres & Picard, 1964). Per definire una biocenosi presente in un determinato ambiente è necessario prendere in considerazione tre criteri:

- **criterio fisionomico:** le unità di popolamento vengono definite in base alla loro fisionomia o aspetto, definito dalla abbondanza di una o più specie, che presentino particolarità comuni.



- **criterio di costanza-dominanza:** le unità di popolamento definite in base a specie "pilota", o abbondanti e in certa misura dominanti o frequenti, né effimere o stagionali
- **criterio di fedeltà:** l'unità di popolamento è un'associazione di specie che ricorrono insieme (anche se alcuni elementi possono non essere abbondanti, sono però sempre presenti)

Una biocenosi può presentare delle "facies" (animali) o associazioni (vegetali). Le biocenosi sono condizionate dai fattori morfologici, geologici, fisici e chimici di una determinata zona del mare e al tempo stesso caratterizzano i differenti ambienti marini (Fig.3.4)

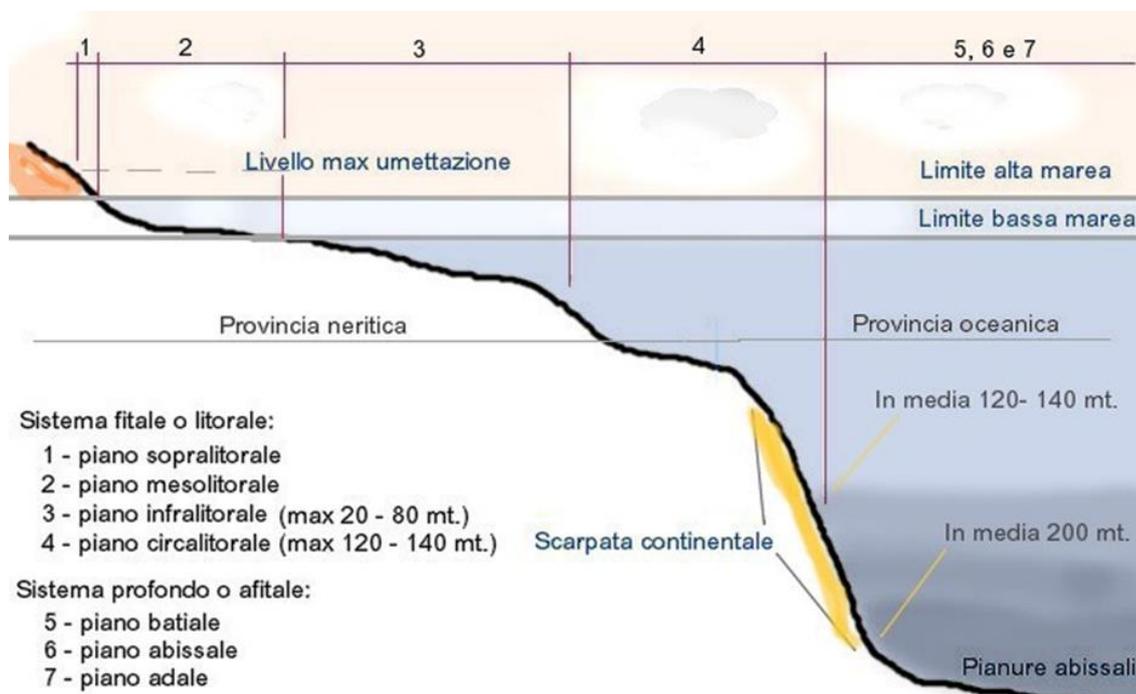


Figura 3.6 – Zonazione dell'ambiente marino.

3.3.2 Suddivisione delle biocenosi in base ai piani litoranei dell'Alto Adriatico

Piano infralitorale

Va dal limite inferiore delle basse maree fino al limite compatibile con la formazione delle fanerogame, o più in generale, al limite compatibile con la formazione di alghe fotofile. Il fattore che influenza l'estensione di tale piano è la trasparenza delle acque che incide sulla capacità della luce di raggiungere determinate profondità; in prossimità del delta del Po la profondità è inferiore ai 10 metri.

Lo sviluppo delle biocenosi del piano infralitorale dipende dal tipo di fondale e dall'idrodinamismo. Su fondi coerenti dominano le alghe del genere *Cystoseria*, al di sotto delle quali si possono trovare rodoficee come *Ceramium rubrum* e *Jania rubens*. La componente animale è rappresentata da briozoi, cirripedi, vermetidi e idrozoi. La copertura da parte delle alghe del genere *Cystoseria*, varia stagionalmente e si ha un picco primaverile seguito da un declino estivo. Se il fondale è interessato da tassi di sedimentazione elevati, si sviluppano altre specie del genere *Cystoseria*, feoficee come la famosa *Padinia pavonica* attorno alle quali pascolano molluschi, policheti crostacei ed echinodermi. Se il fondale è mobile, le biocenosi che si sviluppano dipendono dalla granulometria del sedimento.

Nel medio Adriatico tale zona appare spesso come un deserto (biocenosi delle sabbie fini), anche se è ricca di molluschi come vongole, cannolicchi, telline, crostacei, policheti ecc... Le specie di bivalvi che vivono associati a questa biocenosi, comprendono *Chamelea gallina*, *Tapes aurea*, *Donax semistriatus*, *Spisula subtruncata*, *Corbula gibba* e *Macra glauca*; tra i gasteropodi vi sono *Ciclonassa neritea*, *Hinia reticulata*, *Acteon tornatilis* e *Nassa mutabilis*; tra i crostacei *Diogenes pugilator* e *Liocarcinus vernalis*; tra gli anellidi *Owenia fusiformis*.

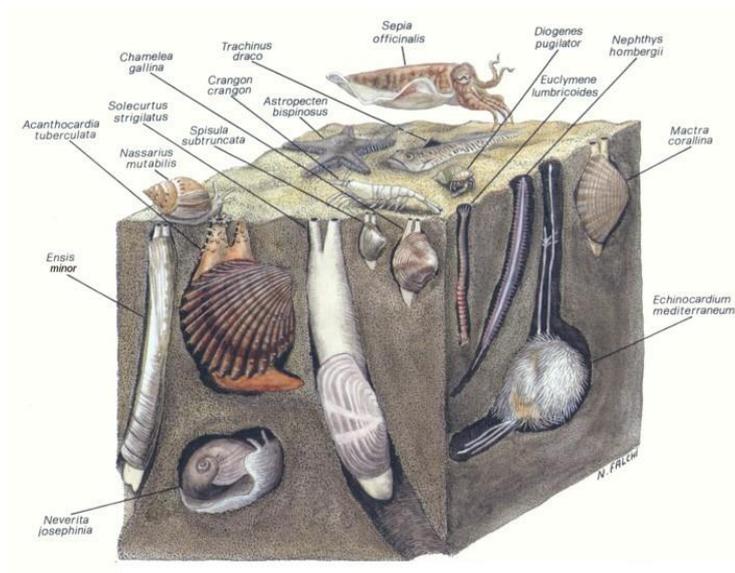


Figura 3.7 – Esempio di zonazione piano infralitorale sabbie fini calibrate (SFBC) presenti a 1 km dalla costa

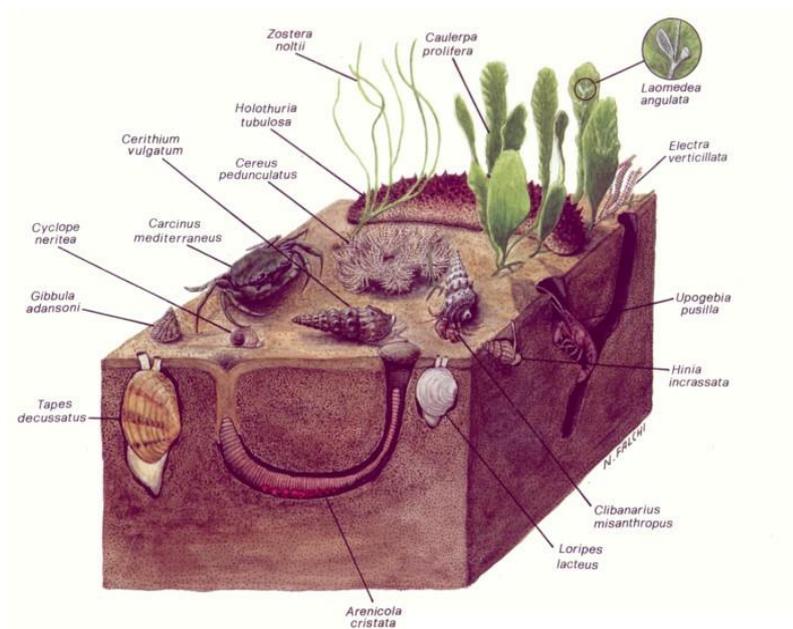


Figura 3.8 – Esempio di biocenosi di sabbie fini fangose

Altre zone sono caratterizzate dalla presenza di fanerogame come *Posidonia oceanica* e *Zoostera marina*. Nelle zone caratterizzate da sedimento più fine *P. oceanica* è vicariata da *Cymodocea nodosa* e da *Ruppia maritima*, se la salinità risulta variabile, mentre nelle acque lagunari è presente *Zoostera noltii*. Infine, in

ambiente riducente, se la temperatura è mediamente alta, si sviluppa la cloroficea *Caulerpa prolifera*, che si ancora al substrato per mezzo di rizomi.

Piano circalitorale

Si estende dal limite inferiore del piano precedente fino ai limiti compatibili con la vita vegetale delle alghe sciafile. Le grandi alghe verdi sono sostituite da alghe rosse, di piccole dimensioni e perlopiù calcaree. Esse necessitano di un substrato di impianto (rocce, ghiaia), di scarso idrodinamismo e di pochissima luce. Le alghe rosse calcaree edificano i cosiddetti **coralligeni** e, durante la stagione estiva, quando la luce raggiunge determinate profondità, si impiantano anche alghe verdi come *Halimeda luna* e l'alga precoralligena *Udotea petiolata*. Il coralligeno indica una biocenosi a dominanza di alghe a tallo calcareo.

Il coralligeno, ovvero una biocenosi dominata da alghe a tallo calcareo, può formarsi sia su substrati poco coerenti come quelli sabbiosi, **coralligeno di piattaforma**, caratterizzato da spessori e da una biodiversità notevoli, oppure lungo le pareti a strapiombo di falesie o su relitti di navi, **coralligeno di substrato duro**. Quest'ultimo è osservabile anche a profondità modeste ove luce e idrodinamismo siano favorevoli.

Il coralligeno di piattaforma può formarsi sia su sedimenti terrigeni, ovvero arrivati in mare grazie al trasporto dei fiumi, su sedimenti organogeni, costituiti da ciò che rimane di molluschi, foraminiferi, balanidi, briozoi, talli di alghe calcaree oppure su sedimenti detritici, derivanti dal disfacimento di rocce e concrezioni preesistente.

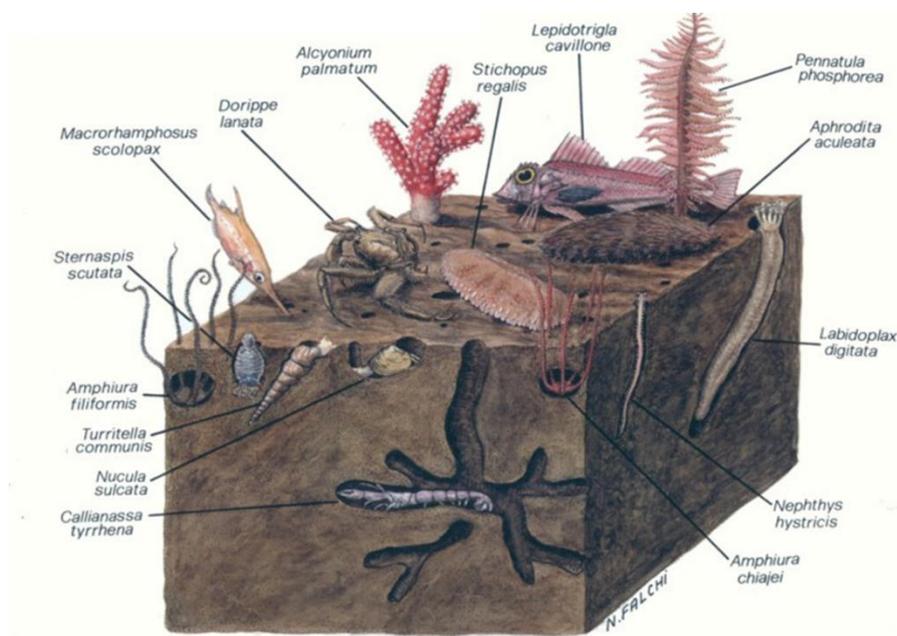


Figura 3.9 – Zonazione piano circalitorale di sedimenti terrigeni costieri

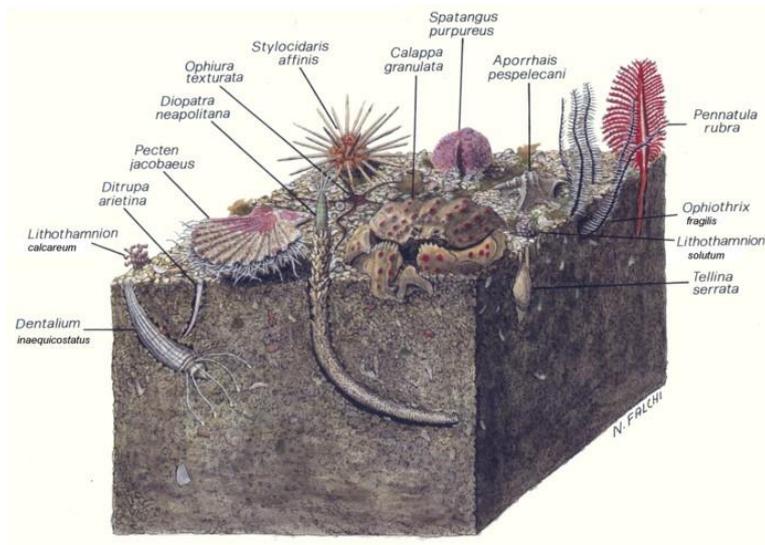


Figura 3.10 – Zonazione piano circalitorale sedimenti detritici costieri

Oltre al coralligeno delle zone profonde, che ospita una fauna comunque ricca e diversificata, ci sono i fondali fangosi che ospitano molte specie di echinodermi, crostacei come scampi e molti altri organismi bentonici che vivono infossati (bivalvi, scafopodi, policheti ecc.). Se il fondale è roccioso, invece, si hanno le grandi biocenosi madreporiche, prive di alghe simbiotici a causa della scarsità di luce; il limite della scarpata continentale, in Adriatico è a quasi 200 metri di profondità.

Per quanto riguarda la zonazione del macrozoobenthos, presente nei fondali dell'Altro Adriatico, come definita da Vatova (1949), può essere descritta, con riferimento alle relative biocenosi identificate sulla base della classificazione di Peres e Picard (1964) nel modo seguente:

- la zoocenosi *Chamelea gallina* popola principalmente la biocenosi delle sabbie fini ben calibrate (SFBC) caratteristica della fascia di fondale antistante la laguna di Venezia;



Figura 3.11 - Esempio di fauna bentonica di sabbie fini (Archivio Associazione Blennius)

- la zoocenosi *Schizaster chiajei* s'incontra nella biocenosi del detritico fangoso (DE) nella zona antistante ed al largo del Delta del Po, al largo della Laguna di Venezia e nel Golfo di Trieste; a Nord, nelle sabbie fini ben calibrate (SFBC) della fascia antistante il litorale di Venezia a Trieste; nel detritico di largo (DL) presso le coste dell'Istria;
- la zoocenosi *Turritella sp.* popola essenzialmente la biocenosi dei fanghi terrigeni costieri (VTC) della zona centrale dell'Alto Adriatico;
- la zoocenosi *Tellina sp.* si presenta tipicamente nella biocenosi del detritico del largo (DL) che caratterizza una zona di fondale dal Golfo di Venezia alle coste dell'Istria, parzialmente nella biocenosi delle sabbie grossolane e delle ghiaie fini sotto l'influenza delle correnti di fondo (SGF) presenti al largo della Laguna di Venezia;
- la zoocenosi *Amphioxus sp.* si incontra nelle biocenosi delle sabbie fini ben calibrate (SFBC) e nel detritico fangoso dei fondali antistanti la Laguna di Venezia; parzialmente nella biocenosi delle sabbie grossolane e delle ghiaie fini sotto l'influenza delle correnti di fondo (SGCF) presenti al largo della Laguna di Venezia.
- la zoocenosi *Owenia fusiformis* popola, in combinazione con *Chamelea gallina* e *Schizaster chiajei*, le biocenosi delle sabbie fini ben calibrate (SFBC) e del detritico fangoso (DE) nei fondali antistanti la Laguna di Venezia.

Un'altra biocenosi di rilevante importanza ecologica è rappresentata dalla *Posidonia oceanica*, fanerogama marina, in passato presente in rigogliose praterie, a profondità non elevate, oggi ridotta solo a sporadiche presenze. Infine, una peculiarità dell'area settentrionale dell'Adriatico è la presenza di numerosi affioramenti rocciosi, distribuiti irregolarmente su gran parte del bacino, in un intervallo batimetrico compreso tra i 10 e i 40 metri (Stefanon, 1967; Stefanon e Mozzi, 1972). Questi substrati caratterizzati da un'estrema eterogeneità di forme, di dimensioni e tipologie, sono chiamate localmente "Tegnue" perché trattengono e rompono le reti e gli attrezzi da pesca a strascico.

Le biocenosi dei macroinvertebrati bentonici dell'Alto Adriatico si susseguono in fasce con andamento parallelo alla costa, secondo la distribuzione dei sedimenti, essendo la granulometria un parametro ecologico fondamentale per il benthos di fondi mobili.

Si parte dalle spiagge sabbiose occidentali, procedendo con la fascia limosa, poi la zona di transizione con sabbia limosa, limo sabbioso, e infine, con i fondi prevalentemente fangosi del largo (secondo classificazione di Shepard, 1954).

La zona di mare antistante il riminese ha caratteristiche in linea con la composizione dei fondali di tutta l'area antistante alla costa emiliano romagnola e alto adriatica italiana che risultano caratterizzati da una zonazione longitudinale alla linea di riva, a partire da coste basse, regolari e sabbiose e una fascia, di larghezza media tra 1 e 2 km, caratterizzata da "sabbie fini infralitorali" (Infralittoral fine sand seabed habitat, EUNIS A5.23).

Dalla fascia costiera la componente sabbiosa si riduce fino ad essere arricchita e poi sostituita dai fanghi (limi e argille), con "sabbie fangose circalitorali" (Circalittoral muddy sand, EUNIS A5.26) e "fango sabbioso circalitorale" (Circalittoral sandy mud, EUNIS A5.35) per circa 10 km, seguite da un'ampia zona di "fango fine circalitorale" (Circalittoral fine mud, EUNIS A5.36) fino a circa 50 km dalla costa.



3.3.3 Biocenosi dei fondali emiliano romagnoli e loro status qualitativo

Nella zona antistante le coste romagnole sono presenti principalmente due tipologie di biocenosi: quelle delle SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate, dal francese *Sables Fins Bien Calibrés*) e quella dei VTC (Fanghi Terrigeni Costieri, dal francese *Vases Terrigènes Côtiers*).

Le biocenosi delle SFBC sono costituite da sedimento composto di sabbie fini generalmente sprovvisto di elementi grossolani come il detrito conchigliare. Si tratta di una biocenosi puramente animale il cui macrobenthos è dominato soprattutto dal Phylum dei Molluschi e degli Anellidi (Policheti) a cui seguono gli Artropodi (Crostacei), gli Cnidari e gli Echinodermi.

Le biocenosi dei VTC occupano aree sottoposte ad un basso regime idrodinamico in cui avviene la sedimentazione dei fanghi di origine terrigena. La biocenosi delle SFBC che Vatova nel 1949 aveva definito zoocenosi *Chione gallina* (oggi *Chamelea gallina* Linnaeus, 1758), era indicata come una banda larga che costeggia la costa occidentale dell'Adriatico a partire dalla zona leggermente a sud del Delta del Po fino a Pescara, caratterizzata da profondità che partivano dai 2.5 m ai 20-25 m circa.

I lavori che erano stati fatti per definire la zonazione delle varie biocenosi per l'Emilia-Romagna, non sono recenti e ci sono stati molte modifiche ai fondali, pertanto i dati recenti dei monitoraggi fatti di routine dalle istituzioni competenti si limitano al controllo per le SFBC sulle batimetrie 4-5, con una valutazione della dinamica della popolazione dei macroinvertebrati bentonici fatta con un campionamento effettuato sul substrato a biocenosi SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) che si trova entro la fascia di 1.0-1.5 km dalla costa e su quello a biocenosi VTC (Fanghi Terrigeni Costieri) presenti nelle stazioni a 3 km dalla costa.

Le biocenosi bentoniche presenti nell'area di interesse dello studio in atto sono entrambe quelle inerenti le SFBC e VTC; i rilievi più prossimi fatti per le biocenosi si riferiscono alla stazione di Cattolica (nelle tabelle sotto riportate si riferiscono ai rilievi indicati per le colonne 319 e 19).

Phylum	SFBC 4	SFBC 9	SFBC 14	SFBC 19	VTC 304	VTC 309	VTC 314	VTC 319
Arthropoda	6	6	19	14	5	7	9	13
Cnidaria	1		2	2			2	2
Echinoderma			1	3		1	3	3
Mollusca	10	9	19	19	13	17	26	17
Nemertea								1
Phoronida	1	1	1	1	1			
Annelida	21	14	29	33	34	32	27	26
Totale	39	30	71	72	53	57	67	62

Tabella 3.12 - Numero di specie rinvenute per le biocenosi SFBC e VTC (ARPAE 2019)

PHYLUM	FAMIGLIA	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno				
				4	9	14	19	4	9	14	19	
Arthropoda	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca brevicornis</i>	(A. Costa, 1853)			X						
		<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853	X	X	X	X			X	X	
		<i>Ampelisca typica</i>	(Spence Bate, 1856)							X		
		<i>Orchomenella nana</i>	(Kroyer, 1846)			X	X					
	APSEUDIDAE	<i>Apseudes bacescui</i>	Gutu, 2002							X		
		<i>Apseudopsis acutifrons</i>	(Sara, 1882)			X	X					
		<i>Apseudopsis latreillii</i>	(Milne Edwards, 1828)				X					
		<i>Apseudopsis mediterraneus</i>	(Bacescu, 1961)			X						
	BODOTRIIDAE	<i>Bodotria scorpioides</i>	(Montagu, 1804)							X		
		<i>Iphinoe daphne</i>	Mazziotti & Lezzi, 2020	X	X	X	X			X	X	
	CAPRELLIDAE	<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)	X	X	X	X		X	X	X	
		<i>Phtisica marina</i>	Slabber, 1769		X							
	DIOGENIDAE	<i>Diogenes pugilator</i>	(Roux, 1829)							X		
	GRAPSIDAE	<i>Brachynotus gemmellari</i>	(Rizza, 1839)		X	X						
	ISAEIDAE	<i>Microtopus maculatus</i>	Norman, 1867			X				X		
	ISCHYROCERIDAE	<i>Erichonius brasiliensis</i>	(Dana, 1853)			X						
	LEUCOTHOIDAE	<i>Hippomedon massiliensis</i>	Bellan-Santini, 1965				X				X	
		<i>Lepidepecreum longicorne</i>	(Bate & Westwood, 1861)				X				X	
		<i>Leucothoe incisa</i>	(Robertson, 1892)				X			X	X	
	MEGALUROPIDAE	<i>Megaluropus massiliensis</i>	Ledoyer, 1976								X	
OEDICEROTIDAE	<i>Perioculodes longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)	X		X				X	X		
	<i>Pontocrates arenarius</i>	(Bate, 1858)								X		
PHOTIDAE	<i>Photis longicaudata</i>	(Bate & Westwood, 1862)			X	X						
PORTUNIDAE	<i>Liocarcinus depurator</i>	(Linnaeus, 1758)							X			
PROCESSIDAE	<i>Processa noveli noveli</i>	Al-Adhub & Williamson, 1975	X									
PSEUDOCUMATIDAE	<i>Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne</i>	(Bate, 1858)	X	X	X	X						
Cnidaria	ACTINARIA	<i>Anthozoa indet.</i>						X		X	X	
	HORMATHIIDAE	<i>Calliactis parasitica</i>	(Couch, 1838)			X	X					
Echinoderma	AMPHIURIDAE	<i>Amphiura filiformis</i>	(O.F. Müller, 1776)				X			X	X	
	CUCUMARIIDAE	<i>Trachythyone elongata</i>	Duben-Koren, 1844								X	
	OPHIURIDAE	<i>Ophiura albida</i>	Forbes, 1839				X					
Mollusca	ARCIDAE	<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822	X					X	X	X	
	CARDIIDAE	<i>Acanthocardia tuberculata</i>	(Linné, 1758)							X		
	CORBULIDAE	<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)				X	X	X	X	X	
		<i>Lentidium mediterraneum</i>	(O.G. Costa, 1830)	X		X		X		X		
	CYLICHNIDAE	<i>Cylichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)				X					

PHYLUM	FAMIGLIA	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno			
				4	9	14	19	4	9	14	19
	DONACIDAE	<i>Donax semistriatus</i>	(Poli, 1795)			X		X		X	
	LUCINIDAE	<i>Lucinella divaricata</i>	(Linnaeus, 1758)	X		X				X	X
	MACTRIDAE	<i>Mactra stultorum</i>	(Linné, 1758)					X		X	
		<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)			X	X			X	
	MONTACUTIDAE	<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)				X			X	X
		<i>Tellimya ferruginosa</i>	(Montagu, 1808)				X				X
	MYTILIDAE	<i>Musculista senhousia</i>	(Benson in Cantor, 1842)						X	X	
	NASSARIIDAE	<i>Cyclope neritea</i>	(Linné, 1758)	X		X		X		X	
		<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linné, 1758)		X	X	X			X	X
		<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)			X					
	NUCULIDAE	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)		X				X		X
	PHARIDAE	<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1993)			X	X				X
	SEMELIDAE	<i>Abra alba</i>	(Wood W., 1802)				X				
		<i>Abra nitida</i>	(O.F. Müller, 1776)		X		X				
	TELLINIDAE	<i>Tellina distorta</i>	(Poli, 1791)				X				
		<i>Tellina fabula</i>	(Gmelin, 1791)			X	X			X	
		<i>Tellina nitida</i>	(Poli, 1791)	X	X	X	X			X	X
	THRACIIDAE	<i>Thracia papyracea</i>	(Poli, 1791)			X	X				
	VENERIDAE	<i>Chamelea gallina</i>	(Linné, 1758)	X	X	X	X	X	X	X	X
		<i>Dosinia lupinus</i>	(Linné, 1758)	X			X				
<i>Pitar rudis</i>		(Poli, 1795)				X					
<i>Politapes rhomboides</i>		(Pennant, 1777)			X			X	X		
Phoronida	PHORONIDAE	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889					X	X	X	X
Annelida	AMPHARETIDAE	<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1869			X	X		X	X	X
	CAPITELLIDAE	<i>Capitella capitata</i>	(Fabricius, 1780)			X	X				
		<i>Heteromastus filiformis</i>	(Claparède, 1864)						X	X	X
		<i>Peresiella clymenoides</i>	Harmelin, 1968						X		X
		<i>Pseudoleiocapitella fauveli</i>	Harmelin, 1964						X		
	CIRRATULIDAE	<i>Chaetozone gibber</i>	Woodham & Chambers, 1994								X
		<i>Kirkegaardia heterochaeta</i>	(Laubier, 1961)								X
		<i>Monticellina dorsobranchialis</i>	(Kirkegaard, 1959)		X						
	FLABELLIGERIDAE	<i>Diplocirrus glaucus</i>	(Malmgren 1867)								X
		<i>Diplocirrus hirsutus</i>	Hansen, 1878								X
		<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)		X	X			X	X	X
	GLYCERIDAE	<i>Glycera fallax</i>	Quatrefages, 1850								X
		<i>Glycera unicornis</i>	Savigny, 1818						X		
	LUMBRINERIDAE	<i>Gallardonis iberica</i>	Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012								X
		<i>Lumbrineris latreilli</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1834			X	X				
		<i>Lumbrineris longipodiata</i>	Cantone, 1990								X
	MAGELONIDAE	<i>Magelona filiformis</i>	Wilson, 1959						X		X
		<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000	X		X					
	MALDANIDAE	<i>Clymenura clypeata</i>	(Saint-Joseph, 1894)							X	X
		<i>Euclymene oerstedii</i>	Claparède, 1863						X		
		<i>Euclymene sp.</i>	Verrill, 1900	X							
	NEPHTYIDAE	<i>Maldane sarsi</i>	Malmgren, 1865	X							
		<i>Micronephthys stammeri</i>	(Auger, 1932)	X	X	X	X			X	X
		<i>Nephtys cirrosa</i>	Ehlers, 1868						X		X
	ONUPHIDAE	<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818	X	X	X	X	X	X	X	X
		<i>Diopatra neapolitana</i>	Delle Chiaje, 1841		X	X		X	X	X	X
		<i>Onuphis sp.</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833							X	X
	OWENIDAE	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X	X	X	X	X	X

PHYLUM	FAMIGLIA	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno			
				4	9	14	19	4	9	14	19
	PARAONIDAE	<i>Aricidea (Acmira) assimilis</i>	Tebble, 1959	X	X	X	X	X	X	X	X
		<i>Aricidea fragilis</i>	Webster, 1879								X
		<i>Aricidea sp.</i>	Webster, 1879	X			X				
		<i>Levinsenia gracilis</i>	(Tauber, 1879)					X			
	PECTINARIIDAE	<i>Pectinaria koreni</i>	(Malmgren, 1866)		X						X
		<i>Mysta picta</i>	(Quatrefages, 1865)		X	X				X	
	PHYLLODOCIDAE	<i>Phyllodoce longipes</i>	Kinberg, 1866								X
		<i>Phyllodoce maculata</i>	(Linnaeus, 1767)							X	
		<i>Sigambra parva</i>	(Day, 1963)							X	X
	PILARGIIDAE	<i>Sigambra tentaculata</i>	(Treadwell, 1941)			X					
		<i>Dialychone acustica</i>	Claparède, 1868								X
	SABELLIDAE	<i>Dialychone arenicola</i>	(Langerhans, 1880)								X
		<i>Dialychone dunerificta</i>	Tovar-Hernández Licciano Giangrande, 2007				X				X
		<i>Sigalion mathildae</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1832	X		X		X		X	
	SPIONIDAE	<i>Polydora ciliata</i>	(Johnston, 1838)								X
		<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962	X	X	X	X	X		X	X
		<i>Prionospio cirrifera</i>	Wiren, 1883					X		X	X
		<i>Prionospio malmgreni</i>	Claparède, 1870						X	X	X
		<i>Prionospio multibranchiata</i>	Berkeley, 1926				X				
		<i>Pseudopolydora antennata</i>	(Claparède, 1869)								X
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>		(Okuda, 1937)							X		
<i>Spio decoratus</i>		Bobretzky, 1870					X		X		
<i>Spio filicornis</i>		(Müller, 1776)					X			X	
<i>Streblospio shrubsolii</i>		Webster, 1879					X				

Tabella 3.13 - Specie riscontrate nelle stazioni di campionamento considerate per le SFBC (ARPAE 2019)

La biocenosi a **SFBC** è caratterizzata dai seguenti taxon in particolare nel Phylum degli **ANNELIDA** sono stati ritrovati: *Aricidea (Acmira) assimilis*, *Aricidea fragilis*, *Aricidea sp.*, *Capitella capitata*, *Chaetozone gibber*, *Clymenura clypeata*, *Dialychone acustica*, *Dialychone arenicola*, *Dialychone dunerificta*, *Diopatra neapolitana*, *Diplocirrus glaucus*, *Diplocirrus hirsutus*, *Euclymene oerstedii*, *Euclymene sp.*, *Gallardonneris iberica*, *Glycera fallax*, *Glycera unicornis*, *Heteromastus filiformis*, *Kirkegaardia heterochaeta*, *Levinsenia gracilis*, *Lumbrineris latreilli*, *Lumbrineris longipodiata*, *Magelona filiformis*, *Magelona johnstoni*, *Maldane sarsi*, *Melinna palmata*, *Micronephthys stammeri*, *Monticellina dorsobranchialis*, *Mysta picta*, *Nephtys cirrosa*, *Nephtys hombergi*, *Onuphis sp.*, *Owenia fusiformis*, *Pectinaria koreni*, *Peresiella clymenoides*, *Pherusa monilifera*, *Phyllodoce longipes*, *Phyllodoce maculata*, *Polydora ciliata*, *Prionospio caspersi*, *Prionospio cirrifera*, *Prionospio malmgreni*, *Prionospio multibranchiata*, *Pseudoleiocapitella fauveli*, *Pseudopolydora antennata*, *Pseudopolydora paucibranchiata*, *Sigalion mathildae*, *Sigambra parva*, *Sigambra tentaculata*, *Spio decoratus*, *Spio filicornis*, *Streblospio shrubsolii*.

Nelle SFBC il Phylum **ARTHROPODA** è rappresentato dai seguenti taxon: *Ampelisca brevicornis*, *Ampelisca diadema*, *Ampelisca typica*, *Apeudes bacescui*, *Apeudopsis acutifrons*, *Apeudopsis latreillii*, *Apeudopsis mediterraneus*, *Bodotria scorpioides*, *Brachynotus gemmellari*, *Diogenes pugilator*, *Erichthonius brasiliensis*, *Hippomedon massiliensis*, *Iphinoe daphne*, *Lepidepecreum longicorne*, *Leucothoe incisa*, *Liocarcinus depurator*, *Megaluropus massiliensis*, *Microtopopus maculatus*, *Orchomenella nana*, *Pariambus typicus*, *Periculodes longimanus*, *Photis longicaudata*, *Phtisica marina*, *Pontocrates arenarius*, *Processa noveli noveli*, *Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne*.



Il ritrovamento di organismi appartenenti al Phylum **CNIDARI** nelle biocenosi a SFBC è piuttosto limitato essendo questi bisognosi di vivere adesi ad un substrato duro; pertanto si rinvenivano epifiti su altri organismi (spesso conchiglie vuote sia di Bivalvi che di Gasteropodi). Nel Phylum degli **ECHINODERMATA** sono state ritrovati 3 taxon *Amphiura filiformis*, *Trachythyone elongata*, *Ophiura albida*.

I **MOLLUSCHI** ritrovati nelle **SFBC** sono: *Abra alba*, *Abra nitida*, *Acanthocardia tuberculata*, *Anadara transversa*, *Chamelea gallina*, *Corbula gibba*, *Cyclope neritea*, *Cylichna cylindracea*, *Donax semistriatus*, *Dosinia lupinus*, *Kurtiella bidentata*, *Lentidium mediterraneum*, *Lucinella divaricata*, *Mactra stultorum*, *Musculista senhousia*, *Nassarius mutabilis*, *Nassarius nitidus*, *Nucula nitidosa*, *Phaxas adriaticus*, *Pitar rudis*, *Politapes rhomboides*, *Spisula subtruncata*, *Tellinomya ferruginosa*, *Tellina distorta*, *Tellina fabula*.

Il Phylum **PHORONIDA** è presente solo con il taxon *Phoronis psammophyla*.

PHYLUM	FAMIGLIA	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno			
				304	309	314	319	304	309	314	319
Arthropoda	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853	X	X	X	X	X	X	X	X
		<i>Ampelisca spp.</i>	Kroyer, 1842				X				
		<i>Orchomenella nana</i>	(Kroyer, 1846)				X				
	BODOTRIIDAE	<i>Bodotria scorpioides</i>	(Montagu, 1804)							X	
		<i>Iphinoe daphne</i>	Mazziotti & Lezzi, 2020	X	X	X	X	X	X	X	X
	CAPRELLIDAE	<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)	X	X	X	X	X	X	X	X
	DIOGENIDAE	<i>Diogenes pugilator</i>	(Roux, 1829)				X				
	GRAPSIDAE	<i>Brachynotus gemmellari</i>	(Rizza, 1839)								X
	ISCHYROCERIDAE	<i>Enichonius brasiliensis</i>	(Dana, 1853)				X				
	LEUCOTHOIDAE	<i>Hippomedon massiliensis</i>	Bellan-Santini, 1965	X	X	X	X			X	
		<i>Leucothoe incisa</i>	(Robertson, 1892)			X				X	X
	MEGALUROPIDAE	<i>Megaluropus massiliensis</i>	Ledoyer, 1976							X	X
	OEDICEROTIDAE	<i>Perioculodes longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)		X	X				X	
		<i>Pontocrates arenarius</i>	(Bate, 1858)				X				X
	PHOTIDAE	<i>Photis longicaudata</i>	(Bate & Westwood, 1862)	X	X						
PHOXOCEPHALIDAE	<i>Harpinia crenulata</i>	(Boeck, 1871)				X				X	
PROCESSIDAE	<i>Processa nouveli nouveli</i>	Al-Adhub & Williamson, 1975						X			
PSEUDOCUMATIDAE	<i>Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne</i>	(Bate, 1858)			X				X		
Cnidaria	ACTINARIA	<i>Anthozoa indet.</i>							X	X	
	EDWARDSIIDAE	<i>Edwardsia claparedii</i>	Panceri, 1869				X				
	HORMATHIIDAE	<i>Calliactis parasitica</i>	(Couch, 1838)			X					
Echinoderma	AMPHIURIDAE	<i>Amphiura chiajei</i>	Forbes, 1843				X			X	

PHYLUM	FAMIGLIA	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno			
				304	309	314	319	304	309	314	319
		<i>Amphiura filiformis</i>	(O.F. Müller, 1776)				X			X	X
	ASTROPECTINIDAE	<i>Astropecten irregularis</i>	(Delle Chiaje, 1825)			X					
	CUCUMARIIDAE	<i>Trachythone elongata</i>	Duben-Koren, 1844								X
	OPHIURIDAE	<i>Ophiura albida</i>	Forbes, 1839		X						
	SCHIZASTERIDAE	<i>Schizaster canaliferus</i>	(Lamarck, 1816)			X					
Mollusca	ACTEONIDAE	<i>Acteon tornatilis</i>	(Linné, 1758)	X							
	ARCIDAE	<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822	X		X		X	X	X	X
	CONIDAE	<i>Mangelia costulata</i>	Risso, 1826			X					
	CORBULIDAE	<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)	X	X		X	X	X	X	X
		<i>Lentidium mediterraneum</i>	(O.G. Costa, 1830)						X	X	
	CYLICHNIDAE	<i>Cylichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)		X						X
	DONACIDAE	<i>Donax semistriatus</i>	(Poli, 1795)							X	
	LUCINIDAE	<i>Lucinella divaricata</i>	(Linnaeus, 1758)			X			X	X	
		<i>Myrtea spinifera</i>	(Montagu 1803)			X					
	MACTRIDAE	<i>Mactra stultorum</i>	(Linné, 1758)								X
		<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)		X	X					X
	MONTACUTIDAE	<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)		X	X		X	X	X	X
		<i>Tellimyia ferruginosa</i>	(Montagu, 1808)			X		X		X	X
	MURICIDAE	<i>Hexaplex trunculus</i>	(Linnaeus, 1758)						X		
	MYTILIDAE	<i>Musculista senhousia</i>	(Benson in Cantor, 1842)					X	X	X	
	NASSARIIDAE	<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linné, 1758)		X	X	X			X	X
		<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)	X						X	X
		<i>Nassarius pygmaeus</i>	(Lamarck, 1822)	X	X	X					
	NATICIDAE	<i>Euspira macilenta</i>	(Philippi, 1844)								X
	NUCULANIDAE	<i>Saccella commutata</i>	(Philippi, 1844)					X			
	NUCULIDAE	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)	X		X	X	X	X	X	X
		<i>Nucula sulcata</i>	(Bronn, 1831)					X			
	PERIPLOMATIDAE	<i>Cochlodesma praetenuae</i>	(Pulteney, 1799)							X	
	PHARIDAE	<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1993)		X	X					
	PHILINIDAE	<i>Philine aperta</i>	(Linné, 1767)						X		
	SEMELIDAE	<i>Abra alba</i>	(Wood W., 1802)			X	X			X	X
		<i>Abra nitida</i>	(O.F. Müller, 1776)			X	X				
	TELLINIDAE	<i>Tellina distorta</i>	(Poli, 1791)		X						X
		<i>Tellina fabula</i>	(Gmelin, 1791)			X	X			X	
		<i>Tellina nitida</i>	(Poli, 1791)	X	X	X	X	X	X	X	X
	THRACIIDAE	<i>Thracia papyracea</i>	(Poli, 1791)			X					
	VENERIDAE	<i>Chamelea gallina</i>	(Linné, 1758)	X	X	X		X	X	X	X
		<i>Dosinia lupinus</i>	(Linné, 1758)			X				X	X
<i>Politapes rhomboides</i>		(Pennant, 1777)							X	X	
Nemertini	(vuoto)	<i>Nemertini indet.</i>								X	
Phoronida	PHORONIDAE	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889					X			
Annelida	AMPHARETIDAE	<i>Ampharete acutifrons</i>	Hessle, 1917					X			
		<i>Ampharete sp.</i>					X				
		<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1869	X	X		X	X	X		X
	CAPITELLIDAE	<i>Capitella capitata</i>	(Fabricius, 1780)		X						
		<i>Heteromastus filiformis</i>	(Claparède, 1864)					X	X		X
		<i>Pseudoleiocapitella fauveli</i>	Harmelin, 1964						X		X
	CIRRATULIDAE	<i>Kirkegaardia heterochaeta</i>	(Laubier, 1961)					X			
		<i>Monticellina dorsobranchialis</i>	(Kirkegaard, 1959)			X					
	EUNICIDAE	<i>Marphysa bellii</i>	(Audouin & Milne-Edwards, 1833)		X						
	FLABELLIGERIDAE	<i>Diplocirrus glaucus</i>	(Malmgren 1867)								X
		<i>Diplocirrus hirsutus</i>	Hansen, 1878					X		X	

PHYLUM	FAMIGLIA	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno				
				304	309	314	319	304	309	314	319	
		<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)						X	X		
	GLYCERIDAE	<i>Glycera alba</i>	(O.F. Müller, 1776)	X								
		<i>Glycera unicornis</i>	Savigny, 1818						X	X		
	HESIONIDAE	<i>Kefersteinia cirrata</i>	(Keferstein, 1862)					X				X
	LUMBRINERIDAE	<i>Gallardonis iberica</i>	Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012						X			X
		<i>Hilbigneris gracilis</i>	(Ehlers, 1868)					X	X			X
		<i>Lumbrineris latreilli</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1834	X	X	X						
		<i>Lumbrineris longipodiata</i>	Cantone, 1990									
	MAGELONIDAE	<i>Magelona filiformis</i>	Wilson, 1959					X		X		X
		<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000	X	X	X						
	MALDANIDAE	<i>Euclymene oerstedii</i>	Claparède, 1863						X			X
		<i>Euclymene palermitana</i>	(Grube, 1840)		X							
		<i>Euclymene sp.</i>	Verrill, 1900	X	X							
	NEPHTYIDAE	<i>Micronephthys sphaerocirrata</i>	(Wesenberg-Lund, 1949)			X						
		<i>Micronephthys stammeri</i>	(Auger, 1932)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		<i>Nephtys cirrosa</i>	Ehlers, 1868					X		X		
		<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	ONUPHIDAE	<i>Diopatra neapolitana</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		<i>Onuphis sp.</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833								X	
	OWENIDAE	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X		X	X	X		
	PARAONIDAE	<i>Aricidea (Acmira) assimilis</i>	Tebble, 1959	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		<i>Aricidea (Acmira) catherinae</i>	Laubier, 1967					X	X			X
		<i>Aricidea (Aricidea) pseudoarticulata</i>	Hobson, 1972								X	
		<i>Aricidea fragilis</i>	Webster, 1879					X				
		<i>Aricidea sp.</i>	Webster, 1879			X	X					
		<i>Levinsenia demiri</i>	Çinar, Dagli & Acik, 2011					X	X			X
		<i>Levinsenia kosswigi</i>	Çinar, Dagli & Acik, 2011									X
	PECTINARIIDAE	<i>Pectinaria koreni</i>	(Malmgren, 1866)					X				X
	PHYLLODOCIDAE	<i>Mysta picta</i>	(Quatrefages, 1865)		X	X	X		X			X
	PILARGIIDAE	<i>Sigambra parva</i>	(Day, 1963)					X	X	X	X	
		<i>Sigambra tentaculata</i>	(Treadwell, 1941)		X	X			X			
	POECILOCHAETIDAE	<i>Poecilochaetus serpens</i>	Allen, 1904					X				
	SABELLIDAE	<i>Dialychone dunerificta</i>	Tovar-Hernández Licciano Giangrande, 2007								X	X
	SPIONIDAE	<i>Polydora ciliata</i>	(Johnston, 1838)								X	
		<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962	X	X	X	X		X	X	X	X
		<i>Prionospio cirrifera</i>	Wiren, 1883					X	X			
		<i>Prionospio malmgreni</i>	Claparède, 1870					X	X	X	X	
		<i>Prionospio multibranchiata</i>	Berkeley, 1926		X							
		<i>Prionospio pulchra</i>	Imajima, 1990								X	
		<i>Pseudopolydora antennata</i>	(Claparède, 1869)					X				
		<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	(Okuda, 1937)						X	X		
		<i>Spio decoratus</i>	Bobretzky, 1870					X	X	X		
		<i>Spio filicornis</i>	(Müller, 1776)					X				
		<i>Spiophanes bombyx</i>	(Claparède, 1870)		X						X	
		<i>Streblospio shrubsolii</i>	Webster, 1879					X	X			
		COSSURIDAE	<i>Cossura soyeri</i>	Laubier, 1964								

Tabella 3.14 - Specie riscontrate nelle stazioni di campionamento considerate per le VTC (ARPAE 2019)

La biocenosi a VTC è caratterizzata invece dal Phylum degli **ANELLIDA** sono stati ritrovati: *Ampharete acutifrons*, *Ampharete sp.*, *Aricidea (Acmira) assimilis*, *Aricidea (Acmira) catherinae*, *Aricidea (Aricidea)*



pseudoarticulata, Aricidea fragilis, Aricidea sp., Capitella capitata, Cossura soyeri, Dilychone dunerificta, Diopatra neapolitana, Diplocirrus glaucus, Diplocirrus hirsutus, Euclymene oerstedii, Euclymene palermitana, Euclymene sp., Gallardonneris iberica, Glycera alba, Glycera unicornis, Heteromastus filiformis, Hilbigneris gracilis, Kefersteinia cirrata, Kirkegaardia heterochaeta, Levinsenia demiri, Levinsenia kosswigi, Lumbrineris latreilli, Lumbrineris longipodiata, Magelona filiformis, Magelona johnstoni, Marphysa bellii, Melinna palmata, Micronephthys sphaerocirrata, Micronephthys stammeri, Monticellina dorsobranchialis, Mysta picta, Nephtys cirrosa, Nephtys hombergi, Onuphis sp., Owenia fusiformis, Pectinaria koreni, Pherusa monilifera, Poecilochaetus serpens, Polydora ciliata, Prionospio caspersi, Prionospio cirrifera, Prionospio malmgreni, Prionospio multibranchiata, Prionospio pulchra, Pseudoleiicapitella fauveli, Pseudopolydora antenata, Pseudopolydora paucibranchiata, Sigambra parva, Sigambra tentaculata, Spio decoratus, Spio filicornis, Spiophanes bombyx, Streblospio shrubsolii.

Altri policheti rinvenuti con frequenza sono: *Aricidea (Acmira) assimilis, Aricidea (Acmira) catherinae, Owenia fusiformis, Prionospio multibranchiata, Levinsenia demiri, Pseudopolydora paucibranchiata, Micronephthys stammeri, Prionospio cirrifera, Spio decoratus, Spiophanes bombyx.*

Nelle VTC il Phylum **ARTHROPODA** è rappresentato dai seguenti taxon: *Ampelisca diadema, Ampelisca spp., Bodotria scorpoides, Brachynotus gemmellari, Diogenes pugilator, Ericthonius brasiliensis, Harpinia crenulata, Hippomedon massiliensis, Iphinoe daphne, Leucothoe incisa, Megaluropus massiliensis, Orchomenella nana, Pariambus typicus, Pericolodes longimanus, Photis longicaudata, Pontocrates arenarius, Processa nouveli nouveli, Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne.*

Il ritrovamento di organismi appartenenti al Phylum **CNIDARI** nelle biocenosi a VTC è limitato mentre il Phylum degli **ECHINODERMA** è rappresentato da *Amphiura chiajei, Amphiura filiformis, Astropecten irregularis, Ophiura albida, Schizaster canaliferus, Trachythyone elongata.*

I **MOLLUSCHI** ritrovati nella biocenosi a VTC sono: *Abra alba, Abra nitida, Acteon tornatilis, Anadara transversa, Chamelea gallina, Cochloidesma praetenuae, Corbula gibba, Cylichna cylindracea, Donax semistriatus, Dosinia lupinus, Euspira macilenta, Hexaplex trunculus, Kurtiella bidentata, Lentidium mediterraneum, Lucinella divaricata, Mactra stultorum, Mangelia costulata, Musculista senhousia, Myrtea spinifera, Nassarius mutabilis, Nassarius nitidus, Nassarius pygmaeus, Nucula nitidosa, Nucula sulcata, Phaxas adriaticus, Philine aperta, Politapes rhomboides, Saccella commutata, Spisula subtruncata, Tellinomya ferruginosa, Tellina distorta, Tellina fabula, Tellina nitida, Thracia papyracea.*

Anche nelle VTC il Phylum **PHORONIDA** è presente solo con il taxon *Phoronis psammophyla, Ilina nitida, Thracia papyracea.*

3.3.4 Valutazione macrobenthos

Il macrozoobentos è uno degli elementi biologici indicati per la valutazione ecologica nei corpi idrici, utilizzando un metodo (indice AMBI) che prevede la ripartizione delle specie bentoniche in cinque differenti gruppi ecologici sulla base della loro sensibilità o tolleranza ad un progressivo peggioramento della qualità delle acque:

- Gruppo I, specie sensibili;
- Gruppo II, specie indifferenti;



- Gruppo III, specie tolleranti;
- Gruppo IV, specie opportuniste di 2° ordine;
- Gruppo V specie opportuniste di 1° ordine.

Il calcolo dell'AMBI, si basa sul fatto che una comunità macrobentonica in risposta ad un evento di disturbo passa attraverso quattro stati: da uno iniziale, non inquinato, in cui l'abbondanza, la ricchezza e la diversità sono elevate, ad uno sempre più perturbato, in cui si ha una bassa diversità ed il prevalere di specie indicatrici di acque inquinate, fino ad arrivare a condizioni di substrato azoico.

In queste quattro condizioni possono essere riconosciuti i cinque gruppi di specie, sopra descritti, sulla base della loro sensibilità ad un aumento di sostanza organica.

AMBI	GRUPPO ECOLOGICO DOMINANTE	GRADO DI DISTURBO DEL SITO	STATO DI SALUTE DELLA COMUNITA BENTONICA
0.0<CB≤0.2	I	assente	normale
0.2<CB≤1.2		assente	impovertito
1.2<CB≤3.3	III	lieve	sbilanciato
3.3<CB≤4.3		moderato	tendente ad alterato
4.5<CB≤5.0	IV-V	moderato	alterato
5.0<CB≤5.5		forte	tendente a pesantemente alterato
5.5<CB≤6.0	V	forte	fortemente alterato
-	-	estremo	sedimenti azoici

Tabella 3.15 - Valori di AMBI, corrispondenti livelli di disturbo e di condizioni della comunità bentonica (ARPAE 2019)

Per l'Elemento di Qualità Biologica (EQB) macroinvertebrati bentonici si applica l'Indice MAMBI. I limiti di classe dell'M-AMBI, espressi in termini di Rapporto di Qualità Ecologica (RQE), sono: tra lo stato Elevato/Buono 0.81; tra lo stato Buono/Sufficiente 0.61.

Per Le zone incluse nell'area in oggetto di studio, la qualità delle comunità bentoniche risulta buona.

Corpo Idrico	Biocenosi	Stazione	2019	
			M-AMBI	Stato
CD1	SFBC	4	0.67	Buono
CD2		9	0.47	Sufficiente
CD2		14	0.80	Buono
CD2		19	0.76	Buono
CD1	VTC	304	0.70	Buono
CD2		309	0.71	Buono
CD2		314	0.75	Buono
CD2		319	0.66	Buono

Tabella 3.16 - Valori medi di M-AMBI e stato di qualità per stazione nel 2019 (ARPAE 2019)

4 IMPATTI POTENZIALI SULLE BIOCENOSI BENTONICHE DOVUTI AD INSTALLAZIONI DI IMPIANTI EOLICI OFF-SHORE E ATTIVITA' DI MONITORAGGIO

La movimentazione di sedimenti marini (anche se si tratta di sedimenti di buona qualità), durante le opere di messa in posa di cavi sottomarini e fondazioni del parco eolico offshore, può indurre effetti non trascurabili sull'ambiente marino. I principali sono legati alla variazione e alla natura delle caratteristiche del fondo, con possibili e localizzate ripercussioni sulle biocenosi presenti e all'immissione nella colonna d'acqua di sedimento fine, che si verifica durante la fase d'installazione di manufatti. La dispersione della nuvola di torbida così generata può danneggiare habitat sensibili eventualmente presenti in prossimità delle aree interessate, come ad esempio le praterie di *Posidonia oceanica*, la biocenosi del coralligeno ecc.

E' importante quindi disporre di conoscenze dettagliate e aggiornate dell'ambiente in cui si trovano i depositi, per poter prevedere e valutare sia gli effetti della movimentazione sia la scelta di eventuali opportune misure di mitigazione degli impatti.

4.1 Monitoraggio dei fondali in prossimità dell'impianto eolico off-shore

Il monitoraggio delle biocenosi bentoniche della zona di studio e di quelle che possono instaurarsi sulle strutture rigide come i piloni può essere effettuato, stagionalmente, attraverso un campionamento fotografico e un censimento visivo.

Campionamento fotografico:

si basa su fotografie di un'area standard di **21 × 28 cm** delimitata da un apposito riquadratore (visibile ai bordi dell'immagine fotografica) e mantenendo la fotocamera il più possibile perpendicolare al substrato e centrata rispetto all'area da campionare. Le immagini devono avere dimensione minima di 5 M pixel e la resa cromatica deve essere assicurata da fari e/o flash opportunamente posizionati in modo angolato, per evitare il riflesso delle particelle in sospensione. Le foto saranno circa 20 prese in modo casuale per ogni area identificata.

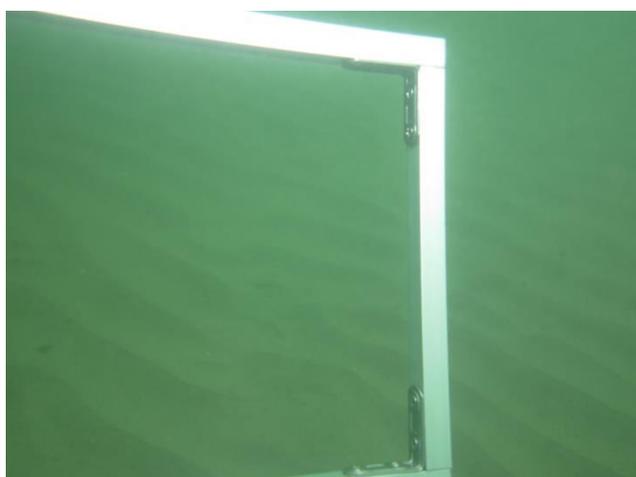


Figura 4.1 - Esempio di cornice per le foto del campionamento bentonico (Archivio Associazione Blennius)

Campionamento visivo:

si basa sull'utilizzo di quadrati **50 × 50 cm**, suddivisi al loro interno in 25 sub-quadrati di 10 cm di lato (gli stessi utilizzati nel protocollo GBA di Reef Check Italia), all'interno dei quali vengono ricercati alcuni organismi prescelti per il loro interesse ecologico. I rilievi saranno condotti in immersione da parte di subacquei. Per ogni area identificata verranno analizzati 5 quadrati posizionati in modo casuale.

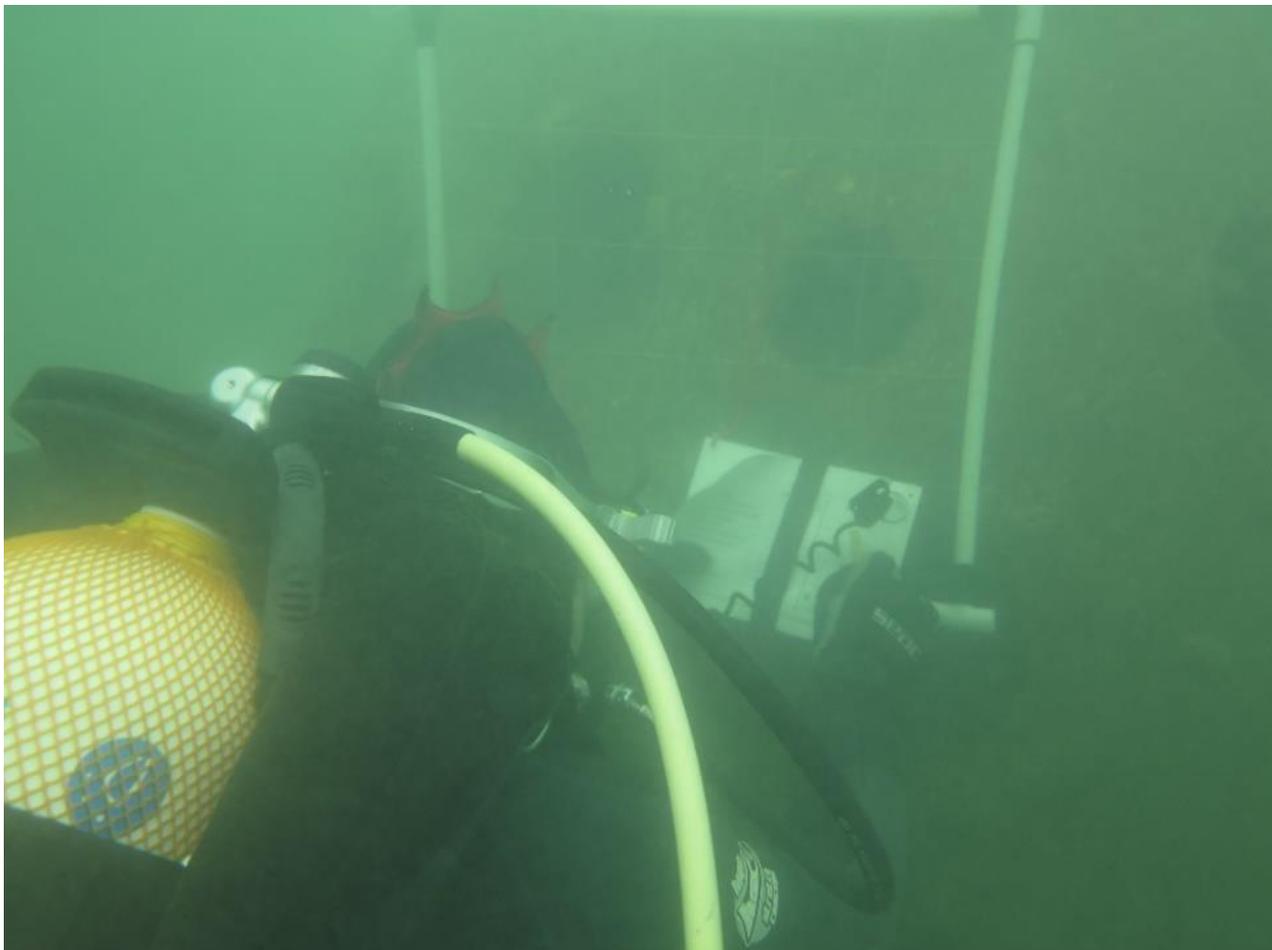


Figura 4.2 - Esempio di cornice per le foto del campionamento bentonico (Archivio Associazione Blennius)

5 CONCLUSIONI

Le biocenosi sono delle associazioni di popolazioni di specie diverse che popolano lo stesso habitat e che interagiscono tra di loro e con l'ambiente fisico. Le biocenosi comprendono specie caratteristiche la cui presenza è di fondamentale importanza per la loro individuazione e classificazione; di conseguenza la loro delimitazione è definita dalla composizione tra le specie caratteristiche esclusive e/o preferenziali e le accompagnatrici.

La composizione granulometrica nonché le batimetrie sono condizioni necessarie alla individuazione delle biocenosi oltre alle caratteristiche fisico-chimiche. Infatti, la distinzione tra gli habitat è legata a specifiche condizioni abiotiche come granulometria del sedimento, penetrazione luminosa, stati di ossidazione che influenzano fortemente le corrispondenti comunità biologiche dei fondali; quelle della zona emiliano romagnola rientrano nelle biocenosi dei fondi molli infralitorali e circalitorali.

I fondali sabbiosi costieri poco profondi sono principalmente caratterizzati da comunità a bivalvi dominate dal filtratore *Lentidium mediterraneum* (fino a 300.000 individui per metro quadro).

I fondali fangosi più prossimi al delta del Po mostrano invece grandi abbondanze di specie opportuniste e resistenti (soprattutto ai fenomeni di anossia) come il bivalve *Corbula gibba*, mentre quelli più profondi sono caratterizzati da tipiche biocenosi dei fanghi terrigeni con facies a *Turritella tricarinata communis* (Mollusca, Gastropoda), *Virgularia mirabilis* (Cnidaria, Octocorallia) e, più in profondità, *Alcyonium palmatum* (Cnidaria, Octocorallia).

Santelli et al. (2017) hanno recentemente evidenziato come il megazoobenthos dell'area sia caratterizzato da popolazioni tipiche di fondali fangosi, dominate principalmente da *Astropecten irregularis* (Echinodermata, Asteroidea), i bivalvi non indigeni invasivi *Anadara kagoshimensis* e *Anadara transversa* e *Licarcinus vernalis* (Crustacea, Decapoda) lungo la costa, con un importante aumento in termini di biomassa di *Liocarcinus depurator* (Crustacea, Decapoda), *Goneplax rhomboides* (Crustacea, Decapoda) e *T. communis* nella zona più profonda.

La stella marina *A. irregularis* è una specie ubiquitaria e opportunistica con elevate proprietà rigenerative, capacità di insabbiamento e alto potere riproduttivo. Queste la rendono altamente resiliente ai disturbi fisici e, quindi, è favorita dalle forti interferenze dello strascico sui fondali dell'area che, invece, colpiscono pesantemente i popolamenti sessili, come quelli di *Alcionari*, in forte riduzione.

Nell'area interessata al progetto in esame, non ci sono discostamenti dalle biocenosi caratteristiche dell'alto Adriatico di SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) e quella dei VTC (Fanghi Terrigeni Costieri) e non sono presenti specie di particolare pregio soggette a normative stringenti di conservazione.

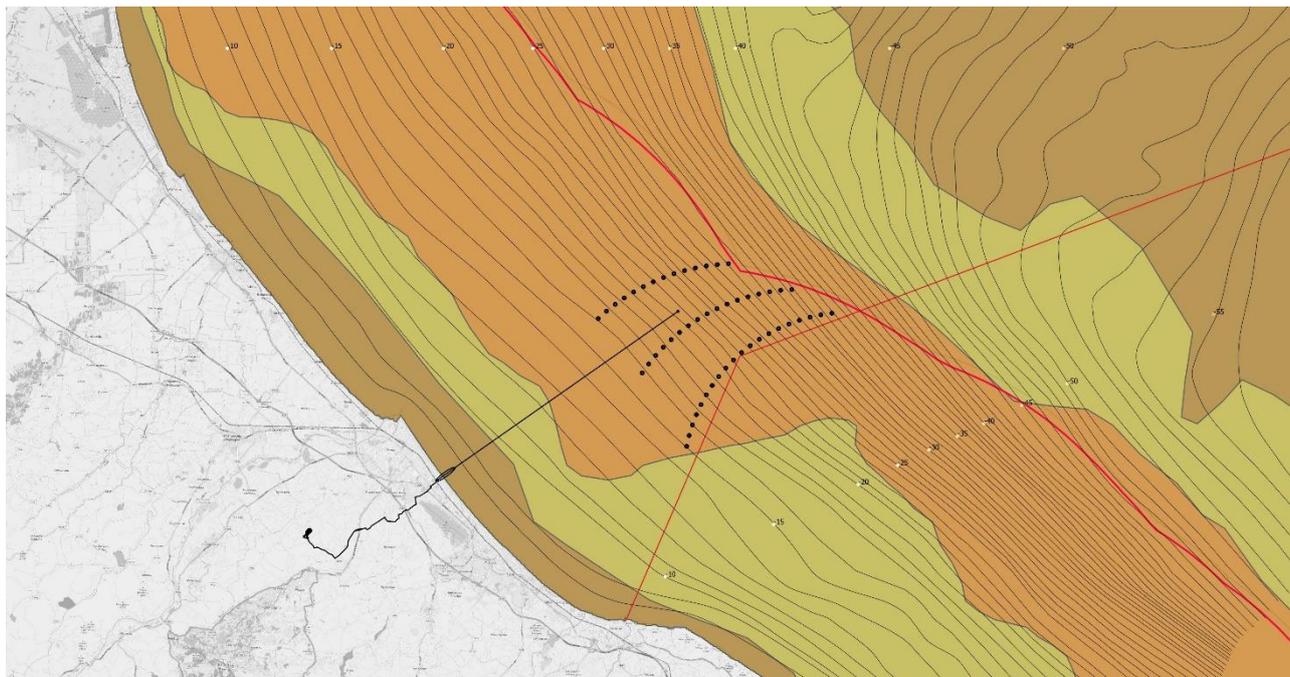


Figura 5.1 – LAYOUT A su mappa EUNIS 2019 tipo di substrato: FINE MUD

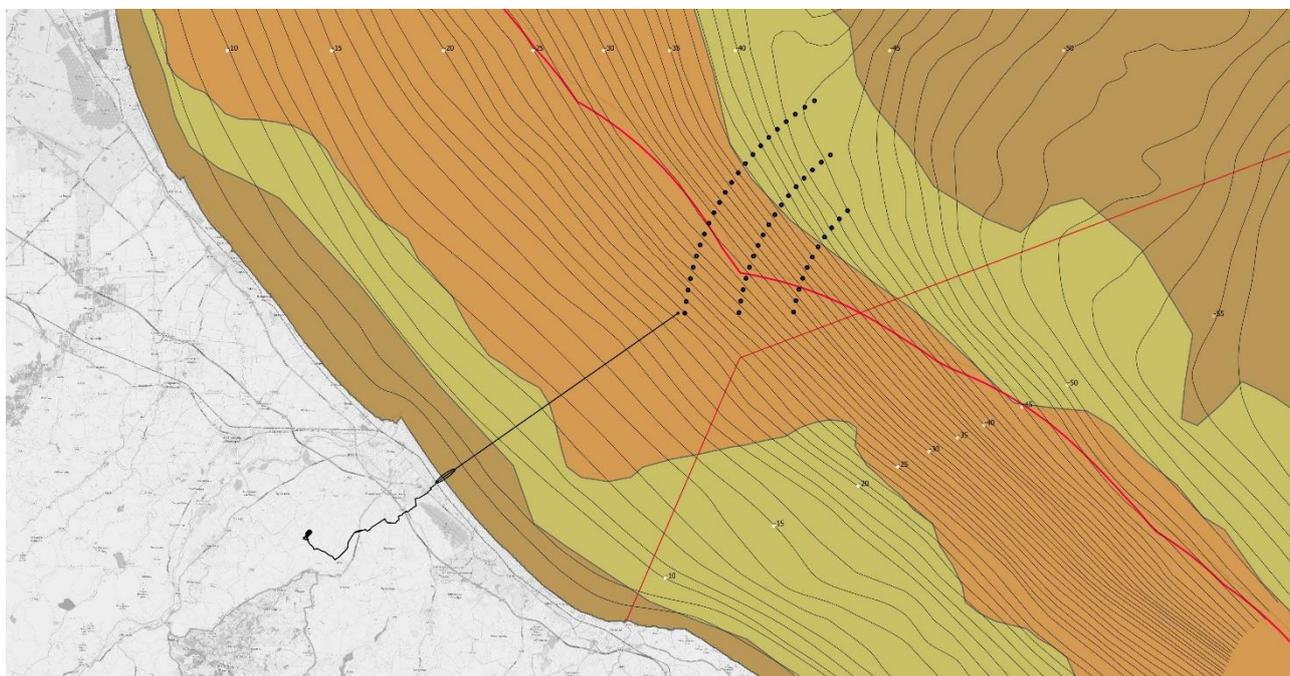


Figura 5.2 – LAYOUT B su mappa EUNIS 2019 tipo di substrato: FINE MUD / SANDY MUD

Come illustrato dalle immagini il Layout A è completamente compreso nella fascia delle “sabbie fangose circolitorali”, mentre il Layout B, che si estende fino ad una batimetria di -43m, insite in parte su “sabbie fangose circolitorali” e in parte su “fango fine circolitorale”.

La valutazione dello stato di qualità per il corpo idrico in cui la zona in oggetto è compresa CD2, risulta buono come si evince dalla Tab. 5.1

Corpo Idrico	Biocenosi	Stazione	Località	2019	
				M-AMBI	Stato
CD1 Goro-Ravenna	SFBC	4	Porto Garibaldi	0.68	Buono
	VTC	304			
CD2 Ravenna-Cattolica	SFBC	9	Lido Adriano	0.69	Buono
	VTC	309			
	SFBC	14	Cesenatico		
	VTC	314			
	SFBC	19	Cattolica		
	VTC	319			

Tabella 5.1 - Valori medi di M-AMBI e stato di qualità per corpo idrico nel 2019 (ARPAE)

Nell'estate 2021, sono state effettuate dall'Università di Bologna (vedi Allegati 1 e 2), ulteriori analisi di qualità del fondale nell'area specifica interessata dal progetto dell'impianto eolico offshore e delle sue alternative, sia come composizione del microbiota, la comunità batterica fondamentale per il benessere delle biocenosi, e sia come presenza di alcuni inquinanti (ex. TPH e PCB) nel sedimento che possono inficiare il benessere delle comunità se fossero smossi durante le attività di insediamento dei piloni.

Dai campionamenti fatti nel 2021 non si rilevano criticità e tutti i parametri rientrano nella normalità della tipologia dei fondali dell'alto Adriatico con corrispondenza ai normali monitoraggi periodici condotti dagli organi competenti come ARPAE. Un esempio di questa corrispondenza per le sostanze inquinanti PCB (idocarburanti policlorobifenili) è il confronto tra i risultati ottenuti dal monitoraggio del 2019 di ARPAE (fig.5.2) nelle stazioni n. 317 e 319 (Rimini e Cattolica) e quelli del 2021 dell'Università di Bologna nei siti di campionamento dell'area in oggetto di studio (vedi Allegato 2).

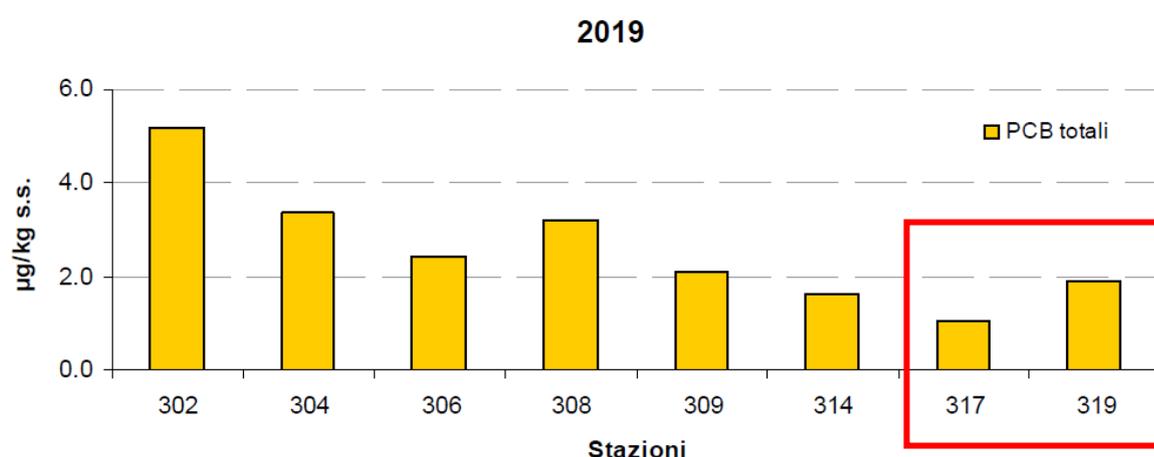


Figura 5.3 - Medie annuali di PCB determinati nel sedimento (Analisi ARPAE 2019)

Anche per quanto riguarda l'analisi del microbiota tra i campionamenti effettuati nel 2021 (vedi Allegato n.1) e il periodico monitoraggio di ARPAE (Tab. 5.2) non si rilevano discostamenti, anche se l'indagine di ARPAE è limitata alla percentuale di una sola specie dell'Ordine Vibrionales (*Vibrio fischeri*), ritenuta un indicatore di ecotossicità.

La valutazione risulta buona; inoltre dallo studio del 2021, i microbioti dell'acqua e sedimento sia nell'area del LAYOUT A che nell'area del LAYOUT B dove sono stati effettuati i campionamenti, si dimostrano in "salute", per grado di diversità strutturale e funzionale con un pieno potenziale nel sostenere le catene trofiche dell'ecosistema marino, circolarizzando la sostanza organica e – nel caso del microbiota dell'acqua – supportando anche la produzione primaria.

Sebbene, per definizione, i microbioti siano dotati di un elevato grado di resilienza, non è possibile oggi prevedere la risposta dei microbioti di acqua e sedimento ad una eventuale realizzazione di un impianto Eolico nelle aree indicate, mancando studi di riferimento in questo ambito. Tuttavia, alla luce dell'evidenze a supporto dell'importanza di questi microbioti per la salute dell'ecosistema marino in Area 1 e 2, si ritiene importante il monitoraggio della loro risposta all'impianto Eolico, non solo durante le fasi di realizzazione, ma anche successivamente, verificando che i microbioti e le biocenosi bentoniche collegate, mantengano quelle caratteristiche di diversità e funzionalità che sono state osservate fino a questo momento.

Stazione	Fase liquida			Fase solida	
	EC20 %	EC50 %	Val.FL	STI	Val.FS
302-L.Volano	>90	>90	A	0.12	A
304-P.Garibaldi	>90	>90	A	0.06	A
306-Casalborsetti	>90	>90	A	0.09	A
308-M.Ravenna	>90	>90	A	0.34	A
309-L.Adriano	>90	>90	A	0.08	A
314-Cesenatico	>90	>90	A	0.07	A
317-Rimini	>90	>90	A	0.31	A
319-Cattolica	>90	>90	A	0.19	A

Tabella 5.2 - Valori medi di M-AMBI e stato di qualità per corpo idrico nel 2019 (ARPAE)

BIBLIOGRAFIA

- Bastianini M., F. Riminucci, F. Bernardi Aubry, R. Casotti, A. Coluccelli, A.C. Trano, A. Epinoux, V. Donnarumma (2019). Rapporto sulle attività biologiche, oceanografiche, geologiche svolte durante la campagna INTERNOS19 (20-28 Febbraio 2019) con N/O Dalla porta nel mare Adriatico centro-settentrionale. Technical Report N° 2, 2019, CNR-ISMAR.
- AA.VV. "Fra la Terra e il Mare - analisi e proposte per la pianificazione dello spazio marittimo in Emilia Romagna"- ISMAR-CNR 2018
- AA.VV" Qualità ambientale delle acque marine in Emilia Romagna-rapporto annuale 2018 "- ARPAE- Regione Emilia-Romagna
- AA.VV"Qualità ambientale delle acque marine in Emilia Romagna-rapporto annuale 2019 "- ARPAE- Regione Emilia-Romagna
- Ardizzone G. D., 1992 – "Cartografia bentonica con sistemi video controllati a distanza". *Oebalia*, suppl. 17: 441-452
- Pérès J. M., 1982 - Major Benthic Assemblages. Cap. 8. In *Marine Ecology, A "Comprehensive, Integrated Treatise on Life in Oceans and Coastal Waters"*. Vol. 5, parte 1: 373-522.
- Domestico Rosa – "Le biocenosi marine". Disponibile online
- Pérès J. M. e J. Picard, 1964 – "Nouveau Manuel de Bionomie Benthique de la Mer Méditerranée. Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume", *Bull. N. 31, fasc. n. 47*: 5-137.
- Relini et al. – "Descrizione delle biocenosi marine costiere"
- Scaccini A., 1967 – "Dati preliminari sulle zoocenosi bentoniche e sulla biomassa in una zona dell'alto e medio Adriatico". *Note Lab. Biol. Mar. Pesca Fano*, 2.
- Pubblicazione della Stazione Zoologica di Napoli, Vol. 32. Hoepli, 1961.

ALLEGATI:

INDAGINI SITE SPECIFIC per la caratterizzazione dei sedimenti e della colonna d'acqua

Prelievo campioni di acqua e sedimenti

Attraverso la collaborazione tra la Fondazione Cetacea e due dipartimenti dell'Università di Bologna, nel settembre 2021, sono state svolte delle indagini specifiche nell'area di intervento attraverso il prelievo e l'analisi di campioni di sedimenti e di acqua.

Sono stati raccolti 19 campioni di acqua (siti C1- C18) e 25 di sedimenti, di cui 3 campioni di acqua e 3 di sedimento nei siti in prossimità della condotta (C5, C6 C6bis) questi ultimi raccolti in triplicato. I campioni di acqua sono stati raccolti a 10 m di profondità sopra il fondale tramite l'utilizzo di una Niskin bottle e 2 L per ciascun campione sono stati immediatamente travasati in bottiglie di plastica precedentemente sterilizzate. I sedimenti sono stati campionati utilizzando una benna Van Veen e travasati in contenitori di plastica sterile. I campioni sono stati conservati al buio fino all'arrivo in laboratorio.

I campioni sono stati analizzati al fine di caratterizzare qualitativamente il fondale marino sia come composizione del microbiota e sia per rilevare la presenza di alcuni inquinanti (ex. TPH e PCB) nel sedimento.

I risultati degli studi sono riportati negli allegati:

ALLEGATO 1

Università di Bologna

DIPARTIMENTO DI FARMACIA E BIOTECNOLOGIE

CARATTERIZZAZIONE MOLECOLARE DELL'ECOLOGIA MICROBICA DI ACQUA E SEDIMENTO NEL CONTESTO DEL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE.

Nelle due aree prese in considerazione per lo studio, sono stati raccolti 19 campioni di acqua (siti C1- C18) e 25 di sedimenti, di cui 3 campioni di acqua e 3 di sedimento nei siti in prossimità della condotta (C5, C6 C6bis).

ALLEGATO 2

Università di Bologna

DICAM-LABIOTEC Laboratorio di Biotecnologie Ambientali e Bioraffinerie

L'ANALISI QUALITATIVA/IDENTIFICAZIONE DELLE CONCENTRAZIONI DI IDROCARBURI IN 23 CAMPIONI DI SEDIMENTO MARINO PRELEVATI NELL'AREA PROGETTO

Campioni analizzati:

C1-C2-C3-C5A-C5B-C5C-C6A -C6B-C6C-C6B2-C6B3-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16-C17.



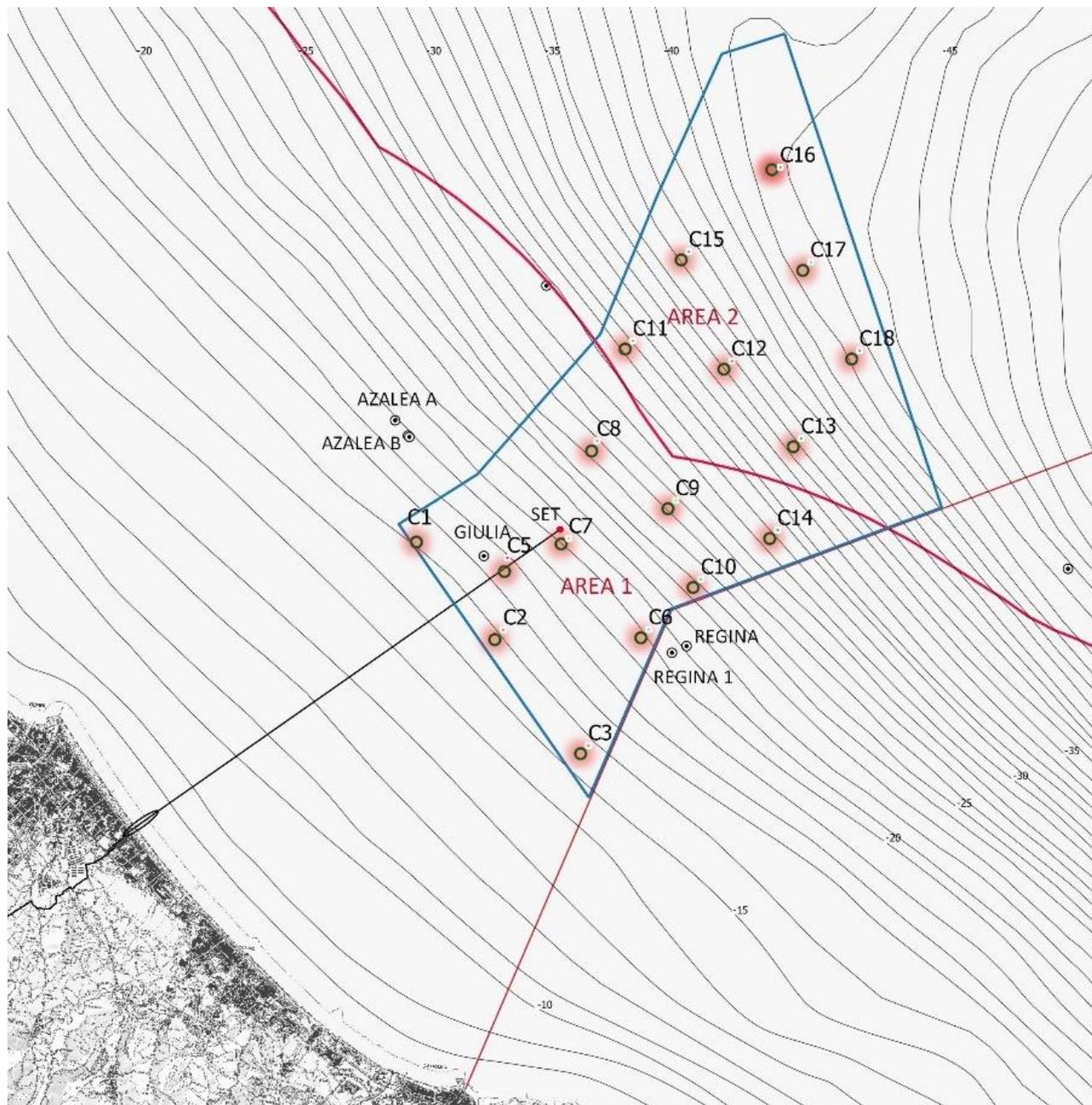
COORDINATE DEI PUNTI DI PRELIEVO DEI CAMPIONAMENTI

Di seguito si riportano le coordinate delle stazioni di campionamento e lo schema planimetrico nell'ambito dell'involucro progettuale che comprende il LAYOUT A e le alternative progettuali proposte.

La posizione delle stazioni corrisponde ad alcune turbine del layout A e del layout B.

numero	Latitudine	longitudine
C1	44° 8.117' N	12° 43.452' E
C2	44° 6.333' N	12° 45.537' E
C3	44° 4.295' N	12° 47.771' E
C4	44° 9.023' N	12° 45.042' E
C5	44° 7.869' N	12° 45.237' E
C6	44° 6.455' N	12° 49.224' E
C7	44° 8.161' N	12° 47.140' E
C8	44° 9.906' N	12° 47.741' E
C9	44° 8.874' N	12° 49.978' E
C10	44° 7.346' N	12° 50.462' E
C11	44° 11.800' N	12° 48.634' E
C12	44° 11.447' N	12° 51.163' E
C13	44° 10.059' N	12° 52.976' E
C14	44° 8.361' N	12° 52.439' E
C15	44° 13.466' N	12° 50.018' E
C16	44° 15.155' N	12° 52.248' E
C17	44° 13.314' N	12° 53.105' E
C18	44° 11.691' N	12° 54.389' E
C19	44° 6.204' N	12° 49.991' E

MAPPA DEI PUNTI DI PRELIEVO DEI CAMPIONAMENTI

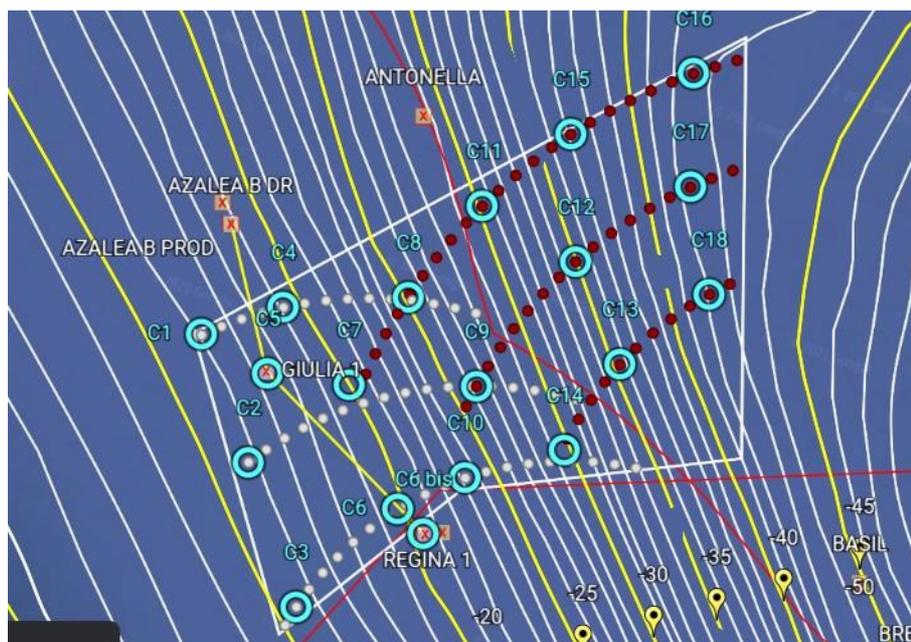


ALLEGATO 1



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
DIPARTIMENTO DI
FARMACIA E BIOTECNOLOGIE

Caratterizzazione molecolare dell'ecologia microbica di acqua e sedimento nel contesto del piano di monitoraggio ambientale per l'elaborazione della SIA per il progetto Eolico Offshore di Rimini



Siti di campionamento

Area 1 (C1-2-3-4-5-6-6bis-7-8)

Area 2 (C9-18)

Tipologia e denominazione dei campioni:

W (raccolta di 2L di acqua a 10 metri dal fondale)

S (sedimento superficiale a circa 10 cm di profondità)

P (campioni raccolti in prossimità delle condotte)

Foto dell'attività di campionamento – 1 Settembre 2021



Raccolta dei campioni e caratterizzazione del microbiota mediante sequenziamento NGS (Next generation sequencing) su piattaforma Illumina MiSeq della regione ipervariabile V3-V4 del gene 16S rRNA batterico

Raccolta dei campioni

Nelle due aree prese in considerazione per lo studio, sono stati raccolti 19 campioni di acqua (siti C1-C18) e 25 di sedimenti, di cui 3 campioni di acqua e 3 di sedimento nei siti in prossimità della condotta (C5, C6 C6bis), questi ultimi raccolti in triplicato. I campioni di acqua sono stati raccolti a 10 m di profondità sopra il fondale tramite l'utilizzo di una Niskin bottle e 2 L per ciascun campione sono stati immediatamente travasati in bottiglie di plastica precedentemente sterilizzate. I sedimenti sono stati campionati utilizzando una benna Van Veen e travasati in contenitori di plastica sterile. I campioni sono stati conservati al buio fino all'arrivo in laboratorio.



benna Van Veen



Niskin bottle

Estrazione del DNA microbico

L'acqua è stata filtrata in sterilità su filtri di esteri misti di cellulosa da 47 mm di diametro e 0.45 μm di dimensione dei pori (MF-Millipore), tramite un sistema di filtraggio a vuoto (Musella et al., 2020). I filtri sono stati conservati in Eppendorf sterili a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ fino al loro processamento. L'estrazione del DNA batterico totale dai filtri è stata effettuata utilizzando il kit di estrazione DNeasy PowerWater (Qiagen, Hilden, Germany), seguendo le istruzioni del produttore con piccole modifiche per aumentare la resa di estrazione. In particolare, l'eluizione è stata preceduta da uno step di incubazione di 5 minuti a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Per quanto riguarda i sedimenti, 0,250 g di ciascun campione sono stati pesati e trasferiti in Eppendorf sterili. L'estrazione del DNA microbico totale è stata effettuata con il kit DNeasy PowerSoil (Qiagen, Hilden, Germany), seguendo il protocollo del produttore con piccole modifiche: la lisi meccanica è stata portata avanti utilizzando il FastPrep (MP Biomedicals, Irvine, CA, USA) a 5,5 movimenti al secondo per 1 minuto per tre cicli, con uno step di incubazione di 5 minuti a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ tra ogni ciclo, e l'eluizione è stata preceduta da un'ulteriore incubazione per 5 minuti a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Palladino et al., 2021). Il DNA microbico totale estratto dalle diverse matrici è stato quantificato utilizzando lo spettrofotometro NanoDrop ND-1000 (NanoDrop Technologies, Wilmington, DE, USA) e conservato a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ fino al successivo processamento.

Amplificazione del gene 16S rRNA, preparazione della library e sequenziamento

La reazione di amplificazione della regione ipervariabile V3-V4 del gene 16S rRNA è stata effettuata tramite tecnica PCR (reazione a catena della polimerasi). Sono stati utilizzati 25 ng di DNA microbico, 2X KAPA HiFi HotStart ReadyMix (Roche, Basel, Switzerland) e 200 nmol/L dei primer 341F and 785R a cui sono state aggiunte le sequenze degli adattatori Illumina. Per i campioni di acqua, il ciclo di amplificazione utilizzato è stato il seguente: 3 minuti a 95 °C, 25 cicli da 30 secondi a 95 °C, 30 secondi a 55 °C e 30 secondi a 72 °C e uno step finale di 5 minuti a 72 °C (Biagi et al., 2020). I campioni di sedimento hanno seguito lo stesso protocollo PCR ma con 30 cicli di amplificazione totali (Palladino et al., 2021). I prodotti PCR sono stati successivamente purificati tramite l'uso di biglie magnetiche Agencourt AMPure XP (Beckman Coulter, Brea, CA, USA). Utilizzando i prodotti purificati, le librerie genomiche indicizzate sono state preparate utilizzando la tecnologia Nextera ed è stato eseguito un ulteriore step di purificazione. Infine, le librerie genomiche sono state normalizzate a 4 nM e poolate. Il campione così ottenuto è stato denaturato con NaOH 0,2 N e diluito fino a raggiungere una concentrazione di 6 pM utilizzando il 20% di PhiX. Infine, per il sequenziamento è stata utilizzata la piattaforma Illumina MiSeq seguendo il protocollo paired-end 2 × 250 bp fornito dal produttore (Illumina, San Diego, CA, USA).



DNeasy Blood & Tissue Kits



QIAcube HT



QIAxcel



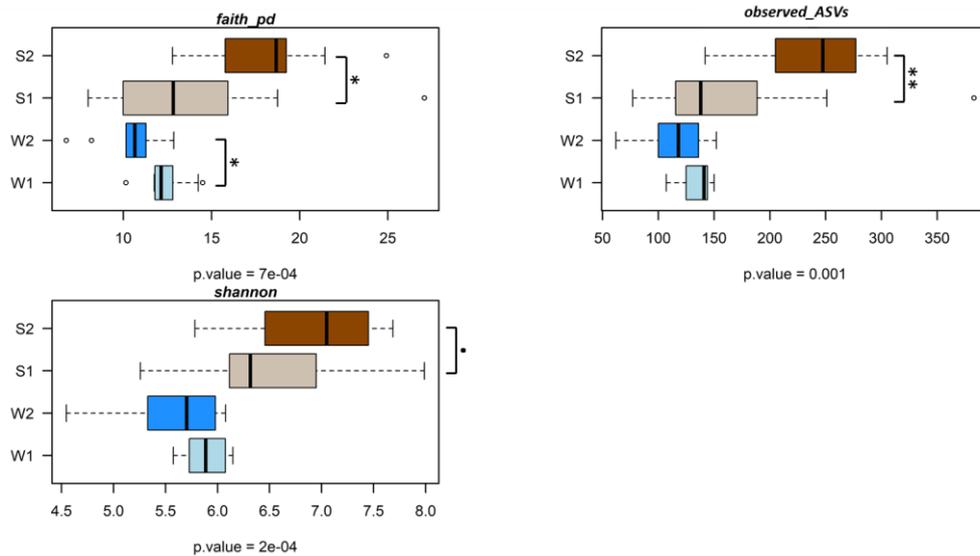
MiSeq

Analisi bioinformatica e biostatistica

Le sequenze grezze ricavate dal sequenziamento sono state processate seguendo la pipeline bioinformatica PANDAseq (Masella et al., 2012) e il software QIIME 2 (Bolyen et al., 2019). Le sequenze ad alta qualità sono state mantenute usando la funzione fastq filter di Usearch11 (Edgar et al., 2010), mentre quelle con un errore atteso per singola base uguale a o maggiore di 0,03 sono state scartate. Dopo un filtraggio qualitativo e di lunghezza, le reads sono state quindi raggruppate in Amplicon Sequence Variants (ASVs) utilizzando DADA2 (Callahan et al., 2016). La classificazione tassonomica delle ASVs è stata effettuata tramite l'algoritmo VSEARCH (Rognes et al., 2016) utilizzando il database SILVA (Quast et al., 2012). L'analisi statistica dei dati di alpha e beta diversity è stata processata tramite il software open source R (R Core Team; www.r-project.org), utilizzando i pacchetti made4 (Culhane et al., 2005) e vegan (<https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/index.html>). La distanza Unweighted UniFrac è stata plottata usando il pacchetto vegan e la separazione dei dati nella Principal Coordinates Analysis (PCoA) risultante è stata significativamente testata usando un test di permutazione (funzione adonis del pacchetto vegan). Il test di Wilcoxon è stato utilizzato per valutare differenze significative nell'alpha diversity, mentre il test di Kruskal-Wallis è stato utilizzato per valutare eventuali differenze statistiche nell'abbondanza relativa ai taxa batterici presenti nei diversi siti o gruppi di campioni.

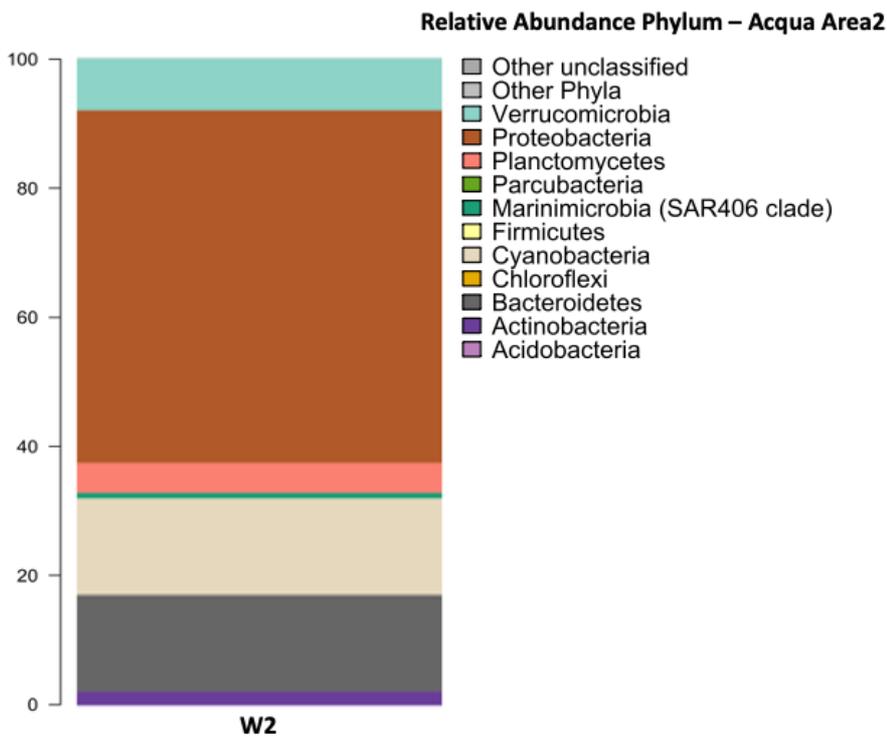
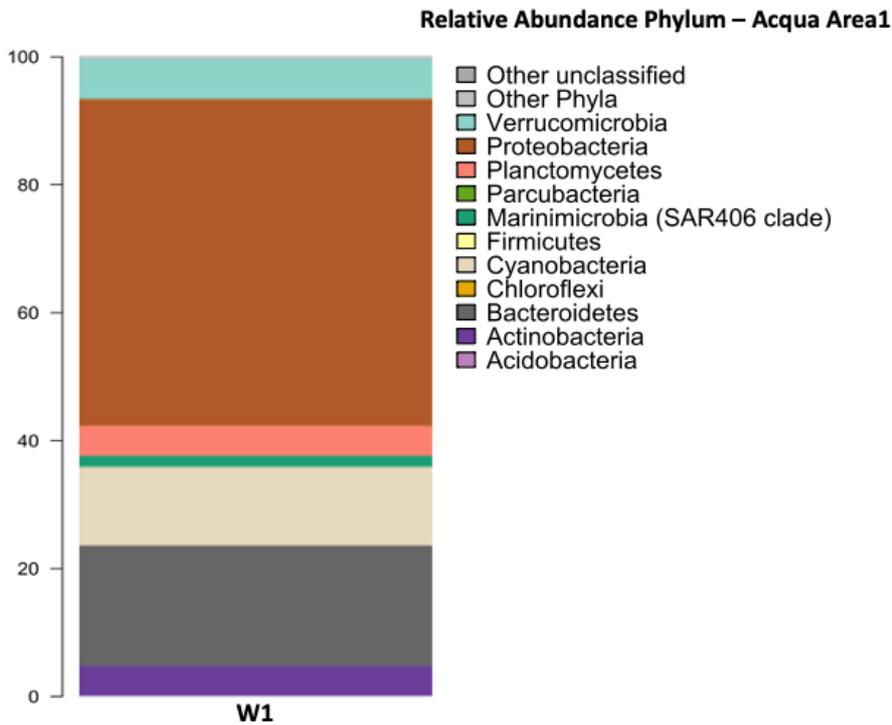
Composizione e diversità del microbioma di acqua e sedimento in Area 1 e Area 2 e relative differenze in termini di ecologia microbica.

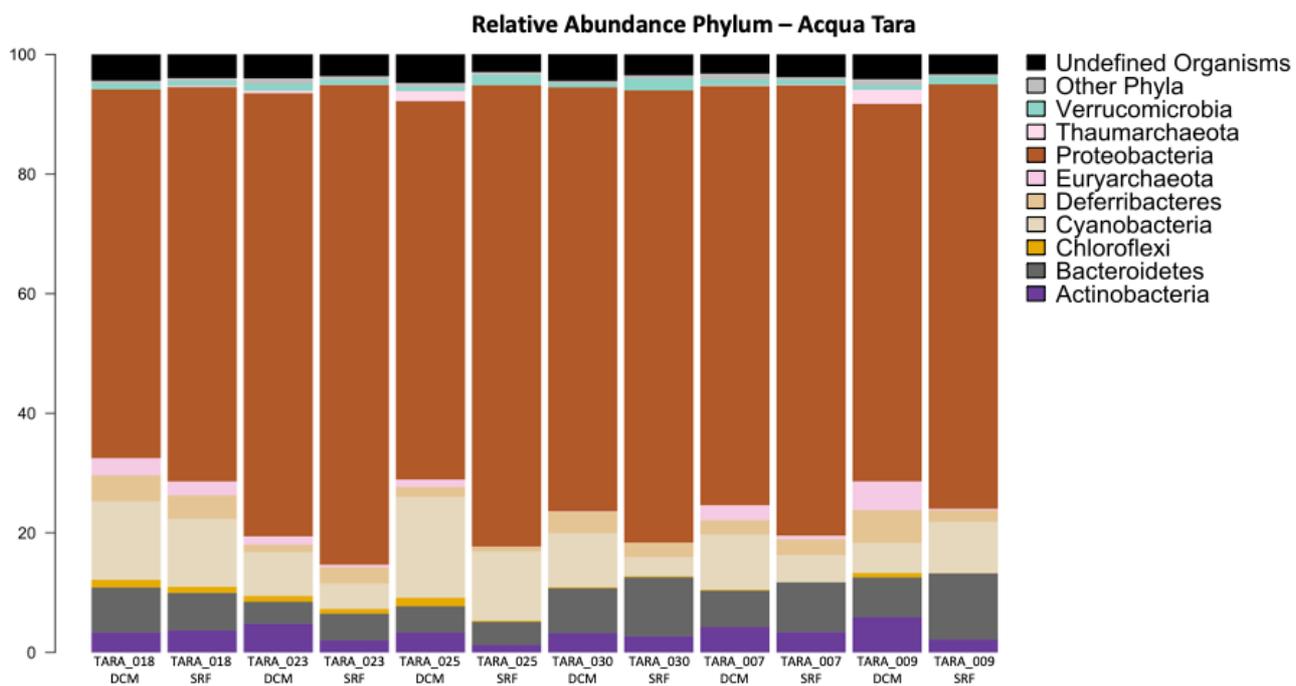
Livelli di diversità microbica interna (n.d.r. numero di specie microbiche presenti nell'ecosistema) nel microbiota di acqua e sedimento in Area 1 e 2



Se i livelli di diversità di specie microbiche negli ecosistemi della colonna d'acqua, nella regione epipelagica, tra le due aree sono comparabili, i dati dimostrano che l'ecosistema microbico del sedimento corrispondente all'Area 2 ha un più elevato livello di diversità, in termini di specie microbiche presenti, rispetto all'ecosistema microbico del sedimento in Area 1.

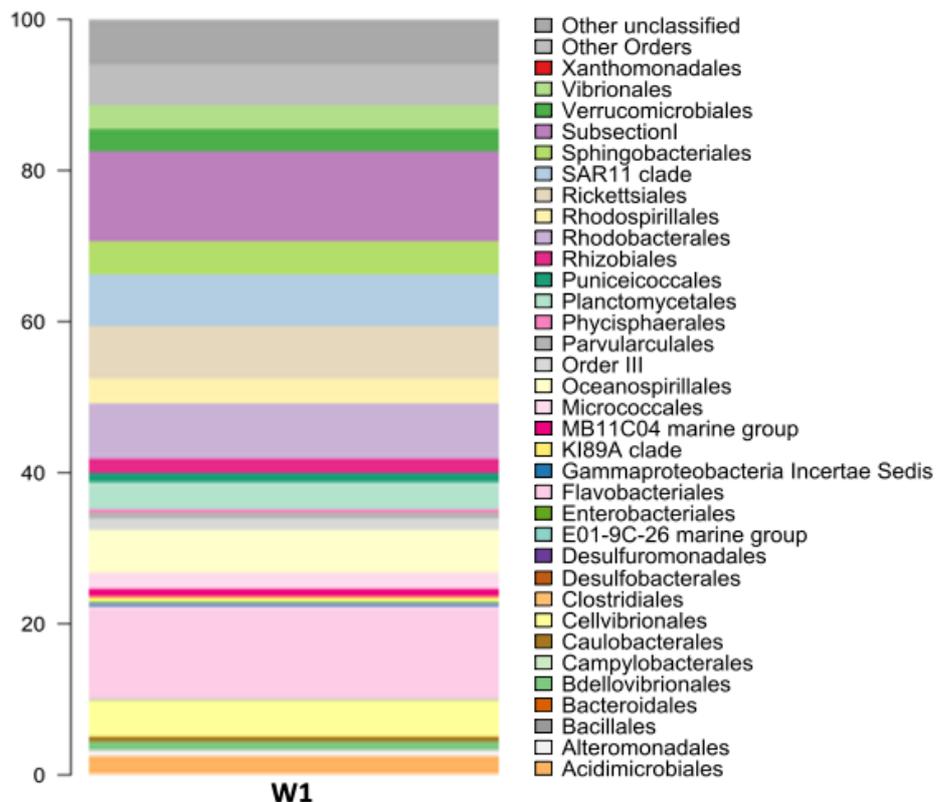
Composizione filogenetica del microbiota dell'acqua nella regione epipelagica in Area 1 e 2 e comparazione con i dati di Tara Ocean relativi al mar Mediterraneo



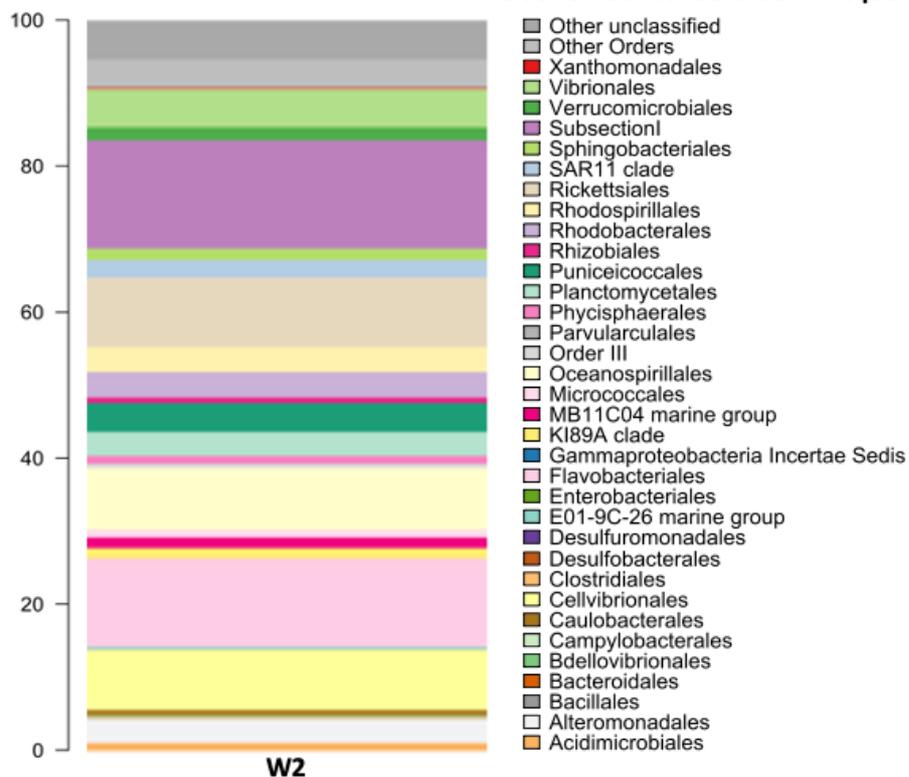


Fonte: <http://ocean-microbiome.embl.de/companion.html>

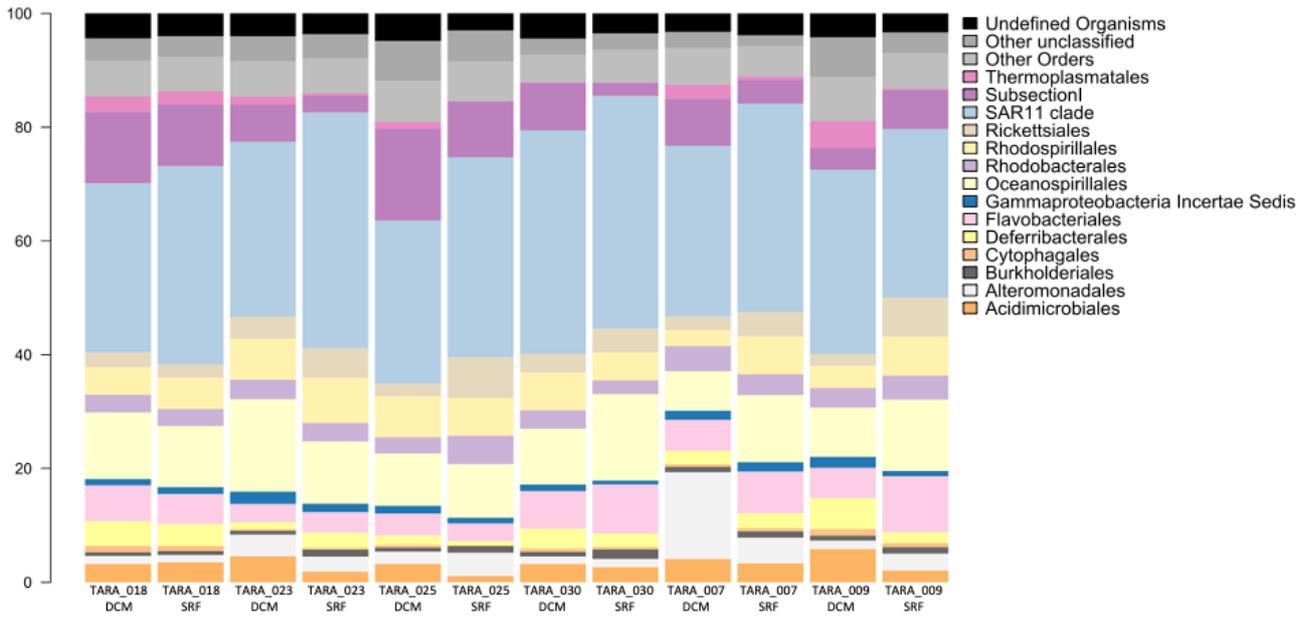
Relative Abundance Order – Acqua Area1



Relative Abundance Order – Acqua Area2

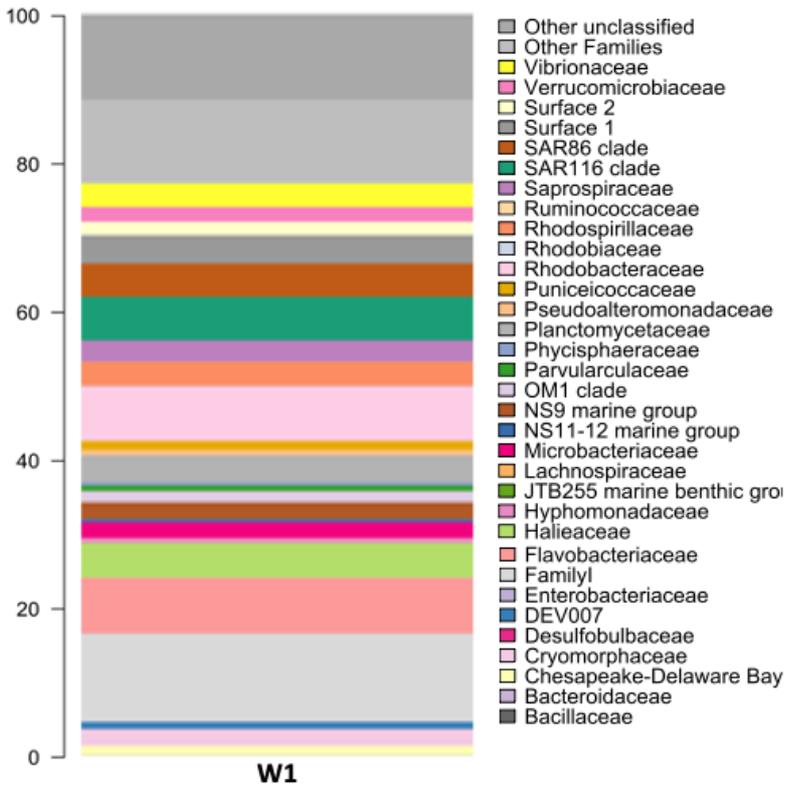


Relative Abundance Order – Acqua Tara

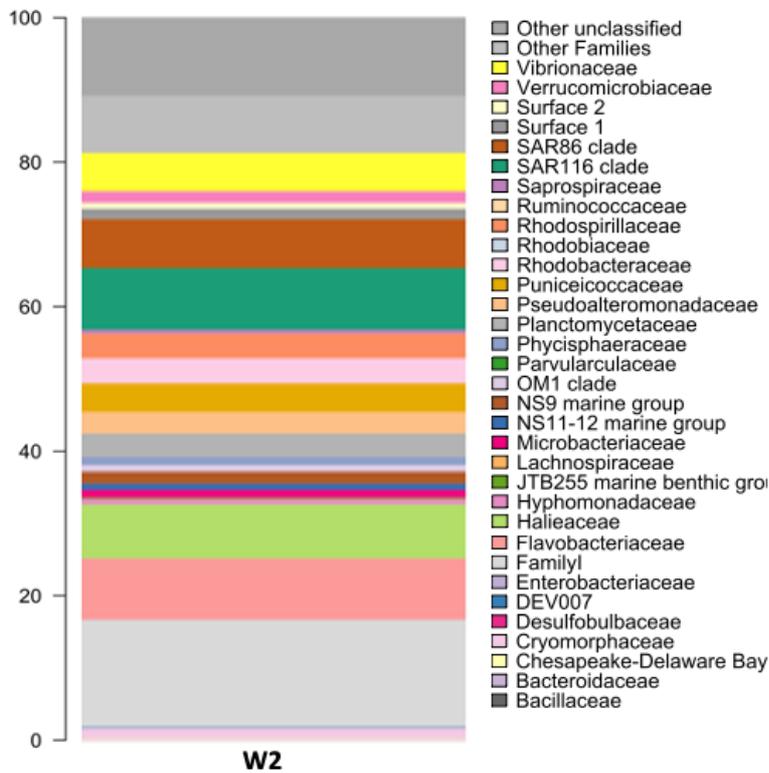


Fonte: <http://ocean-microbiome.embl.de/companion.html>

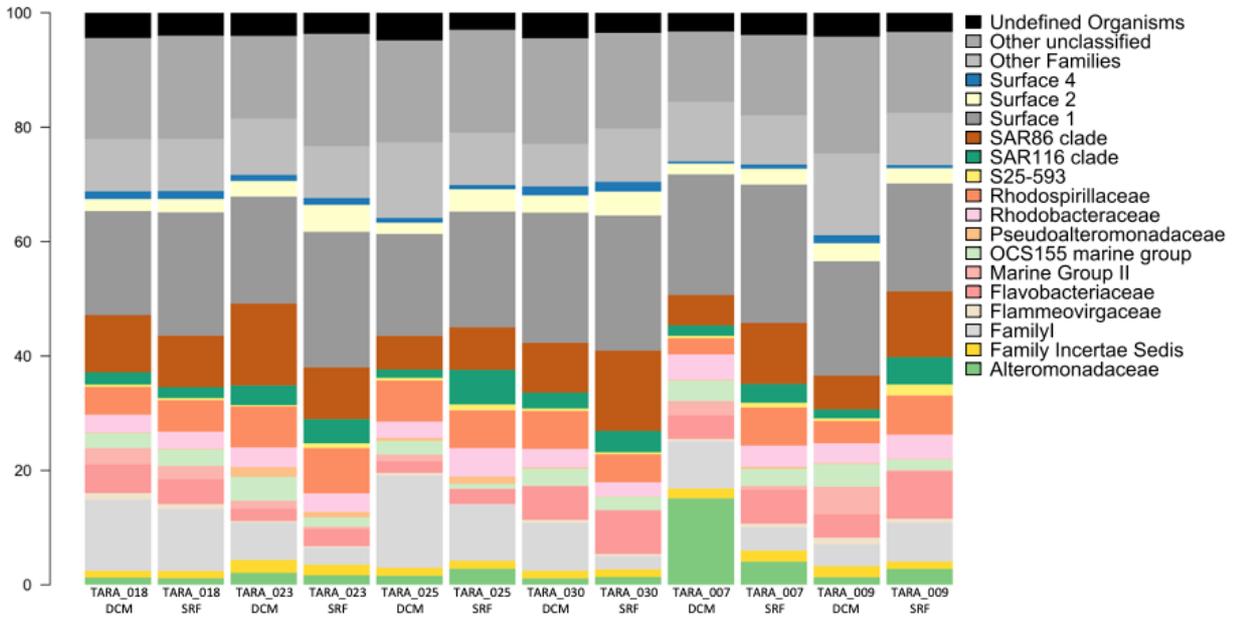
Relative Abundance Family – Acqua Area1



Relative Abundance Family – Acqua Area2



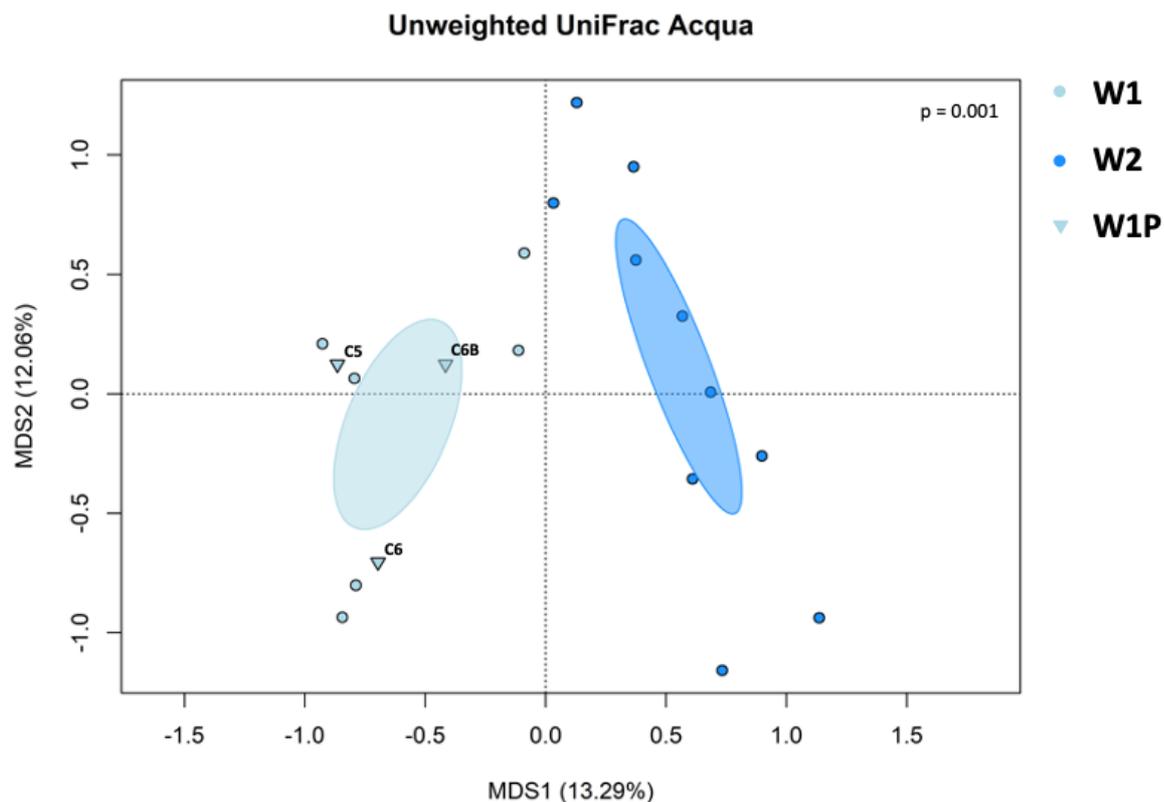
Relative Abundance Family – Acqua Tara



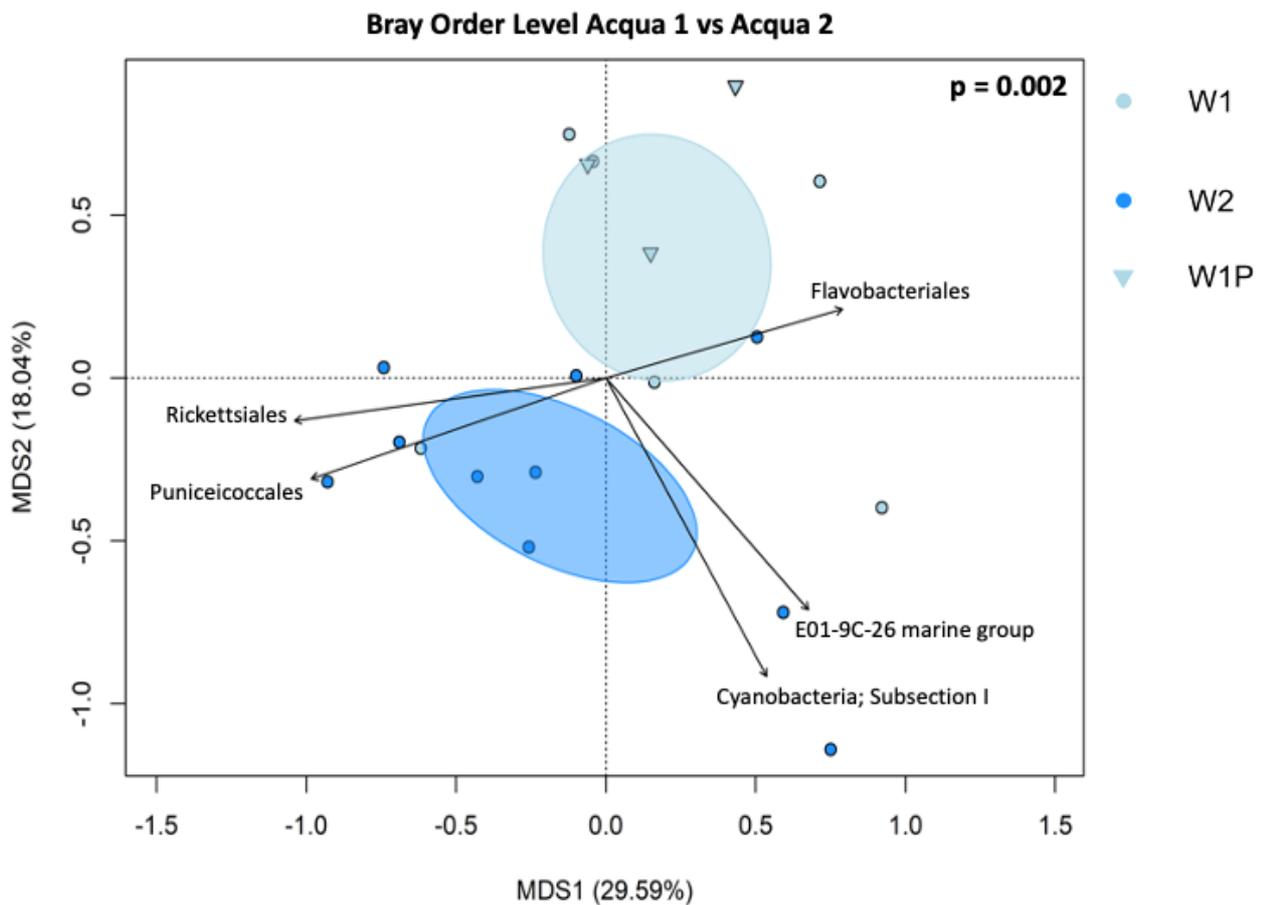
Fonte: <http://ocean-microbiome.embl.de/companion.html>

I dati riportati, nel loro complesso, dimostrano come il microbiota dell'acqua ad una profondità che va dai 10 ai 30 metri - e comunque compresa nella zona epipelagica – sia in Area 1 che in Area 2 sia dominato da *Proteobacteria* (Abbondanza Relativa ra ca. 51-54%), *Bacteroidetes* (ra ca. 14-18%) *Cyanobacteria* (ra ca. 12-14%) e *Verrucomicrobia* (ra ca. 6-8%). Focalizzandosi a raggruppamenti filogenetici inferiori, come a livello di ordine, i gruppi microbici più rappresentati sia in Area 1 che in Area 2 sono: *Flavobacteriales* (ra ca. 12), *SubsectionI* (ra ca. 15-12), *Oceanospirillales* (ra ca. 5-8%), *Cellvibrionales* (ra ca 4-8%), *SAR11 clade* (ra ca. 2-6%), *Rhodobacterales* (ra ca 3-7%) *Rickettsiales* (ra ca. 6-9%), *Vibrionales* (ra ca. 3-5%), *Planctomycetales* (ra ca. 4%), *Rhodospirillales* (ra ca. 3%). Per entrambe le aree, i dati dimostrando una struttura di ecosistema nelle acque epipelagiche generalmente coerente con quella osservata da Tara Ocean in Mediterraneo nel 2015. Relativamente all'assetto ecologico di ecosistema, il microbiota dell'acqua nella regione epipelagica di entrambe le aree comprende microorganismi fotosintetici ossigenici (*SubsectionI*) e anossigenici (*Rhodobacterales*, *Rhodospirillales*) e diversi microorganismi eterotrofi, tra cui degradatori di carboidrati e proteine (*Bacteroidetes/Flavobacteriales*) e degradatori di materia organica a più basso peso molecolare (*SAR11 clade*, *Oceanospirillales* e *Vibrionales*, *SAR11 clade* e *Planctomycetales*). È, infine, evidente una abbondanza rilevante di microorganismi generalmente intracellulari (*Rickettsiales*). Nel complesso, il microbiota epipelagico in Area 1 e 2 si dimostra strutturato per la produzione primaria, nonché per la degradazione e circolarizzazione della sostanza organica in aerobiosi.

Differenze in termine di composizione microbica generale tra gli ecosistemi microbici dell'acqua in area epipelagica di Area 1 e Area2



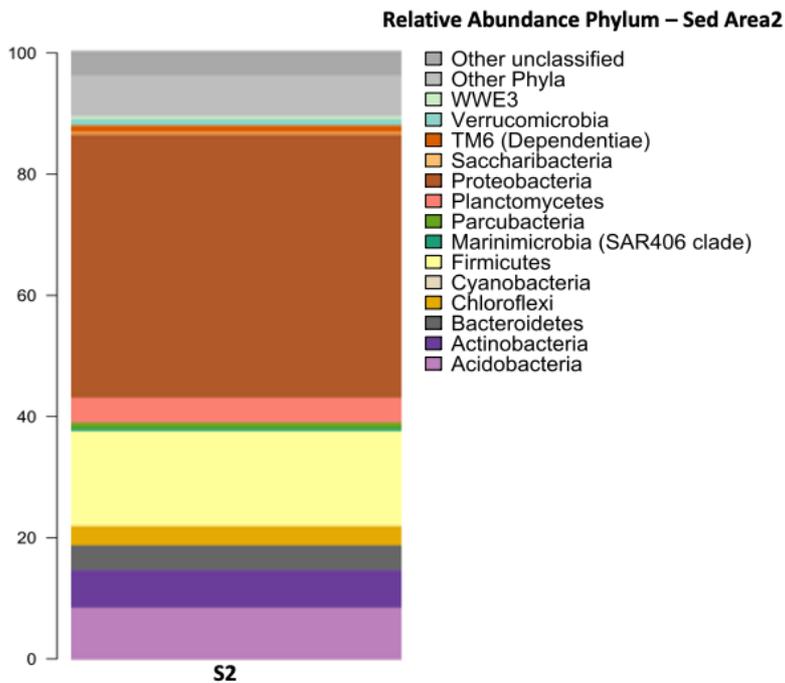
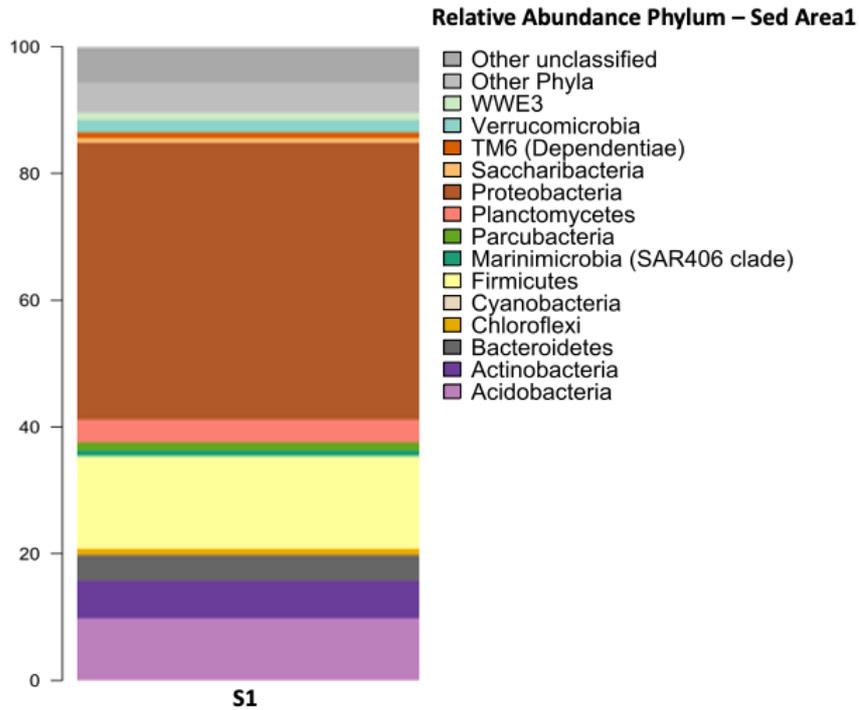
Analisi delle componenti principali, distanze UniFrac



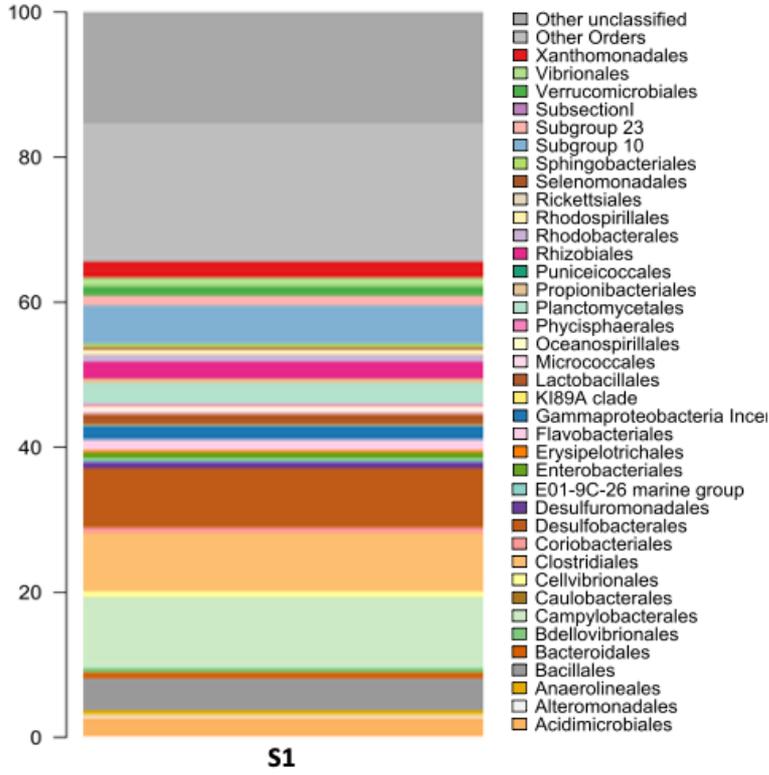
Analisi delle componenti principali, distanze Bray-Curtis

I dati dimostrano come gli ecosistemi microbici della colonna d'acqua in area epipelagica di Area 1 e Area 2 abbiano una composizione differente. In particolare, l'ecosistema microbico dell'acqua in Area 1 è arricchito di *Bacteroidetes/Flavobacteriales* (ra 18% vs 14%), SAR11 clade (ra 6% vs 3%) e *Rodospirillales* (ra 7% vs 3%), diversamente l'ecosistema microbico dell'acqua in Area 2 risulta arricchito in *Cyanobacteria* (ra 14% vs 12%), *Alteromonadales* (ra 3% vs 1%), *Celvibrionales* (ra 8% vs 4%), *Oceanospirillales* (ra 8% vs 5%), *Vibrionales* (ra 5% vs 3%) e *Rickettsiales* (ra 9% vs 7%). Tali differenze in composizione potrebbero suggerire una propensione ecologica differente tra i due ecosistemi. In particolare, l'ecosistema in Area 1, arricchito di *Bacteroidetes*, avrebbe una maggiore propensione per la degradazione di composti organici ad alto peso molecolare, come carboidrati e proteine, conseguentemente ad una più elevata biodisponibilità di carbonio organico. Diversamente, l'ecosistema in Area 2, arricchito di Cianobatteri, fotosintetici ossigenici, e diversi eterotrofi oligotrofi appartenenti ai gamma-proteobatteri (eg. *Alteromonadales*, *Celvibrionales*, *Oceanospirillales*, *Vibrionales*), ha una natura più oligotrofa, a seguito di una minore biodisponibilità di carbonio organico.

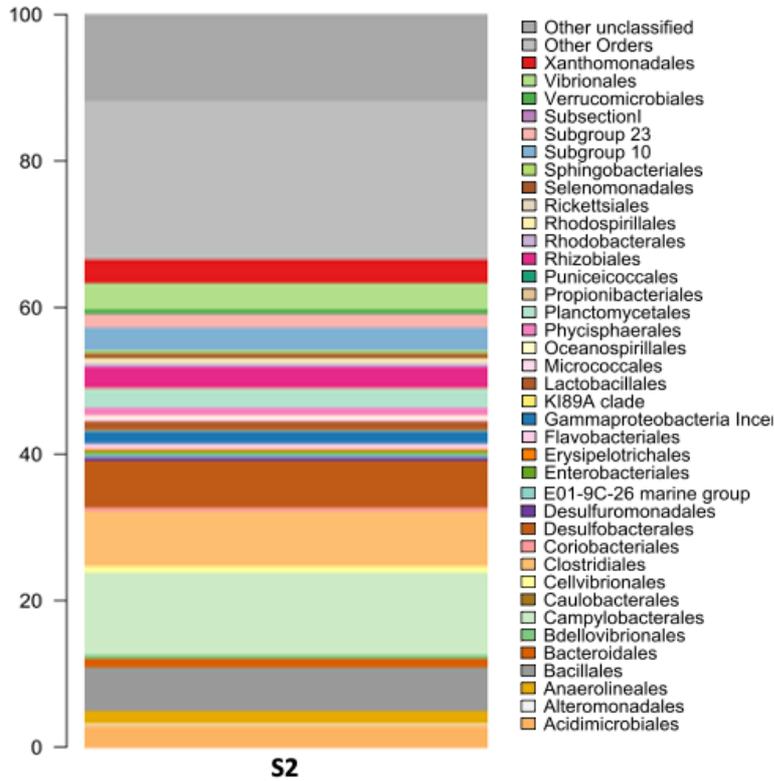
Composizione filogenetica del microbiota del sedimento superficiale in Area 1 e 2



Relative Abundance Order – Sed Area1

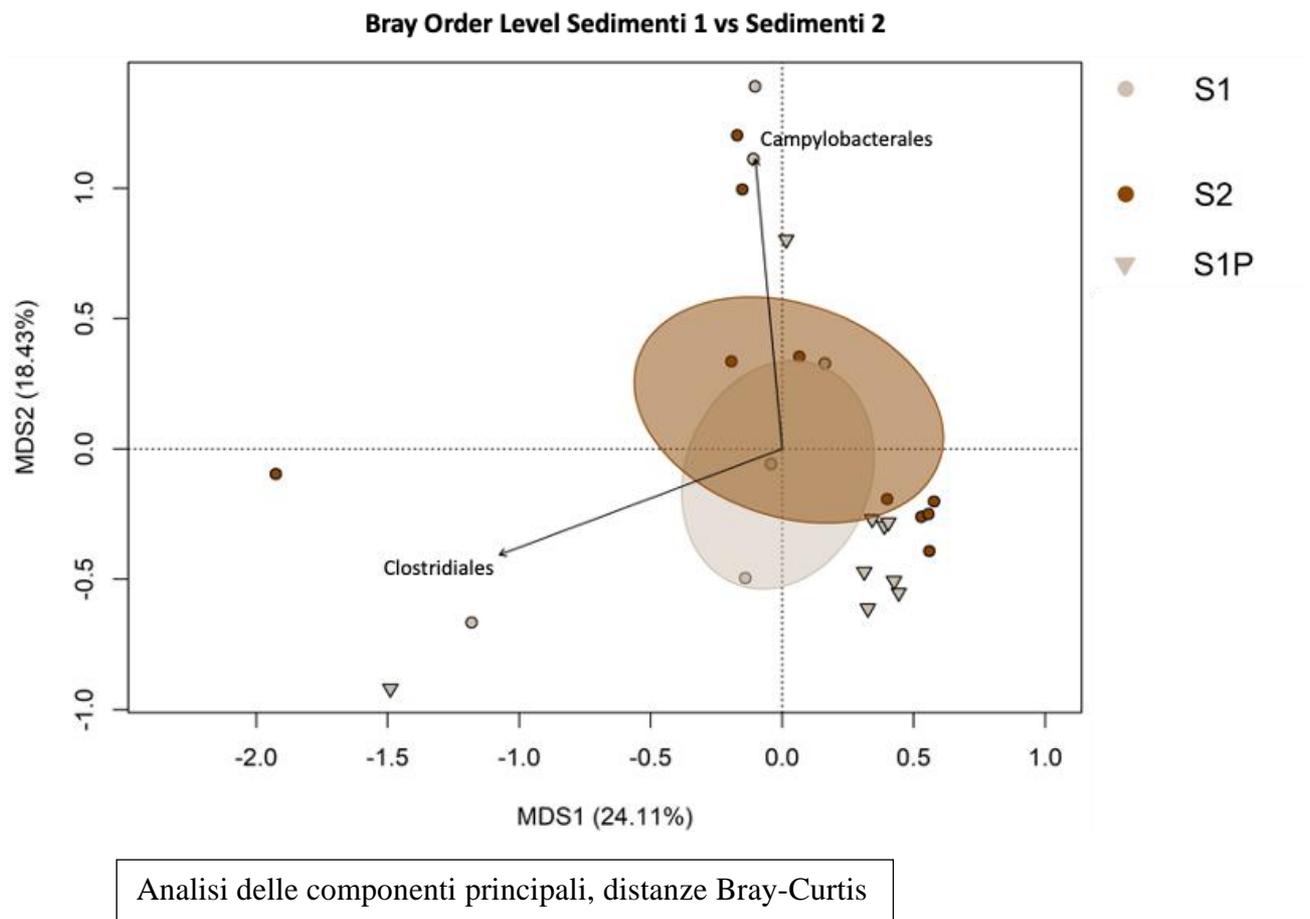


Relative Abundance Order – Sed Area2



I dati riportati, nel loro complesso, dimostrano come il microbiota del sedimento superficiale, sia in Area 1 che in Area 2, sia dominato: da *Proteobacteria* (ra ca. 43%), *Firmicutes* (ra ca. 15%), *Acidobacteria* (ra ca. 9%), *Actinobacteria* (ra ca. 6%) and *Bacteroidetes* (ra ca. 4%). A livelli filogenetici inferiori, gli ordini dominanti sono: *Campylobacterales* (ra ca. 9-11%), *Desulfobacterales* (ra ca. 6-8%), *Clostridiales* (ra ca. 7-8%), *Bacillales* (ra ca. 4-6%), *Subgroup 10* (ra ca. 3-5%), *Acidimicrobiales* (ra ca. 3%), *Planctomycetales* (ra ca. 2.5%), *Rhizobiales* (ra ca. 2,5%), *Rhodobacterales* (ra ca. 1%), *Rhodospirillales* (ra ca. 1%), *Desulfuromonadales* (ra ca. 1%), *Verrucomicrobiales* (ra ca. 1%), *Vibrionales* (ra ca. 1-3%). Per entrambe le aree, i dati dimostrando una struttura di ecosistema dei sedimenti superficiali generalmente coerente con i dati di letteratura (Fazi et al. 2020; Luna 2015; Borin et al., 2009). Relativamente all'assetto ecologico di ecosistema, il microbiota del sedimento superficiale in entrambe le aree unisce microorganismi capaci di degradare polisaccaridi e proteine in anaerobiosi come *Clostridiales* and *Bacillales*, degradatori anaerobi di composti organici a basso peso molecolare (*Acidimicrobiales*, *Verrucomicrobiale*, *Vibrionales*) ad una serie di microorganismi coinvolti complessivamente nei cicli dell'azoto e dello zolfo. In particolare, *Planctomycetales* e *Rhizobiales* sono entrambi coinvolti nel ciclo dell'azoto, mentre i solfato-riduttori *Desulfovibrionales*, *Desulfuromonadales*, i solfuro-ossidanti *Campylobacterales* – inclusi quelli fotosintetici *Rhodobacterales* e *Rhodospirillales* - e gli appartenenti a *Subgroup 10* si complementano nel ciclo dello zolfo. Nel complesso, il microbiota dei sedimenti superficiali in Area 1 e 2 si dimostra strutturato per degradare e circolarizzare la sostanza organica, nonché i nutrienti primari in essa contenuti (C, N e S), in condizioni di anaerobiosi o micro-aerofilia.

Differenze in termine di composizione microbica generale tra gli ecosistemi microbici del sedimento superficiale di Area 1 e Area2

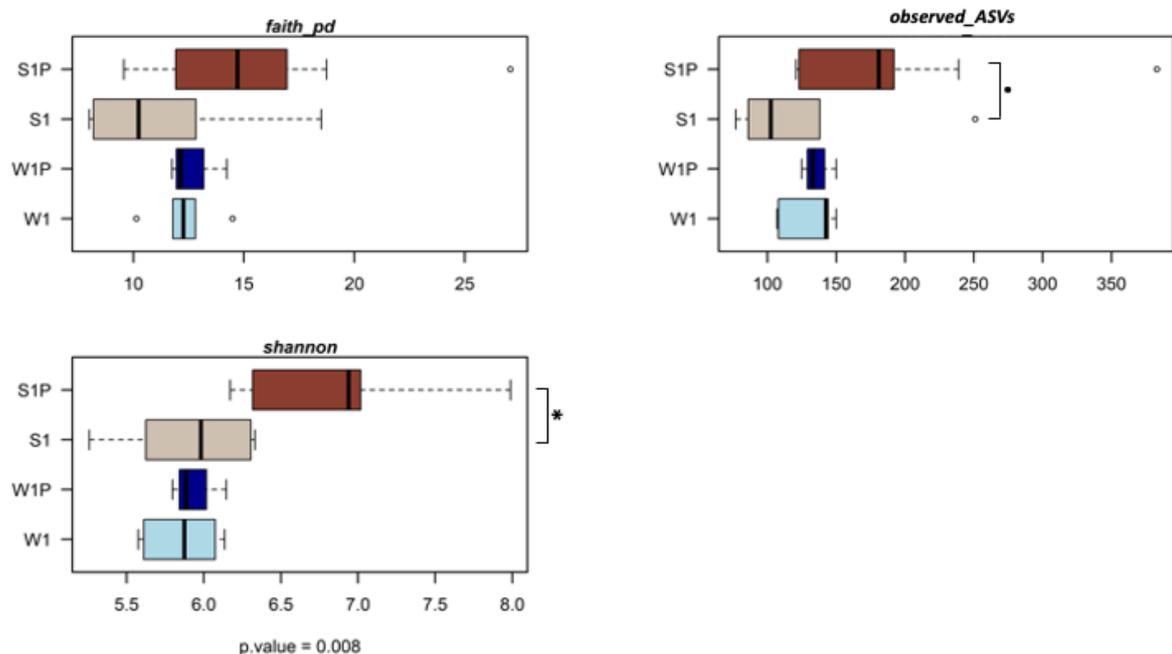


I dati dimostrano come gli ecosistemi microbici della colonna del sedimento superficiale in Area 1 e Area 2 abbiano una composizione differente. In particolare, l'ecosistema microbico dell'acqua in Area 1 è arricchito di *Clostridiales* (ra 8% vs 7%), *Desulfobacterales* (ra 8% vs 6%), *Flavobacterales* (ra 1.5% vs 0.5%) and *Subgroup 10* (ra 5% vs 3%), diversamente l'ecosistema microbico dell'acqua in Area 2 risulta arricchito *Campylobacterales* (ra 11% vs 9%), *Bacillales* (ra 6% vs 4%) e *Vibrionales* (ra 3% vs 1%). Tali differenze in composizione potrebbero suggerire una propensione ecologica differente tra i due ecosistemi. In particolare, l'ecosistema in Area 1, arricchito in *Clostridiales* e *Flavobacterales*, ha una maggiore propensione alla degradazione della sostanza organica ad alto peso molecolare, suggerendo una maggiore biodisponibilità carbonio, carboidrati e proteine in Area 1.

Valutazione dell'impatto della condotta sottomarina sulla composizione e diversità dell'ecosistema microbico di Acqua e Sedimento nell'Area 1, nonché le relative differenze in termini di ecologia microbica dell'ecosistema.

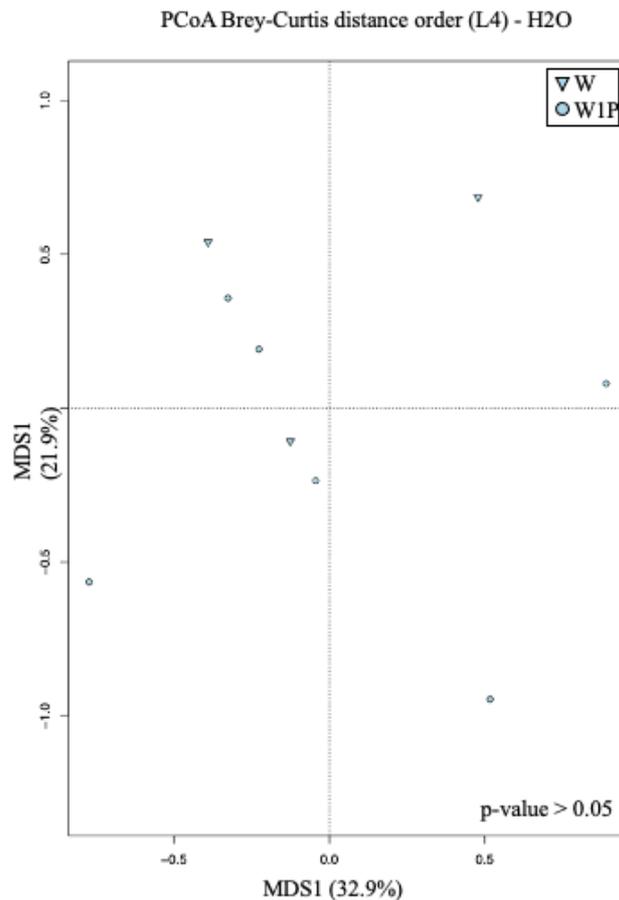
Livelli di diversità microbica interna all'ecosistema (n.d.r. numero di specie microbiche presenti nell'ecosistema)

Valutazione Alpha Diversity in prossimità della condotta



I dati dimostrano come l'ecosistema microbico dei sedimenti superficiali in corrispondenza della condotta abbia un livello di diversità in termini di specie microbiche presenti superiore a quello dei sedimenti superficiali distanti dalla condotta sottomarina, sempre in Area 1. Diversamente, i livelli di diversità delle specie microbiche nell'Acqua in prossimità della condotta e distanti da essa sono paragonabili.

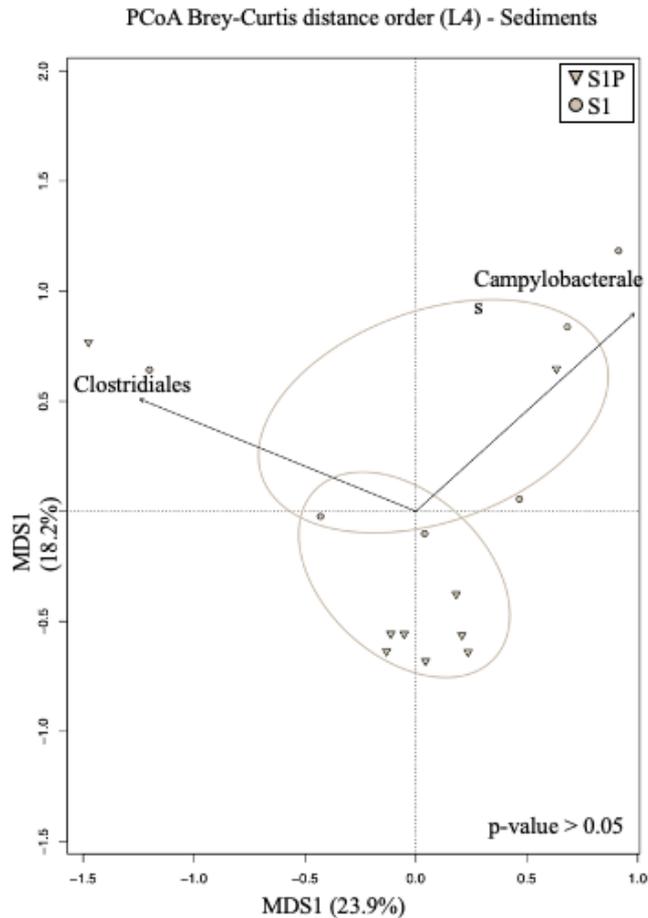
Differenze in termine di composizione microbica generale tra gli ecosistemi microbici di Acqua e Sedimenti in prossimità e distanti dalla condotta
Ecosistemi microbici della colonna d'acqua.



Analisi delle componenti principali, distanze Bray-Curtis

I dati dimostrano come gli ecosistemi microbici della colonna d'acqua in prossimità della condotta e a distanza da essa abbiano una composizione complessiva, in termini di microorganismi presenti, paragonabile

Ecosistemi microbici del sedimento superficiale.



Analisi delle componenti principali, distanze Bray-Curtis

I dati dimostrano come gli ecosistemi microbici del sedimento superficiale in prossimità della condotta sottomarina abbiano una composizione generalmente differente rispetto a quella degli ecosistemi microbici del sedimento, raccolti sempre in Area 1 ma distanti dalle condotte. In particolare, la diversità coinvolgerebbe una maggiore abbondanza di *Clostridiales* negli ecosistemi microbici raccolti lontano dalle condotte.

Conclusioni generali

I dati ottenuti indicano come, nel loro complesso, i microbioti dell'acqua nella regione epipelagica e del sedimento superficiale in Area 1 e Area 2 abbiano una struttura comparabile a riferimenti oggi disponibili in letteratura e relativi ad analoghe osservazioni sia in Adriatico che in Mediterraneo. In particolare, il microbiota dell'acqua nella regione epipelagica contiene tutte le componenti di diversità che consentono, da un lato, la produzione primaria, dall'altro la completa circolarizzazione della sostanza organica - C, N e S – sostenendo le catene trofiche dell'ecosistema marino. Analogamente, il microbiota del sedimento superficiale è strutturato per degradare e circolarizzare la sostanza organica nel sedimento, assumendo un ruolo chiave per i cicli del carbonio, dell'azoto e dello zolfo, sostenendo anch'esso le catene trofiche dell'ecosistema marino.

Relativamente alla comparazione tra le due aree in studio, il microbiota di Area 1 – sia dell'acqua che del sedimento superficiale - è caratterizzato da una maggiore propensione alla degradazione di molecole organiche ad alto peso molecolare, come carboidrati e proteine, suggerendo una maggiore biodisponibilità di carbonio organico in questa area.

In ultimo, i dati non dimostrano un rilevante impatto delle condotte marine sugli ecosistemi circostanti, né relativamente all'acqua né al sedimento.

In conclusione, i microbioti dell'acqua e sedimento sia nell'Area 1 che nell'Area 2 si dimostrano in “salute”, per grado di diversità strutturale e funzionale, dimostrando un pieno potenziale nel sostenere le catene trofiche dell'ecosistema marino, circolarizzando la sostanza organica e – nel caso del microbiota dell'acqua – supportando anche la produzione primaria. Sebbene, per definizione, i microbioti siano dotati di un elevato grado di resilienza, non è possibile oggi prevedere la risposta dei microbioti di acqua e sedimento ad una eventuale realizzazione di un impianto Eolico nelle aree indicate, mancando studi di riferimento in questo ambito. Tuttavia, alla luce dell'evidenze a supporto dell'importanza di questi microbioti per la salute dell'ecosistema marino in Area 1 e 2, riteniamo che possa essere importante il monitoraggio della loro risposta all'impianto Eolico, non solo durante le fasi di realizzazione, ma anche successivamente, verificando che la naturale resilienza dei microbioti consenta loro di mantenere quelle caratteristiche di diversità e funzionalità che sono state osservate nel presente studio e che divengono essenziali per il mantenimento della salute dell'ecosistema marino.

Prof. Marco Candela



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
DIPARTIMENTO DI
FARMACIA E BIOTECNOLOGIE

Department of Pharmacy and Biotechnology, University of Bologna, Italy.
Unit of Microbiome Science and Biotechnology

<https://site.unibo.it/microbiome-science-biotechnology-unit/en>

<https://www.unibo.it/sitoweb/marco.candela>

tel: (+39) 0512099727/43
e-mail: marco.candela@unibo.it



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
DIPARTIMENTO DI
FARMACIA E BIOTECNOLOGIE

Unità di Scienze e Biotecnologie dei Microbiomi, Dipartimento di Farmacia a Biotecnologie (FaBit), Università di Bologna

The FABIT Microbiome Science and Biotechnology Unit has consolidated expertise in the field of microbiome research, particularly in the characterization of their compositional and functional structure, in the study of their dynamic interaction with the host and the surrounding environment, as well as in the dissection of mechanisms (or modules) involved in the microbiome emergent properties, always in the context of expressed ecological services. The Unit is currently involved in a number of projects concerning the role of microbiomes in host and environmental health. The Unit has strong experience as Coordinator and Co-Coordinator of EU projects (CIRCLES, REINFORCE, NuAGE, MyNewGut).

<https://site.unibo.it/microbiome-science-biotechnology-unit/en>

The research unit is equipped with the most advanced instruments and platforms for phylogenetic and functional characterization of the microbiome and microbes-host interaction: MinION device for nanopore DNA sequencing; Illumina MiSeq and NextSeq platforms for NGS (both 16S rRNA and shotgun metagenomics); anaerobic chamber Ruskinn Concept 400 for culturomics; server Dell EMC PowerEdge R730XT, 2U, 1X Intel Xeon E5-2680 v4, 2,4 Ghz, 512 GB RAM, 38 TB for storage and analysis of -omics data, along with general lab equipment, FastPrep homogenizers and PCR instruments, QIAcube for automated sample preparation, NanoDrop ND-1000 spectrophotometer and QIAxcel Advanced for assessment of DNA quantity and quality.

Marco Candela, Associate Professor of Chemistry and Biotechnology of Fermentation at FABIT. He leads the Microbiome Science and Biotechnology Unit, with research activities focused on the study of microbiomes and their interaction with the host and the environment. His research activity is documented by > 130 publications on peer-reviewed journals (Scopus H index 42, citations 6200). He is the Coordinator of the collaborative EU project Controlling mIcRobiomes CircuLations for bETter food Systems (CIRCLES), H2020-SFS-2018-1, and participating in other 2 H2020 projects (NewTechAqua e NextGenProteins). He is also coordinating a project funded by the Italian National Plan for Antarctic Research (metAntactic). He is vice-coordinator of the international PhD program “Innovative technologies and sustainable use of Mediterranean Sea fishery and biological resources”, University of Bologna.

<https://www.unibo.it/sitoweb/marco.candela>

Bibliografia

- Biagi E., Caroselli E., Barone M., Pezzimenti M., Teixido N., Soverini M., et al. (2020). Patterns in microbiome composition differ with ocean acidification in anatomic compartments of the Mediterranean coral *Astroides calycularis* living at CO₂ vents. *Science of The Total Environment*, 724, 138048.
- Bolyen E., Rideout J. R., Dillon M. R., Bokulich N. A., Abnet C. C., Al-Ghalith G. A., et al. (2019). Reproducible, interactive, scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. *Nature biotechnology*, 37(8), 852-857.
- Borin S, Brusetti L, Daffonchio D, Delaney E, Baldi F. Biodiversity of prokaryotic communities in sediments of different sub-basins of the Venice lagoon. *Res Microbiol.* 2009;160(5):307-314. doi:10.1016/j.resmic.2009.04.005
- Callahan B. J., McMurdie P. J., Rosen M. J., Han A. W., Johnson A. J. A., and Holmes S. P. (2016). DADA2: high-resolution sample inference from Illumina amplicon data. *Nature methods*, 13(7), 581-583.
- Culhane A. C., Thioulouse J., Perrière G., and Higgins D. G. (2005). MADE4: an R package for multivariate analysis of gene expression data. *Bioinformatics*, 21(11), 2789-2790.
- Edgar R. C. (2010). Search and clustering orders of magnitude faster than BLAST. *Bioinformatics*, 26(19), 2460-2461.
- Fazi S, Baldassarre L, Cassin D, Quero GM, Pizzetti I, Cibic T, Luna GM, Zonta R, Del Negro P. Prokaryotic community composition and distribution in coastal sediments following a Po river flood event (northern Adriatic Sea, Italy). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 2020;233, 106547. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106547>
- Luna G, Diversity of marine microbes in a changing Mediterranean Sea. *Rendiconti Lincei* 2015
- Masella A. P., Bartram A. K., Truszkowski J. M., Brown D. G., and Neufeld J. D. (2012). PANDAseq: paired-end assembler for Illumina sequences. *BMC bioinformatics*, 13(1), 1-7.
- Musella M., Wathsala R., Tavella T., Rampelli S., Barone M., Palladino G., et al. (2020). Tissue-scale microbiota of the Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis*) and its relationship with the environment. *Science of The Total Environment*, 717, 137209.
- Palladino G., Rampelli S., Scicchitano D., Musella M., Quero G. M., Prada F., et al. (2021). Impact of Marine Aquaculture on the Microbiome Associated with Nearby Holobionts: The Case of *Patella caerulea* Living in Proximity of Sea Bream Aquaculture Cages. *Microorganisms*, 9(2), 455.
- Quast C., Pruesse E., Yilmaz P., Gerken J., Schweer T., Yarza P., et al. (2012). The SILVA ribosomal RNA gene database project: improved data processing and web-based tools. *Nucleic acids research*, 41(D1), D590-D596.
- Rognes T., Flouri T., Nichols B., Quince C., and Mahé F. (2016). VSEARCH: a versatile open source tool for metagenomics. *PeerJ*, 4, e2584.

Šantić D, Piwosz K, Matić F, et al. Artificial neural network analysis of microbial diversity in the central and southern Adriatic Sea. *Sci Rep.* 2021;11(1):11186. Published 2021 May 27. doi:10.1038/s41598-021-90863-7

Silović T, Balagué V, Orlic S, Pedrós-Alió C. Picoplankton seasonal variation and community structure in the northeast Adriatic coastal zone. *FEMS Microbiol Ecol.* 2012;82(3):678-691. doi:10.1111/j.1574-6941.2012.01438.x



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
DIPARTIMENTO DI
FARMACIA E BIOTECNOLOGIE



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE,
CHIMICA, AMBIENTALE E DEI MATERIALI

Bologna, 25 ottobre 2021

RAPPORTO DI PROVA 69/2021

LABORATORIO: DICAM - LABIOTEC Laboratorio di Biotecnologie Ambientali e Bioraffinerie
Via Terracini 28 – 40131 Bologna
Tel 051 2090351

COMMITTENTE: Fondazione Cetacea onlus
Viale Torino 7/A – 47838 Riccione
Tel 0541 691557

MATERIALE E INFORMAZIONI FORNITE DAL COMMITTENTE:

No. 23 campioni di sedimento marino (2 g umidi circa ciascuno) con le seguenti sigle identificative:
C1, C2, C4, C5A, C5B, C5C, C6A, C8, C6B, C6C, C6B1, C6B2, C6B3, C7, C9, C10, C11, C12, C13, C14,
C15, C16, C17

I campioni sono stati forniti tramite il Prof. Marco Candela, Dipartimento di Farmacia e Biotecnologie (FaBit), Università di Bologna.

DATA DOMANDA: 8/10/2021

DATA CONSEGNA MATERIALE: 7/10/2021

NUMERO TOTALE DI PAGINE: 3

Il rapporto non può essere parzialmente riprodotto senza il consenso scritto del laboratorio di prova.



RAPPORTO DI PROVA

Metodologia

Estrazione degli inquinanti in solvente organico e purificazione dell'estratto

Ciascun campione è stato centrifugato a 4000 rpm per 10 minuti, l'acqua eliminata, e il sedimento essiccato in stufa a 105°C per una notte. Una quantità nota di sedimento secco (circa 1 g) è stata miscelata con pari peso di sodio solfato anidro e sottoposto ad estrazione soxhlet degli inquinanti non volatili e semivolatili con 50 mL di miscela esano:acetone 1:1. L'estratto organico è stato portato quasi a secco sotto leggero flusso di azoto e successivamente portato a volume finale di 10 mL con esano. L'estratto organico è quindi stato sottoposto a purificazione su colonna preimpaccata di Florisil ed aliquotato in vials per l'analisi gas-cromatografica. Per l'analisi dei policlorobifenili (PCB) in GC-ECD, l'estratto è stato ulteriormente purificato con rame in polvere (eliminazione di zolfo, interferente al detector ECD).

Analisi degli idrocarburi totali del petrolio (TPH) in gas-cromatografia con detector a ionizzazione di fiamma (GC-FID)

L'analisi degli idrocarburi derivanti da petrolio estratti in solvente organico è stata eseguita con gas-cromatografo Mod. 6890N equipaggiato con detector a ionizzazione di fiamma (FID), autocampionatore/iniettore Mod. 7683, e colonna capillare HP-5 (5%-phenyl-methylpolysiloxane, lunghezza 30 m, diametro interno 0.25 mm, film thickness 0.25 µm) (Agilent Technologies), utilizzando le seguenti condizioni analitiche:

Volume campione iniettato: 1 µL

Iniezione: splitless

Temperatura iniettore: 270 °C

Temperatura detector: 320 °C

Flussi dei gas di lavoro del rivelatore: idrogeno 30.0 mL/min, aria 300 mL/min

Carrier gas: azoto

Make-up gas: azoto

Flusso carrier gas (costante): 1.5 mL/min

Programma temperatura: Temp. iniziale 60 °C, isoterma per 1 min, rampa temperatura 10 °C/min fino a 320 °C, isoterma per 20 min.

Il metodo analitico utilizzato consente la determinazione di tutti gli idrocarburi con tempi di ritenzione compresi tra il n-decano (C₁₀H₂₂) e il n-tetracontano (C₄₀H₈₂), compresi isoalcani, cicloalcani, alchilbenzeni, alchilnaftaleni e idrocarburi policiclici aromatici.

La quantità degli idrocarburi nel campione è stata determinata misurando l'area totale dei picchi rilevati nel campione nell'intervallo di eluizione fra il n-decano e il n-tetracontano, e una curva di calibrazione a 5 punti costruita misurando l'area totale dei picchi rilevati nello stesso intervallo di eluizione con una soluzione di riferimento esterno costituita da oli minerali. In particolare, poiché l'analisi dei campioni ha rivelato la presenza di picchi con tempi di eluizione in un intervallo più ristretto e confrontabile con l'intervallo di eluizione dei picchi degli idrocarburi presenti nel gasolio, è stato utilizzato gasolio come soluzione di riferimento esterno.

La concentrazione degli idrocarburi totali in ciascun campione di sedimento è stata calcolata utilizzando la massa di sedimento secco sottoposta ad estrazione con solvente e il volume finale dell'estratto, ed espressa in mg/kg di sedimento secco.

Analisi dei policlorobifenili (PCB) in gas-cromatografia con detector a cattura di elettroni (GC-ECD)

L'analisi dei PCB estratti in solvente organico è stata eseguita con gas-cromatografo Mod. 6890N equipaggiato con micro-detector a cattura di elettroni (µECD), autocampionatore/iniettore Mod. 7683, e colonna capillare HP-5 (5%-phenyl-methylpolysiloxane, lunghezza 30 m, diametro interno 0.25 mm, film thickness 0.25 µm) (Agilent Technologies), utilizzando le seguenti condizioni analitiche:

Volume campione iniettato: 1 µL



Iniezione: split, rapporto di splitting 9.5:1

Temperatura iniettore: 250 °C

Temperatura detector: 320 °C

Carrier gas: azoto

Make-up gas: azoto

Flusso carrier gas (costante): 1.5 mL/min

Programma temperatura: Temp. iniziale 60 °C, isoterma per 1 min, rampa temperatura 40 °C/min fino a 140 °C, isoterma per 2 min, rampa temperatura 1.5 °C/min fino a 185 °C, rampa temperatura 4.5 °C/min fino a 275 °C, isoterma per 5 min.

L'analisi qualitativa/identificazione dei congeneri di PCB è stata eseguita iniettando le miscele complesse di PCB Aroclor 1221, Aroclor 1242 e Aroclor 1254 e confrontando i tempi di ritenzione relativi (RRT) allo standard interno octacloronaftalene (OCN) dei picchi rilevati nel campione con i RRT attribuiti a ciascun congenere presente negli Aroclor (Frame et al., 1996, Chemosphere 33:603-623). L'analisi semi-quantitativa dei PCB nell'estratto organico è stata eseguita tramite curva di calibrazione a 5 punti delle miscele di PCB Aroclor 1221, Aroclor 1242 e Aroclor 1254, utilizzando la composizione delle stesse (percentuale in peso di ciascun congenere) riportata da Frame et al., 1997, Fresenius J Anal Chem 357:714-722.

La concentrazione dei PCB in ciascun campione di sedimento è stata calcolata utilizzando la massa di sedimento secco sottoposta ad estrazione con solvente e il volume finale dell'estratto ed espressa in mg/kg di sedimento secco.

Nota: l'identificazione dei PCB rilevati tramite il presente metodo deve essere confermata con altro metodo analitico (es., GC-MS).

Risultati

In Tabella 1 sono riportate le concentrazioni rilevate di idrocarburi totali derivanti da petrolio (TPH) e PCB totali (Σ PCB) nei 23 campioni di sedimento analizzati.

Tabella 1. Concentrazioni di idrocarburi totali derivanti da petrolio (TPH) e di PCB totali (Σ PCB). n.d.= non rilevati

Campione	TPH (mg/kg)	Σ PCB (mg/kg)	Campione	TPH (mg/kg)	Σ PCB (mg/kg)
C1	144	0.089	C6B3	247	0.218
C2	100	0.042	C7	100	0.369
C4	128	0.107	C9	125	0.202
C5A	169	0.155	C10	136	0.370
C5B	245	0.283	C11	195	0.126
C5C	149	0.212	C12	186	0.342
C6A	193	n.d.	C13	257	n.d.
C8	144	n.d.	C14	262	0.276
C6B	179	n.d.	C15	209	0.689
C6C	199	n.d.	C16	181	0.021
C6B1	158	n.d.	C17	109	0.059
C6B2	154	n.d.			

Il Responsabile della Commessa

Prof. Giulio Zanaroli

Il Referente Scientifico

Prof. Lorenzo Bertin

Il Direttore del Dipartimento

Prof. Stefano Gandolfi