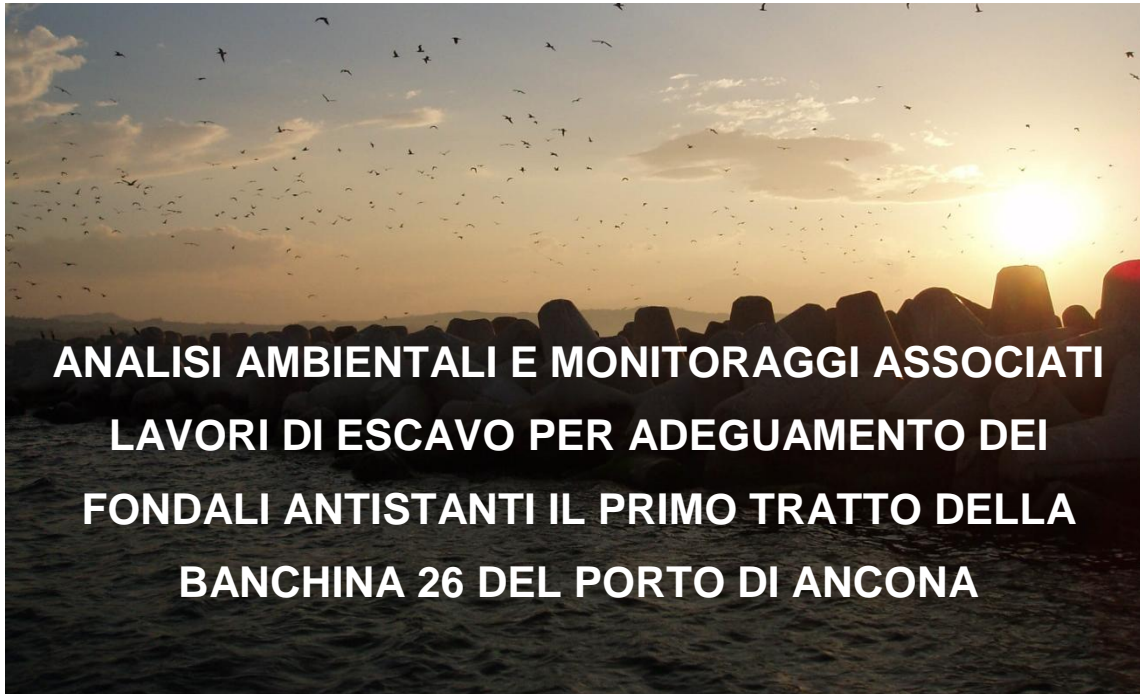


**AUTORITÀ PORTUALE
ANCONA**



**OPERATORE SCIENTIFICO:
CNR – ISMAR UOS ANCONA**

COORDINATORE:

GIANNA FABI

Gianna Fabi

RESPONSABILI SCIENTIFICI:

ELISA PUNZO

Elisa Punzo

ALESSANDRA SPAGNOLO

Alessandra Spagnolo

STESURA PIANO A CURA DI:

GIANNA FABI

FABIO GRATI

MAURO MARINI

ELISA PUNZO

ALESSANDRA SPAGNOLO

Ancona, ottobre 2014

INDICE

1. PREMESSA	1
2. AREA DI SVERSAMENTO	3
2.1 INDAGINI ANTE-OPERAM.....	4
2.1.1. CARATTERIZZAZIONE COMUNITÀ FITOPLANCTONICHE.....	5
2.2 INDAGINI CORSO D'OPERA.....	6
2.2.1. COLONNA D'ACQUA	7
2.2.1.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche.....	7
2.2.1.2 Caratteristiche delle comunità fitoplanctoniche	8
2.2.2. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DEL FONDALE.....	8
2.2.2.1 Rilevazione con Multibeam Echosounder (MBES).....	8
2.2.2.2 Rilevazione con Side Scan Sonar (SSS)	9
2.2.2.3 Rilevazione con Sub Bottom Profiler (SBP)	9
2.2.3. CARATTERISTICHE FISICHE, CHIMICHE ED ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI.....	9
2.2.3.1 Caratteristiche fisiche e chimiche.....	11
2.2.3.2 Caratteristiche ecotossicologiche.....	15
2.2.3.3 Valutazione dei livelli di bioaccumulo di inquinanti organici e inorganici in organismi marini.....	15
2.2.3.4 Valutazione della mortalità e delle risposte biologiche di stress (biomarkers) in organismi marini	16
2.2.4. CARATTERISTICHE DELLE COMUNITÀ BENTONICHE.....	18
2.2.5. CARATTERISTICHE DELLA FAUNA ITTICA	20
2.3 INDAGINI POST OPERAM	21
2.3.1. COLONNA D'ACQUA	21
2.3.1.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche.....	21
2.3.1.2 Caratteristiche delle comunità fitoplanctoniche	21
2.3.2. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DEL FONDALE.....	22
2.3.2.1 Rilevazione con Multibeam Echosounder (MBES).....	22
2.3.2.2 Rilevazione con Side Scan Sonar (SSS)	22
2.3.2.3 Rilevazione con Sub Bottom Profiler (SBP)	22
2.3.3. CARATTERISTICHE FISICHE, CHIMICHE ED ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI.....	23
2.3.3.1 Caratteristiche fisiche e chimiche.....	23
2.3.3.2 Caratteristiche ecotossicologiche.....	23
2.3.3.3 Valutazione dei livelli di bioaccumulo di inquinanti organici e inorganici in organismi marini.....	23
2.3.3.4 Valutazione della mortalità e delle risposte biologiche di stress (biomarkers) in organismi marini	23
2.3.4. CARATTERISTICHE DELLE COMUNITÀ BENTONICHE.....	23
2.3.5. CARATTERISTICHE DELLA FAUNA ITTICA	24

3.	AREA DI ESCAVO	24
3.1	INDAGINI ANTE-OPERAM.....	24
3.1.1.	VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DEL DRAGAGGIO SUI SEDIMENTI MARINI.....	24
3.1.2.	VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DEL DRAGAGGIO IN ORGANISMI SENTINELLA	26
3.2	INDAGINI CORSO D'OPERA.....	28
3.2.1.	VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DEL DRAGAGGIO SUI SEDIMENTI MARINI.....	28
3.2.2.	VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DEL DRAGAGGIO IN ORGANISMI SENTINELLA	28
3.3	INDAGINI POST OPERAM	28
3.3.1.	VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DEL DRAGAGGIO SUI SEDIMENTI MARINI.....	28
3.3.2.	VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DEL DRAGAGGIO IN ORGANISMI SENTINELLA	28
4.	LETTERATURA CITATA.....	29

1. PREMESSA

L'Autorità Portuale di Ancona ha la necessità di effettuare, a fronte della realizzazione di alcune consistenti opere portuali, nuovi escavi dei fondali compresi tra l'imboccatura del porto di Ancona e la diga foranea sottoflutto. Il primo di tali interventi, riguardante l'approfondimento dei fondali antistanti la banchina n. 26 e approvato con parere da parte del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 03/09/2014 (prot. n. DVA-2014-0028154) con procedura d'urgenza, comporterà la mobilitazione di circa 60.000 m³ di materiale che dovranno essere sversati in mare.

L'area di sversamento attualmente in uso è situata a una distanza di circa 4,8 mn a NE del porto di Ancona e a circa 4 mn dalla costa, ad una profondità compresa tra 24 e 30 m. L'area ha dimensioni di 2,3 x 1,5 mn per cui, considerando una ricopertura massima di 5 cm, spessore che viene ritenuto compatibile con i processi di ricolonizzazione da parte degli organismi bentonici (ICRAM-APAT, 2007), è stato stimato che sia in grado di ricevere circa 590.000 m³ di materiale. Dal 1999 al 2005 vi sono stati immersi 257.000 m³ di sedimenti.

L'area di sversamento attualmente in uso è stata caratterizzata nel 2013 dal CNR-ISMAR di Ancona (ISMAR, 2014). Alle indagini già condotte ne verranno aggiunte altre ai sensi di quanto richiesto con Decreto Regionale N.82/VAA del 08_08_2014 del DPFVAA.

Considerando la capacità dell'area e i risultati delle indagini condotte si ritiene che i 60.000 m³ di materiale provenienti dall'escavo dei fondali antistanti la banchina 26 possano essere conferiti in tale area.

Inoltre, al fine di ottimizzare la gestione dell'area in oggetto, nel Piano di monitoraggio redatto dal CNR-ISMAR di Ancona (ISMAR, 2013) essa è stata suddivisa in 4 celle ciascuna delle quali ha dimensioni di 1,15x0,75 mn ed è in grado di ricevere circa 83.000 m³ di sedimenti. Pertanto, è stato previsto che i 60.000 m³ di materiale provenienti da questa prima operazione di escavo vengano sversati in un'unica cella, precisamente nella cella n. 1 (fig.1).

Al fine di valutare gli impatti determinati nell'ecosistema marino dallo sversamento di tali sedimenti, in accordo sia con il Piano di monitoraggio del CNR-ISMAR (2013) che con il Decreto Regionale N.82/VAA del 08_08_2014 del DPFVAA, si propone un piano di monitoraggio che prevede quanto segue:

- 1) Indagini integrative rispetto a quelle già effettuate per la caratterizzazione dell'area di sversamento: tali indagini riguarderanno la componente fitoplanctonica;
- 2) monitoraggio della cella 1 all'interno dell'area attualmente in uso, durante e dopo i lavori di sversamento;
- 3) monitoraggio dell'area antistante la banchina 26 prima, durante e dopo i lavori di escavo.

La sintesi delle indagini che verranno effettuate è riportata in Tab. I.

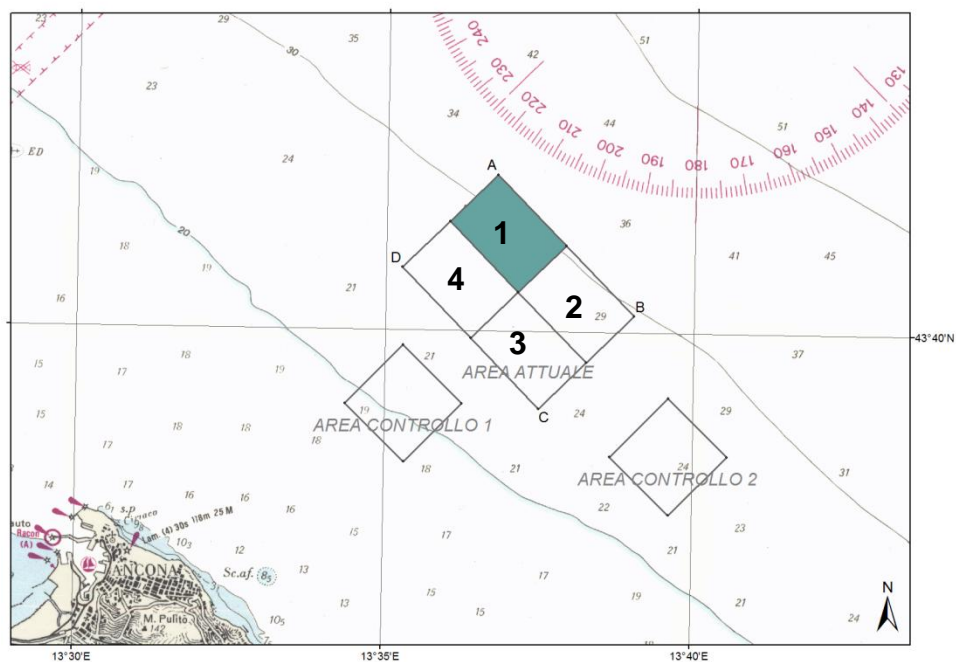


Fig. 1 – Ubicazione dell'attuale area di sversamento (ABCD) dei materiali provenienti dalle operazioni di escavo del porto di Ancona e delle due aree di controllo. In verde la cella 1 da utilizzare per le operazioni di sversamento.

Si specifica che, qualora in corso d'opera se ne ravvisi la necessità, il piano di monitoraggio proposto potrà essere modificato e/o integrato con campionamenti e analisi aggiuntive in relazione alle modalità di svolgimento delle operazioni di sversamento, previo accordo con l'Autorità Portuale di Ancona.

Tab. I - Sintesi delle indagini da effettuare nell'area di sversamento e nell'area di escavo.

COMPARTI	AREA DI SVERSAMENTO			AREA DI ESCAVO		
	CARATTERIZZAZIONE (INDAGINI INTEGRATIVE)	DURANTE LAVORI	POST LAVORI	CARATTERIZZAZIONE	DURANTE LAVORI	POST LAVORI
Caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche colonna d'acqua		X	X			
Comunità fitoplanctoniche	X	X	X			
Caratteristiche geomorfologiche del fondale		X	X			
Caratteristiche chimiche e fisiche dei sedimenti		X	X			
Ecotossicologia dei sedimenti		X	X			
Comunità bentoniche		X	X			
Comunità ittica		X	X			
Flussi bentici				X	X	X
Mussel watch				X	X	X

2. AREA DI SVERSAMENTO

Come è già stato anticipato (cfr. Cap. 1), l'attuale area di sversamento dei fanghi derivanti dai lavori di escavo del porto di Ancona (fig. 1) è situata a una distanza di circa 4,8 mn a NE del porto di Ancona e a circa 4 mn dalla costa, ad una profondità compresa tra 24 e 30 m ed ha come vertici i seguenti punti e corrispondenti coordinate geografiche:

A = 43°41'.70N	13°36'.70E
B = 43°40'.15N	13°38'.90E
C = 43°39'.10N	13°37'.50E
D = 43°40'.70N	13°35'.20E

L'ubicazione di tale area, che ricade all'interno della zona di traffico marittimo, è stata individuata nel 1998 in accordo con la Capitaneria di Porto di Ancona cercando di coniugare le esigenze ambientali con quelle economico/sociali:

- le zone di traffico marittimo sono interdette alla pesca a strascico, quindi non si sarebbero creati nuovi ostacoli a tale attività come invece sarebbe accaduto posizionando la nuova area altrove;
- i lavori di escavo e conseguente sversamento in mare hanno durata limitata e, pertanto, non avrebbero causato gravi problemi al traffico marittimo;
- il sito di immersione che veniva utilizzato prima di quello attualmente in uso era situato al largo della costa del Monte Conero (a circa 3 mn) ma, considerata l'eventuale futura istituzione dell'Area Marina Protetta "Costa del Monte Conero" da parte del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, non si riteneva opportuno riattivare quel sito ma, anzi, era consigliabile allontanarsi ulteriormente dalla futura Area Marina Protetta;
- per esigenze legate ai lavori di escavo (tempi di spostamento, costi, ecc.), l'area doveva comunque essere ubicata a distanze ragionevoli dal porto di Ancona.

2.1. INDAGINI ANTE-OPERAM

Come già specificato nella Premessa, nel 2013 l'area è già stata sottoposta ad una nuova caratterizzazione ambientale i cui risultati sono disponibili in ISMAR, 2014.

Il monitoraggio volto a caratterizzare l'area ha riguardato i seguenti aspetti/comparti:

- a) caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche della colonna d'acqua;
- b) caratteristiche geomorfologiche del fondale;
- c) caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti;
- d) caratteristiche ecotossicologiche dei sedimenti;
- e) bioaccumulo e risposte biologiche di stress in organismi sentinella (*Hediste diversicolor*);
- f) caratteristiche delle comunità bentoniche;
- g) caratteristiche della fauna ittica.

Ad integrazione di quanto già eseguito, nel presente piano di monitoraggio si propone, ai sensi di quanto richiesto con Decreto N.82/VAA del 08_08_2014 del DPFVAA, la caratterizzazione della colonna d'acqua dal punto di vista fitoplanctonico come di seguito specificato.

2.1.1. CARATTERIZZAZIONE COMUNITÀ FITOPLACTONICHE

Come richiesto dal Decreto Regionale N.82/VAA del 08_08_2014 del DPFVAA, il campionamento verrà eseguito su 1/3 delle stazioni (= 4 stazioni) utilizzate per la caratterizzazione fisica, chimica e biologica della colonna d'acqua (ISMAR, 2014) e su 2 delle stazioni aggiuntive poste lungo i 2 transetti di controllo, una lungo transetto a Nord e l'altra lungo il transetto a Sud posizionati a 3 mn di distanza dall'area di sversamento rispettivamente in direzione Nord e Sud (fig. 2).

In tutte le stazioni saranno prelevati campioni di acqua a 3 quote (superficie, intermedia e fondo) che verranno travasati in bottiglie di vetro scuro e fissati con formaldeide (concentrazione finale 4%) neutralizzata e precedentemente sterilizzata mediante filtrazione. I campioni saranno quindi mantenuti in luogo fresco e al buio in attesa delle analisi.

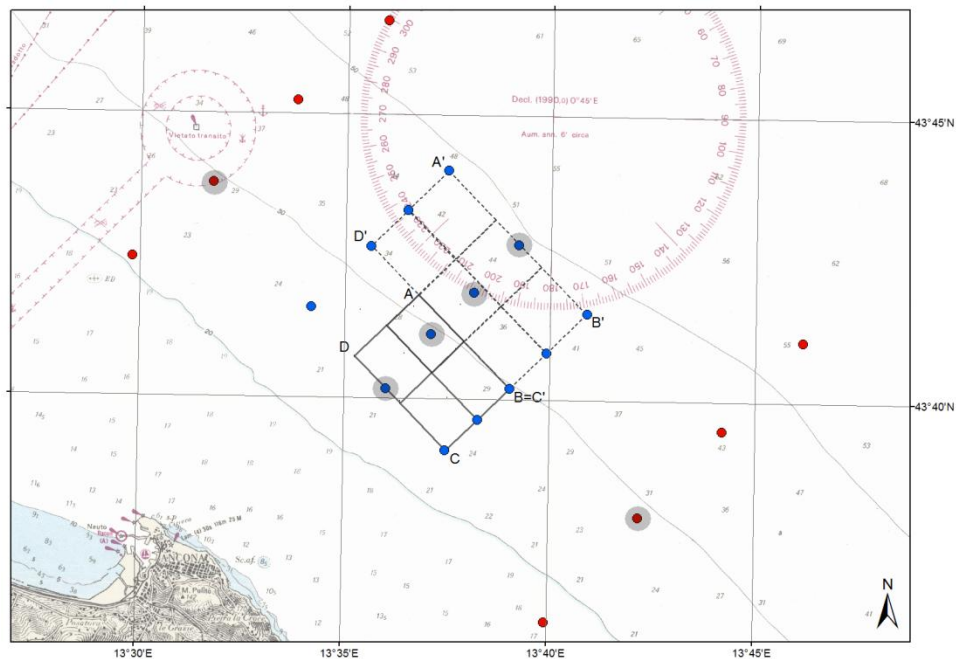


Fig. 2 – Schema di campionamento adottato per la caratterizzazione fisica, chimica e biologica della colonna d'acqua (in blu sono riportate le stazioni di campionamento interne all'area e in rosa le stazioni di controllo). ABCD = attuale area di sversamento. Le stazioni da campionare per le comunità fitoplanctoniche sono cerchiare in grigio.

L'analisi qualitativa e quantitativa sarà effettuata secondo il metodo di Utermöhl (1958) mediante un microscopio invertito a contrasto di fase.

Dopo essere stato randomizzato, ogni campione sarà posto a sedimentare, per un periodo di uno a due giorni, in camere di volume variabile tra 2 cm³ e 50 cm³, in funzione delle diverse abbondanze fitoplanctoniche.

I conteggi saranno effettuati con un ingrandimento 400X su transetti, lungo il diametro della camera di sedimentazione.

Saranno contate almeno 200 cellule per campione. La stima delle abbondanze fitoplanctoniche, espresse in cellule dm⁻³, sarà calcolata applicando formule che tengono conto del numero di cellule contate, del numero dei transetti analizzati, del volume messo a sedimentare e dell'altezza del transetto (Zingone *et al.*, 2010).

L'identificazione dei singoli taxa sarà realizzata mediante l'uso delle chiavi tassonomiche riportate in Tomas (1997), ICRAM (2006) e Bérard-Therriault *et al.* (1999). Per i singoli gruppi tassonomici saranno utilizzate le chiavi riportate in Tab. II.

Tab. II - Elenco delle chiavi tassonomiche utilizzate per la determinazione del fitoplancton.

Gruppo tassonomico	
Diatomee	Paragallo e Paragallo, 1897-1908 Hustedt, 1930-1966 Sornia, 1987 Hendey, 1964
Dinoflagellate	Schiller, 1933-1937 Rampi e Bernhard, 1980 Sournia, 1987
Silicoflagellate	Throndsen, 1993
Coccolitoforidee	Rampi e Bernhard, 1980 Heimdal, 1993
Euglenoficee	Butcher, 1961 Throndsen, 1993
Cloroficee	Pascher, 1915

2.2. INDAGINI CORSO D'OPERA

Le indagini riguarderanno un'area circoscritta comprendente la cella 1 in cui avverrà lo sversamento e riguarderanno le seguenti attività:

- a) caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche della colonna d'acqua;
- b) caratteristiche delle comunità fitoplanctoniche;
- c) caratteristiche geomorfologiche del fondale;
- d) caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti;
- e) caratteristiche ecotossicologiche dei sedimenti;

- f) bioaccumulo e risposte biologiche di stress in organismi sentinella (*H. diversicolor*);
- g) caratteristiche delle comunità bentoniche;
- h) caratteristiche della fauna ittica.

2.2.1. COLONNA D'ACQUA

2.2.1.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche

I rilievi verranno effettuati presso 9 stazioni, di cui 5 posizionate all'interno dell'area e 4 situate a 0,5 mn dal perimetro esterno della cella (fig. 3).

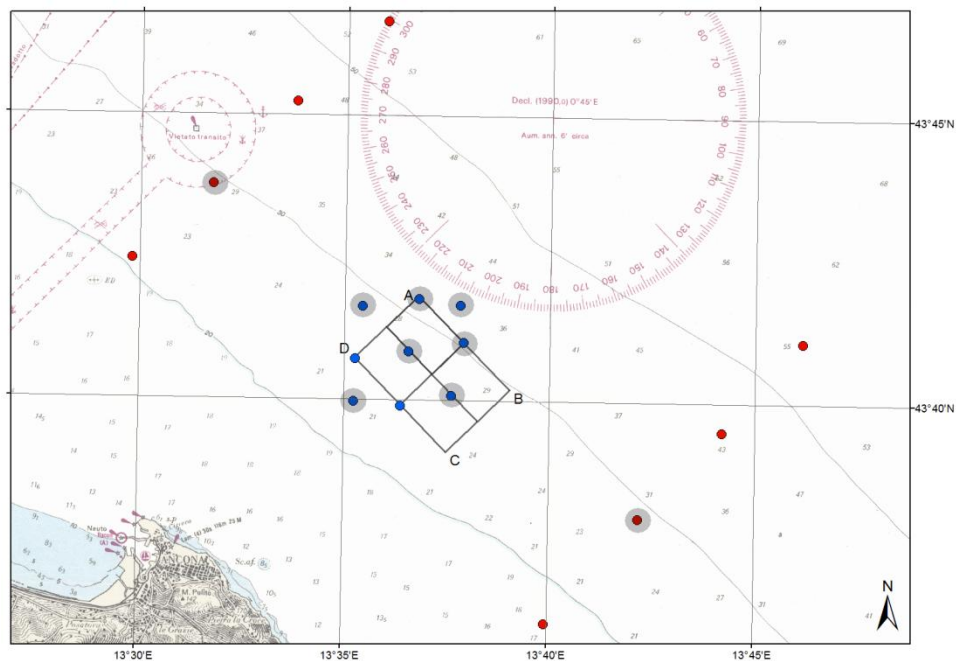


Fig. 3 – Schema di campionamento da utilizzare per le caratteristiche fisiche e biochimiche della colonna d'acqua durante le operazioni di sversamento (in blu sono riportate le stazioni caratterizzazione di campionamento interne all'area e in rosa le stazioni di controllo). ABCD = attuale area di sversamento. Le stazioni cerchiata in grigio verranno utilizzate per lo studio delle comunità fitoplanctoniche.

Inoltre, saranno campionate le 8 stazioni aggiuntive situate lungo i 2 transetti di controllo (4 stazioni per transetto) già monitorati durante la fase di caratterizzazione e posizionati a 3,0 mn di distanza dall'area di sversamento rispettivamente in direzione Nord e Sud. Presso ogni sito verranno misurati in continuo, mediante

profilatore multiparametrico (CTD) gli stessi parametri utilizzati per la caratterizzazione iniziale dell'area:

- temperatura;
- conducibilità (da cui si ricava la salinità);
- ossigeno disciolto;
- fluorescenza (per la misurazione della concentrazione di clorofilla *a*);
- torbidità (TSM);
- densità.

Presso ogni stazione verranno anche prelevati, mediante bottiglie Niskin, campioni di acqua a 3 quote (superficie, intermedia e fondo) sui quali verranno misurati i seguenti parametri biochimici volti a valutare l'attività biologica nell'area:

- azoto inorganico come Ammoniaca, Nitriti e Nitrati tramite metodologia colorimetrica;
- silicio inorganico disciolto come Ortosilicato tramite metodologia colorimetrica;
- fosforo inorganico disciolto come Ortofosfato tramite metodologia colorimetrica.

2.2.1.2 Caratteristiche delle comunità fitoplanctoniche

I campioni saranno prelevati presso 3 stazioni interne alla cella n. 1 e 4 situate a 0,5 mn dal perimetro esterno della cella stessa. Saranno inoltre campionate ulteriori 2 stazioni situate lungo i 2 transetti di controllo posizionati a 3,0 mn di distanza dall'area di sversamento rispettivamente in direzione Nord e Sud. Per le metodiche di campionamento ed elaborazione dati cfr. Cap. 2.1.1.

2.2.2. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DEL FONDALE

2.2.2.1 Rilevazione con Multibeam Echosounder (MBES)

Al fine di identificare gli accumuli di materiale, soprattutto quelli con spessore maggiore di 0,25 m, e il rispetto dei limiti della cella 1, a fine sversamento verrà effettuato un rilievo batimetrico tramite Multibeam Echosounder Kongsberg EM3002 provvisto di doppia testa.

L'intera area della cella verrà coperta con transetti paralleli alla linea di costa e distanziati l'uno dall'altro in modo da assicurare una sovrapposizione minima del 10%.

Sarà prodotta una carta batimetrica con curve di livello ogni 0,25/0,50 m in scala 1:5000.

2.2.2.2 Rilevazione con Side Scan Sonar (SSS)

Il rilievo morfologico tramite sistema acustico SSS verrà condotto a fine sversamento per mappare i materiali scaricati e valutare la dispersione dei sedimenti sul fondo.

Saranno effettuati passaggi ad alta frequenza per avere una maggiore definizione delle immagini del fondale.

I sonogrammi acquisiti verranno processati al fine di elaborare una carta morfologica con ubicazione dei materiali presenti sul fondale in scala 1:5000.

2.2.2.3 Rilevazione con Sub Bottom Profiler (SBP)

Il rilievo geofisico superficiale ad alta definizione SBP verrà condotto a fine sversamento per verificare gli spessori, soprattutto quelli inferiori ai 0,25 m, oltre che lo stato di consistenza dei sedimenti depositati nella cella.

2.2.3. CARATTERISTICHE FISICHE, CHIMICHE ED ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI

I campioni verranno raccolti a fine sversamento all'interno della cella 1 e in due aree di controllo precedentemente individuate durante la fase di caratterizzazione. Tali aree hanno ciascuna dimensioni di circa 1,0 x 1,0 mn e sono poste su batimetriche e tipologia di fondale simili a quelle dell'area oggetto di indagine: l'area di controllo 1 si trova a circa 0,6 mn in direzione della costa e l'area di controllo 2 è situata a 1,0 mn in direzione Sud-Est (fig. 4).

All'interno della cella e di ciascuna area di controllo i prelievi verranno effettuati in 3 stazioni scelte di volta in volta in maniera casuale. Si è deciso di adottare un campionamento di tipo random per tenere conto della variabilità ambientale ed evitare eventuali errori sistematici che possono intervenire in un campionamento a stazioni fisse.

Le coordinate dei vertici relativi alle due aree di controllo sono riportate in Tab. III.

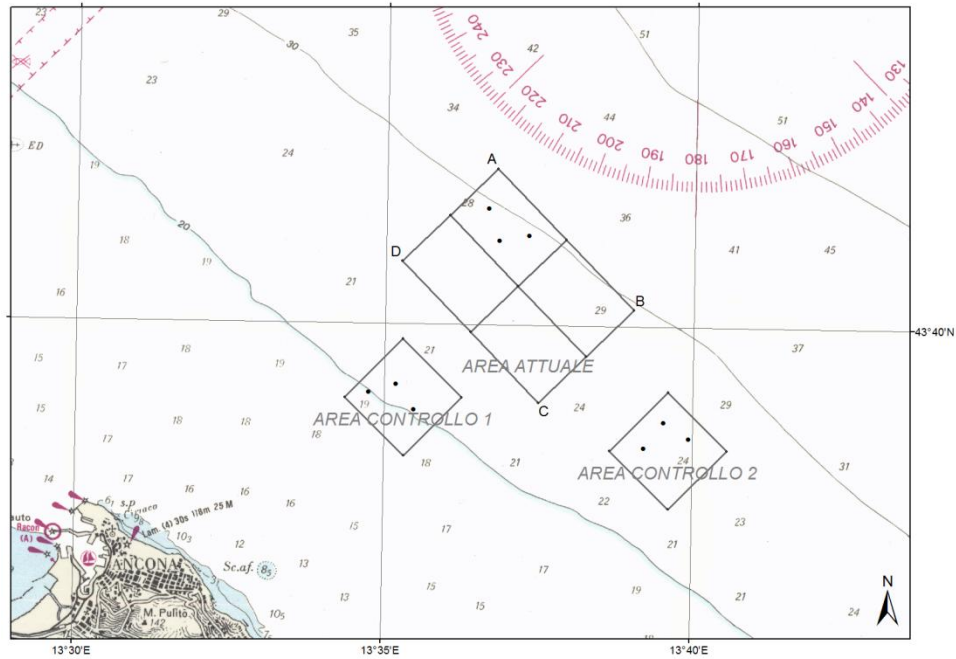


Fig. 4 – Schema di campionamento per le indagini sedimentologiche e delle comunità bentoniche nell’attuale area di sversamento (ABCD). Area Controllo 1 e Area Controllo 2 = zone di controllo. I punti delle stazioni all’interno di goni area (cella 1 e controlli) sono puramente indicativi di un campionamento di tipo random.

Tab. III – Coordinate geografiche dei vertici delle aree di controllo (Area Controllo 1 e Area Controllo 2).

	Coordinate geografiche	
	Latitudine	Longitudine
Area Controllo 1	43°39',78	13°35',13
	43°39',14	13°36',18
	43°38',43	13°35',23
	43°39',10	13°34',24
Area Controllo 2	43°39',22	13°39',59
	43°38',61	13°40',62
	43°37',91	13°39',72
	43°38',52	13°38',65

Nel caso in cui i rilievi geofisici evidenziassero sversamenti vicini ai confini della cella o esterni ad essi verrà valutata la possibilità di effettuare campionamenti in stazioni aggiuntive.

2.2.3.1 Caratteristiche fisiche e chimiche

In ogni stazione verranno prelevate, tramite “box-corer”, porzioni di sedimento ripartite in due aliquote da preparare per l’invio in laboratorio.

In situ verranno rilevati:

- aspetto macroscopico (colore, odore, eventuale presenza di frammenti di conchiglie, concrezioni, ecc.);
- tessitura;
- presenza di strutture sedimentarie di varia natura;
- temperatura;
- pH;
- Eh.

In laboratorio, invece, verranno analizzati i seguenti parametri fisici e chimici:

- mineralogia (principali caratteristiche mineralogiche);
- granulometria (frazioni granulometriche al $1/2\phi$);
- carbonio organico totale (espresso in mg/kg di sostanza secca);
- azoto totale e fosforo totale;
- composti organostannici (sommatoria: Monobutil, Dibutil e Tributil stagno o Stagno organico);
- metalli pesanti (mg/kg di sostanza secca): Alluminio, Arsenico, Bario, Cadmio, Cromo, Ferro, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Vanadio, Zinco;
- Idrocarburi totali (distinti in $C \leq 12$ e $C > 12$);
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) - verranno considerati i 16 IPA indicati dall’Environmental Protection Agency come contaminanti di rilevante importanza tossicologica (ICRAM-APAT, 2007): Acenaftene, Antracene, Crisene, Fenantrene, Fluorantene, Fluorene, Indopirene, Naftalene, Benzo[a]Pirene, Benzo[b]Fluorantene, Benzo[k]Fluorantene, Benzo[ghi]Perilene, Pirene, Benzo[a]Antracene, Dibenz[a,h]Antracene, Indeno[1,2,3-cd]Pirene;
- Pesticidi Organoclorurati (POC): Aldrin, Dieldrin, Endrin, α -esaclorocicloesano, β -esaclorocicloesano, γ - esaclorocicloesano (Lindano), DDD, DDT, DDE (per ogni sostanza verrà fornita la somma degli isomeri 2,4 e 4,4), Eptacloro, Eptacloro epossido, Clordano;
- Policlorebifenili (PCB): PCB 28, PCB 52, PCB 77, PCB 81, PCB 101, PCB 118, PCB 126, PCB 128, PCB 138, PCB 153, PCB 156, PCB 169, PCB 180 e loro sommatoria;

- Clorobenzeni: Esaclorobenzene.

Le analisi riguardanti le principali caratteristiche mineralogiche e la quantificazione delle concentrazioni dei composti organostannici verranno effettuate sui sedimenti di una stazione ubicata all'interno della cella e di 2 all'esterno (1 in ogni area di controllo). Le altre analisi verranno condotte su tutte le stazioni campionate.

Il laboratorio che effettuerà le analisi chimiche e fisiche sui sedimenti è accreditato da organismi riconosciuti ai sensi della UNI 6 CEI EN 17011/05 per le prove precedentemente elencate.

In Tab. IV sono riportate le metodologie analitiche, le tecniche e il limite di quantificazione che verranno adottati per ciascuna delle analisi chimiche sopra elencate.

Tab. IV - Metodologie analitiche, tecniche e limite di quantificazione adottati per ciascuna delle analisi chimiche.

Parametro	Specifiche	Metodologia analitica	Tecnica	Limite quantificazione	Accreditamento
Metalli pesanti	Al	EPA 3050B 1996+EPA 6010C 2007 EPA 3051A 1996+EPA6020A 2007	ICP/ AES	10,00 mg/Kg	Confermato
	As			0,50 mg/Kg	Confermato
	Cd			0,05 mg/Kg	Confermato
	Cr			1,00 mg/Kg	Confermato
	Pb			1,00 mg/Kg	Confermato
	Ni			1,00 mg/Kg	Confermato
	Cu			1,00 mg/Kg	Confermato
	V			2,00 mg/Kg	Confermato
	Ba			1,00 mg/Kg	Confermato
	Fe			5,00 mg/Kg	Confermato
	Zn			1,00 mg/Kg	Confermato
	Hg	EPA 3050B 1996+EPA 7471B 2007	IDRURI	0,05 mg/Kg	Confermato
IPA	Fluorantene, Naftalene, Antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Indopirene, Acenaftene, Fluorene; Fenantrene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Dibenzo(a,h)antracene, Indeno(1,2,3,c-d)pirene	EPA 3545A 1998+EPA 3630C 1996 EPA 3540C 1996+EPA 8270D 2007	GC/MS HPLC	0,001 mg/Kg	Confermato
POC	Aldrin, Dieldrin, α -esaclorocicloesano, β -esaclorocicloesano, γ -esaclorocicloesano (lindano), DDD, DDT, DDE (per ogni sostanza: somma degli isomeri 2,4 e 4,4), Endrin, Eptacloro, Eptacloro epossido, Clordano	EPA 3545A 1998+EPA 3630C 1996+ EPA 8081B 2007 EPA 3540C 1996+EPA 8270D 2007	GC/MS	0,0005 mg/Kg	Confermato

Tab. IV - Continuo.

Parametro	Specifiche	Metodologia analitica	Tecnica	Limite quantificazione	Accreditamento
PCB	Congeneri: PCB 28, PCB52, PCB77, PCB81, PCB101, PCB118, PCB126, PCB128, PCB138, PCB153, PCB156, PCB169, PCB180 e loro somma	EPA 3545A 1998+EPA 3630C 1996 EPA 3540C 1996+EPA 8270D 2007	GC/MS	0,0001 mg/Kg	Confermato
Clorobenzeni	Esaclorobenzene	EPA 5021A 2003+EPA 8021B 1996+ EPA 8082A 2007 EPA 3540C 1996+EPA 8270C 2007	GC/MS	0,0001 mg/Kg	Confermato
Idrocarburi totali	Idrocarburi leggeri C<12	EPA 5035A 2007+ EPA 8015D 2003	GC/FID	0,5 mg/Kg	Confermato
	Idrocarburi pesanti C>12	EPA 3540C 1996 + EPA 8015D 2007	CG/MS	1 mg/Kg	Confermato
	Carbonio Organico totale / Sostanza organica	UNI EN 13137:2002 CNR IRSA Q64 met.5	analizzatore spettrofotometria	0,1% 5 mg/Kg	confermato
	Azoto totale	DM 13/09/1999 MET XIV.2+XIV.3 GU SO N.248 21/10/1999 DM 25/03/2002 GU N 84 10/04/2002 CNR IRSA Q64 met.6	analizzatore spettrofotometria	0,1% 5 mg/Kg	Confermato
	Fosforo totale	CNR IRSA Q64 met.9	spettrofotometria	0,1 % 5 mg/Kg	Confermato

2.2.3.2 Caratteristiche ecotossicologiche

Le analisi verranno effettuate sui sedimenti di 1 stazione ubicata all'interno della cella e di 2 all'esterno (1 in ogni area di controllo).

Verranno utilizzati organismi rappresentativi dei diversi livelli trofici (ICRAM-APAT, 2007), tra cui:

- *Dunaliella tertiolecta* (saggio di inibizione della crescita algale);
- *Vibrio fischeri* (valutazione della variazione della bioluminescenza);
- *Crassostrea gigas* (test di embriotossicità).

2.2.3.3 Valutazione dei livelli di bioaccumulo di inquinanti organici e inorganici in organismi marini

Le analisi saranno effettuate sui sedimenti delle stesse stazioni utilizzate per le caratteristiche ecotossicologiche (cfr. Cap. 2.2.3.2).

Il saggio valuterà le eventuali variazioni delle concentrazioni di alcuni metalli pesanti e composti organici di rilevanza ambientale in esemplari del polichete *Hediste diversicolor*, previamente analizzati e posti per 28 gg nel sedimento da testare.

Una serie di caratteristiche, infatti, rendono i policheti particolarmente idonei alla valutazione dell'impatto di sostanze inquinanti nel sedimento marino. L'importanza di questi organismi nell'analisi degli effetti dei composti tossici è stata riconosciuta da differenti organizzazioni ambientali e ha portato alla stesura di linee guida europee su test di tossicità standard applicati sui policheti (ASTM, 1998; ASTM, 2000a; ASTM, 2000b).

Per le analisi chimiche verranno utilizzati campioni di tessuto provenienti da pool di 5 individui compresi in un range ristretto di taglie posti sui sedimenti di ogni stazione. Per ciascuna classe e/o gruppo di classi verranno misurate le concentrazioni di:

- Materia Organica Estratta (MOE);
- IPA: verranno considerati i 16 IPA indicati dall'Environmental Protection Agency come contaminanti di rilevante importanza tossicologica (ICRAM-APAT, 2007);
- Metalli pesanti: Alluminio, Arsenico, Bario, Cadmio, Cromo, Ferro, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Vanadio, Zinco.

2.2.3.4 Valutazione della mortalità e delle risposte biologiche di stress (biomarkers) in organismi marini

L'utilizzo di indici biologici di stress subletale (biomarker) permetterà di valutare il livello di rischio a cui gli organismi sono sottoposti fornendo informazioni di tipo sia qualitativo che quantitativo e consentendo di seguire nel tempo l'eventuale sviluppo della sindrome di stress.

Le indagini valuteranno sia i tassi di mortalità sia eventuali alterazioni biochimiche e cellulari nei medesimi esemplari di *H. diversicolor* posti a contatto per 28 gg con i sedimenti da testare nel corso del test di bioaccumulo (cfr. Cap. 2.2.3.3).

Per le analisi biologiche verranno utilizzati 10-15 individui/stazione prelevati dalle stesse stazioni utilizzate per le indagini di cui ai Capp. 2.2.3.2 e 2.2.3.3. e compresi in un range ristretto di taglie. Per ciascuna classe e/o gruppo di classi verranno misurati i seguenti indici:

- test di stabilità delle membrane lisosomiali;
- attività dell'enzima catalasi e livelli di malondialdeide;
- frequenze di micronuclei;
- livelli di lipofuscine e lipidi neutri.

In Tab. V sono riportate le metodologie di riferimento che verranno adottate per ciascuna delle analisi sopra descritte.

Tab. V - Metodologie di riferimento adottate per le indagini ecotossicologiche, stima del bioaccumulo e indici di stress su organismi marini.

	Test	Matrice	Metodo di riferimento
Analisi ecotossicologiche	Test di inibizione della crescita algale con <i>Dunaliella tertiolecta</i>	Elutriato di Sedimento	ASTM E 1218-04 e1 – Standard Guide for conducting static toxicity tests with Microalgae
	Test embriotossicità con molluschi bivalvi <i>Crassostrea gigas</i>	Elutriato di Sedimento	ASTM (2004). Standard Guide for Conducting Static Acute Toxicity Tests Starting with Embryos of Four Species of Saltwater Bivalve Molluscs. American Society for Testing and Materials. E 724-98 (2004).
	Determinazione dell'effetto inibitorio di campioni acquosi sull'emissione di luce di <i>Vibrio fischeri</i>	Elutriato di Sedimento	Norma UNI EN ISO 11348-3 (2009): Determinazione dell'effetto inibitorio di campioni acquosi sull'emissione di luce di <i>Vibrio fischeri</i> (prova su batteri luminescenti)
Valutazione bioaccumulo	Test di valutazione della tossicità del sedimento attraverso la mortalità di <i>Hediste diversicolor</i>	Sedimento	ASTM E1688 - 10 Standard Guide for Determination of the Bioaccumulation of Sediment-Associated Contaminants by Benthic Invertebrates
Biomarker	Valutazione della stabilità delle membrane lisosmiali	Cellule cavità celomatica	Catalano et al., 2012. Can <i>Hediste diversicolor</i> (Nereidae, Polychaete) be considered a good candidate in evaluating PAH contamination? A multimarker approach. Chemosphere 86 (2012) 875–882
	Dosaggio della Malondialdeide	Organismo in toto	Banni et al., 2009. Mixture toxicity assessment of cadmium and benzo[a]pyrene in the sea worm <i>Hediste diversicolor</i> . Chemosphere 77 (2009) 902–906
	Valutazione dell'attività dell'enzima di Catalasi	Organismo in toto	Banni et al., 2009. Mixture toxicity assessment of cadmium and benzo[a]pyrene in the sea worm <i>Hediste diversicolor</i> . Chemosphere 77 (2009) 902–906
	Frequenza di micronuclei	Cellule cavità celomatica	Catalano et al., 2012. Can <i>Hediste diversicolor</i> (Nereidae, Polychaete) be considered a good candidate in evaluating PAH contamination? A multimarker approach. Chemosphere 86 (2012) 875–882
	Dosaggio intracellulare di Lipofiscine e Lipidi Neutri	Criosezioni sottili apparato digerente	Gastaldi et al., 2007 Application of a biomarker battery for the evaluation of the sublethal effects of pollutants in the earthworm <i>Eisenia Andrei</i> . Comparative Biochemistry and Physiology, Part C 146 (2007) 398–405

2.2.4. CARATTERISTICHE DELLE COMUNITÀ BENTONICHE

Per lo studio della fauna macrozoobentonica a fine sversamento saranno campionate tutte le stazioni utilizzate per le indagini sedimentologiche (cfr. Cap. 2.2.3).

I prelievi verranno eseguiti con una benna di tipo Van Veen avente una capacità di 13 lt. Analogamente al monitoraggio precedente (ISMAR, 2014) verranno prelevate 4 repliche da ciascun sito. Il materiale raccolto sarà setacciato a bordo dell'imbarcazione con una maglia da 0,5 mm, quindi fissato in formaldeide al 5% per le successive analisi di laboratorio.

Il riconoscimento sistematico degli organismi del macrozoobenthos presenti verrà effettuato, quando possibile, a livello di specie. Per ciascun taxon verrà contato il numero degli individui e rilevato il peso totale.

I dati così ottenuti verranno utilizzati per calcolare i seguenti indici:

- abbondanza totale (N);
- ricchezza specifica totale (S);
- ricchezza specifica media (Sm);
- indice di Dominanza (D; May, 1979);
- Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'; Pielou, 1974).

Sulla base degli organismi rinvenuti verranno individuate le principali biocenosi presenti nell'area.

Inoltre, il livello di qualità ecologica dell'area verrà valutato tramite l'applicazione degli indici AMBI e BENTIX (Borja *et al.* 2000; Simboura e Zenetos, 2002; Muxika *et al.*, 2007; Borja e Mader, 2008), che potranno essere combinati anche utilizzando indici aggiuntivi quale l'indice W di Clarke (Clarke e Warwick, 1994).

Nel caso in cui i rilievi geofisici evidenziassero sversamenti vicini ai confini della cella o esterni ad essi verrà valutata la possibilità di effettuare campionamenti in stazioni aggiuntive.

In Tab. VI è riportata una sintesi delle analisi chimiche, fisiche e biologiche sui sedimenti e di quelle relative alla comunità bentonica che verranno eseguite nelle diverse stazioni di campionamento.

Tab. VI – Sintesi delle analisi chimiche, fisiche ed ecotossicologiche sui sedimenti e analisi della comunità bentonica che verranno eseguite nelle diverse stazioni di campionamento.

Sito	Sigla stazione	Sedimenti	Strumento di prelievo	Comunità bentonica	Strumento di prelievo
Cella 1	1a	Parametri standard in situ, pH, Eh, T. Granulometria. Analisi mineralogiche. Analisi chimiche (carbonio organico, azoto totale, fosforo totale, metalli pesanti, Idrocarburi totali, IPA, POC, PCB, Clorobenzeni, Composti organostannici). Analisi ecotossicologiche, bioaccumulo e biomarker.	Box-corer	x	Benna Van Veen
	1b	Parametri standard in situ, pH, Eh, T. Granulometria. Analisi chimiche (carbonio organico, azoto totale, fosforo totale, metalli pesanti, Idrocarburi totali, IPA, POC, PCB, Clorobenzeni).	Box-corer	x	Benna Van Veen
	1c	Parametri standard in situ, pH, Eh, T. Granulometria. Analisi chimiche (carbonio organico, azoto totale, fosforo totale, metalli pesanti, Idrocarburi totali, IPA, POC, PCB, Clorobenzeni).	Box-corer	x	Benna Van Veen
Controllo 1	K1a	Parametri standard in situ, pH, Eh, T. Granulometria. Analisi mineralogiche. Analisi chimiche (carbonio organico, azoto totale, fosforo totale, metalli pesanti, Idrocarburi totali, IPA, POC, PCB, Clorobenzeni, Composti organostannici). Analisi ecotossicologiche, bioaccumulo e biomarker.	Box-corer	x	Benna Van Veen
	K1b	Parametri standard in situ, pH, Eh, T. Granulometria. Analisi chimiche (carbonio organico, azoto totale, fosforo totale, metalli pesanti, Idrocarburi totali, IPA, POC, PCB, Clorobenzeni).	Box-corer	x	Benna Van Veen
	K1c	Parametri standard in situ, pH, Eh, T. Granulometria. Analisi chimiche (carbonio organico, azoto totale, fosforo totale, metalli pesanti, Idrocarburi totali, IPA, POC, PCB, Clorobenzeni).	Box-corer	x	Benna Van Veen
Controllo 2	K2a	Parametri standard in situ, pH, Eh, T. Granulometria. Analisi mineralogiche. Analisi chimiche (carbonio organico, azoto totale, fosforo totale, metalli pesanti, Idrocarburi totali, IPA, POC, PCB, Clorobenzeni, Composti organostannici). Analisi ecotossicologiche, bioaccumulo e biomarker.	Box-corer	x	Benna Van Veen
	K2b	Parametri standard in situ, pH, Eh, T. Granulometria. Analisi chimiche (carbonio organico, azoto totale, fosforo totale, metalli pesanti, Idrocarburi totali, IPA, POC, PCB, Clorobenzeni).	Box-corer	x	Benna Van Veen
	K2c	Parametri standard in situ, pH, Eh, T. Granulometria. Analisi chimiche (carbonio organico, azoto totale, fosforo totale, metalli pesanti, Idrocarburi totali, IPA, POC, PCB, Clorobenzeni).	Box-corer	x	Benna Van Veen

2.2.5. CARATTERISTICHE DELLA FAUNA ITTICA

I survey verranno effettuati a fine sversamento con rete a strascico sia all'interno della cella sia presso aree di controllo poste sulla medesima batimetrica (fig. 5).

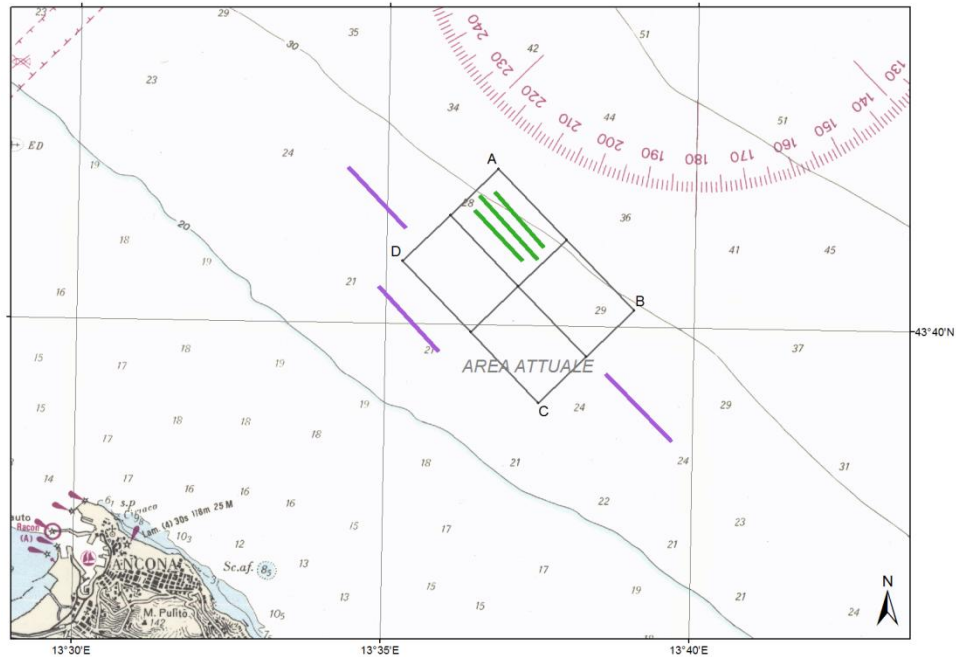


Fig. 5 – Schema di campionamento da utilizzare per lo studio della fauna ittica durante le operazioni di sversamento (in verde sono riportati i campionamenti all'interno della cella 1; in viola quelli nei siti di controllo).

Tutti gli organismi catturati verranno determinati a livello di specie e gli individui di ciascun taxon verranno contati e pesati. Verrà anche studiata la demografia delle specie più abbondanti tramite il rilevamento della lunghezza totale di ciascun individuo.

Per ciascun survey e per ciascun sito (cella di sversamento e siti di controllo) verranno calcolati i seguenti indici:

- densità e biomassa (n. ind./km² e kg/km²);
- ricchezza specifica totale (S);
- ricchezza specifica media (Sm);
- Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'; Pielou, 1974).

2.3. INDAGINI POST OPERAM

Al termine dello sversamento dell'intero quantitativo di materiale previsto la cella 1 sarà sottoposta alle seguenti indagini con le tempistiche sotto indicate:

- a) caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche della colonna d'acqua;
- b) caratteristiche delle comunità fitoplanctoniche;
- c) caratteristiche geomorfologiche del fondale;
- d) caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti;
- e) caratteristiche ecotossicologiche dei sedimenti;
- f) caratteristiche delle comunità bentoniche;
- g) caratteristiche della fauna ittica.

In base ai risultati ottenuti durante le indagini condotte dopo 6 mesi verrà valutata, in accordo con l'Autorità Portuale di Ancona, l'eventuale necessità di prolungare il monitoraggio.

2.3.1. COLONNA D'ACQUA

2.3.1.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche

Per le indagini fisiche, chimiche e biologiche della colonna d'acqua verranno effettuati due monitoraggi consecutivi dopo 24 h e 48 h dal completamento dello sversamento totale al fine di verificare i tempi di ripristino delle condizioni di trasparenza presenti prima delle operazioni di immersione dei sedimenti portuali.

In tali monitoraggi verrà applicato lo stesso schema di campionamento pianificato per la fase di caratterizzazione dell'area e consistente in rilievi presso 12 stazioni poste su un grigliato (0,8 x 1 mn) a copertura di una superficie di circa 12 mn². Inoltre saranno campionate 8 stazioni aggiuntive situate 1,5 mn l'una dall'altra lungo 2 transetti di controllo (4 stazioni per transetto) posizionati a 3 mn di distanza dall'area di sversamento rispettivamente in direzione Nord e Sud (fig. 2).

Presso tutte le stazioni saranno misurati gli stessi parametri fisici e biochimici elencati nel Cap. 2.2.1.1.

2.3.1.2 Caratteristiche delle comunità fitoplanctoniche

Il monitoraggio verrà condotto 48 h dopo il termine delle operazioni di sversamento dei sedimenti, seguendo lo stesso schema di campionamento e le stesse metodiche

descritti nel Cap. 2.1.1.

2.3.2. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DEL FONDALE

Le indagini verranno effettuate dopo 6 mesi dal termine dello sversamento del quantitativo totale.

2.3.2.1 Rilevazione con Multibeam Echosounder (MBES)

Per verificare per verificare l'eventuale dispersione dei sedimenti verrà effettuato un rilievo tramite Multibeam Echosounder Kongsberg EM3002 provvisto di doppia testa.

L'intera area verrà coperta con transetti paralleli alla linea di costa e distanziati l'uno dall'altro in modo da assicurare una sovrapposizione minima del 10%.

Sarà prodotta una carta batimetrica con curve di livello ogni 0,25/0,50 m in scala 1:5000.

2.3.2.2 Rilevazione con Side Scan Sonar (SSS)

Il rilievo morfologico tramite sistema acustico SSS sarà effettuato tramite passaggi ad alta frequenza per avere una maggiore definizione delle immagini del fondale.

I risultati di tale indagine, associati a quelli ottenuti con il MBES, permetteranno di individuare le aree più libere da quelle maggiormente impattate dagli sversamenti e di verificare la capacità di dispersione dei sedimenti da parte delle correnti di fondo.

I sonogrammi acquisiti verranno processati al fine di elaborare una carta morfologica con ubicazione dei materiali presenti sul fondale in scala 1:5000.

2.3.2.3 Rilevazione con Sub Bottom Profiler (SBP)

Il rilievo geofisico superficiale ad alta definizione SBP verrà condotto per verificare l'assottigliamento degli spessori, soprattutto quelli inferiori ai 0,25 m, oltre che per verificare lo stato/perdita di consistenza dei sedimenti depositati.

2.3.3. CARATTERISTICHE FISICHE, CHIMICHE ED ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI

Tali indagini verranno condotte dopo 6 mesi dal termine delle operazioni di sversamento.

2.3.3.1 Caratteristiche fisiche e chimiche

Per le analisi sedimentologiche verranno campionate 3 stazioni all'interno della cella utilizzata per operazioni di sversamento e 3 stazioni per ciascuna delle 2 aree di controllo già indagate durante le fasi precedenti (cfr. Cap. 2.2.3; fig. 4).

Le tecniche di prelievo dei campioni e le successive analisi di laboratorio saranno identiche a quelle utilizzate nelle fasi di indagini precedenti.

2.3.3.2. Caratteristiche ecotossicologiche

Le analisi ecotossicologiche verranno effettuate sui sedimenti di 3 stazioni di campionamento di cui una ubicata nella cella utilizzata per le operazioni di sversamento dei sedimenti e 2 all'esterno (1 in ogni area di controllo).

Sono previste le stesse tipologie di analisi e le stesse metodiche descritte nel Cap. 2.2.3.2.

2.3.3.3 Valutazione dei livelli di bioaccumulo di inquinanti organici e inorganici in organismi marini

Sono previste le stesse tipologie di analisi e le stesse metodiche descritte nel Cap. 2.2.3.3.

2.3.3.4 Valutazione della mortalità e delle risposte biologiche di stress (biomarkers) in organismi marini

Sono previste le stesse tipologie di analisi e le stesse metodiche descritte nel Cap. 2.2.3.4).

2.3.4. CARATTERISTICHE DELLE COMUNITÀ BENTONICHE

Tali indagini verranno condotte dopo 6 mesi dal termine delle operazioni di

sversamento.

I prelievi della fauna macrozoobentonica verranno eseguiti su tutte le stazioni utilizzate per le indagini chimiche, fisiche ed ecotossicologiche dei sedimenti (cfr. Cap. 2.3.3.1).

Le tecniche di prelievo dei campioni e le analisi di laboratorio saranno identiche a quelle utilizzate precedentemente; pertanto, per la loro descrizione si rimanda al Cap. 2.2.4.

2.3.5. CARATTERISTICHE DELLA FAUNA ITTICA

Tali indagini verranno condotte dopo 6 mesi dal termine delle operazioni di sversamento.

Anche in questo caso, il campionamento e le analisi di laboratorio verranno condotti con le stesse metodiche utilizzate durante la fase di caratterizzazione delle due aree (cfr. Cap. 2.2.5).

3. AREA DI ESCAVO

3.1. INDAGINI ANTE-OPERAM

3.1.1. VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DEL DRAGAGGIO SUI SEDIMENTI MARINI

I sedimenti marini che ricevono il particellato organico ed inorganico, autoctono ed alloctono, naturale e di origine antropica sono sede di intensi processi biogeochimici e di attività biologica nei primi centimetri che ne modificano le proprietà fisiche e chimiche e la struttura biocenotica. Tali processi, biotici ed abiotici, detti di diagenesi precoce, possono originare dei flussi di sostanze disciolte da e verso il sedimento detti flussi bentici, questi ultimi possono essere, sia in qualità che in intensità, naturali o condizionati da stress antropici.

I fondali marini sono quindi oggetto di flussi bentici di sostanze disciolte di origine naturale o antropica che influenzano il chimismo e l'ecologia della colonna d'acqua sovrastante, in particolare alle basse profondità. Nel caso di interventi antropici che hanno come oggetto la modifica del fondale marino, sia mediante la rimozione del sedimento superficiale sia mediante lo sversamento in mare di sedimenti, è di primaria importanza, al fine di una corretta valutazione dell'intervento di modifica

dell'ambiente marino, misurare le variazioni dei flussi bentici indotte dall'azione umana al fine anche di valutare la loro influenza sulla struttura biocenotica del sedimento e sul chimismo e di conseguenza sull'ecologia, della colonna d'acqua. In particolare, il dragaggio di fondali marini causa l'affioramento di sedimenti caratterizzati da proprietà chimico-fisiche molto diverse rispetto a quelle dei sedimenti superficiali ante-operam, ciò può portare al rilascio di sostanze naturali ma potenzialmente pericolose per l'ambiente come i metalli, il metano, l'anidride carbonica e l'acido solfidrico, oppure al veloce assorbimento di ossigeno che può provocare eventi di anossia.

Per i motivi esposti sopra si ritiene opportuno effettuare un'indagine di misura di flussi bentici per valutare i valori di fondo dei flussi, naturali o già modificati da precedenti interventi antropici, sia in condizioni di ante-operam che di post operam, nell'area marina oggetto di dragaggio del fondale. In questo modo si potranno quantificare le variazioni dei flussi di sostanze disciolte naturali come i nutrienti o di sostanze di origine antropica come i metalli pesanti, al fine di valutare la loro influenza sul chimismo della colonna d'acqua e sulle biocenosi delle aree marine interessate.

L'importanza di un'indagine riguardante le alterazioni dei flussi bentici in aree portuali è testimoniata da una notevole bibliografia internazionale (Klinkhammer e Bender, 1981; Chen *et al.*, 1997; Fichet *et al.*, 1999; Apitz *et al.*, 2008; Hammerschmidt e Fitzgerald, 2008; Benoit *et al.*, 2009) e, a livello italiano, anche dal fatto che nell'area portuale di Trieste è in corso di realizzazione la prima campagna di misura di flussi bentici rivolta a valutare gli effetti di movimentazione di sedimenti marini.

L'indagine consisterà nella misura dei flussi bentici disciolti mediante il posizionamento sul fondale, per circa 12 ore, di una camera bentica automatica (fig. 7). I flussi saranno misurati in 1 stazione posta all'interno dell'area interessata dal dragaggio. Nella fase ante-operam, circa una settimana prima dell'inizio delle operazioni di escavo, sarà effettuata una campagna al fine di stabilire i valori di background dei flussi bentici.

Viste le caratteristiche dell'area oggetto di misura e le finalità delle misure che sono quelle di valutare alterazioni nei flussi di sostanze disciolte potenzialmente nocive per l'ambiente, si propone di effettuare le misure di flussi di alcuni metalli (Al, As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, Cu, V, Zn), di sostanze nutrienti (azoto e fosforo) e di gas il cui

rilascio o assorbimento anomalo da parte dei fondali potrebbe alterare fortemente l'ecosistema marino (ossigeno, anidride carbonica e metano).

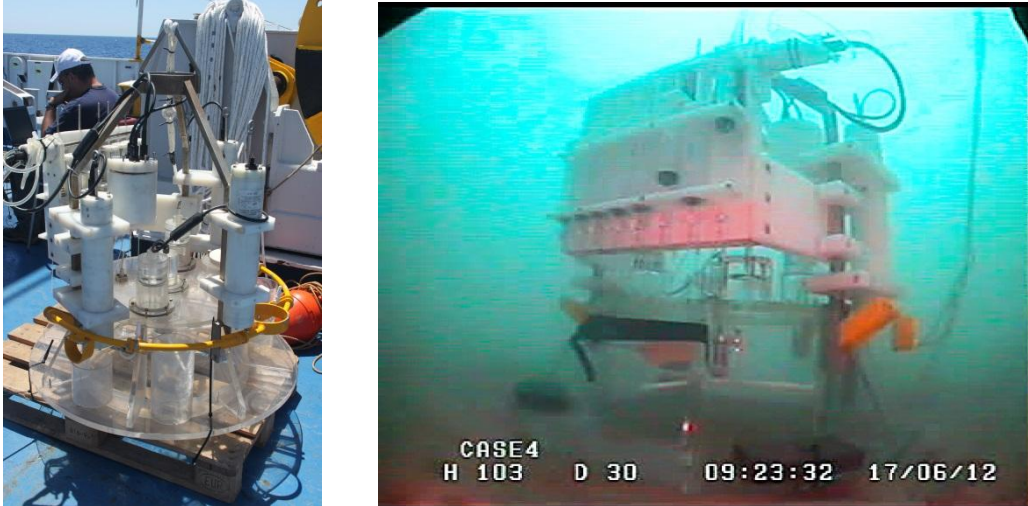


Fig. 7 - A) Camera benthica per la misura dei flussi di sostanze disciolte all'interfaccia acqua-sedimento. B) Camera benthica posizionata sul fondale durante le operazioni di misura.

3.1.2. VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DEL DRAGAGGIO IN ORGANISMI SENTINELLA

Al fine di verificare gli effetti delle operazioni di dragaggio previste nel porto di Ancona e in ottemperanza al Decreto Regionale N.82/VAA del 08_08_2014 del DPFVAA si propone un piano di monitoraggio chimico-biologico utilizzando organismi marini sessili e filtratori, quali il mitilo *Mytilus galloprovincialis*. Tale monitoraggio comprenderà l'applicazione di biomarcatori ambientali (biomarkers). La batteria di indici proposta è riportata in Tab. VII.

Le risposte biologiche sopra descritte verranno integrate con i risultati di analisi volte a quantificare i livelli dei principali inquinanti quali:

- Idrocarburi policiclici aromatici: (Fluorantene, Naftalene, Antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Indopirene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Dibenzo(a,h)antracene, Indeno(1,2,3,c-d)pirene);
- Metalli pesanti: (Al, As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, Cu, V, Zn);
- Idrocarburi totali: segmento da C5 a C40;
- Composti organo stannici: Mono, Di e Tributil-stagno.

Tab. VII – Lista di biomarkers proposti su *M. galloprovincialis* per la valutazione degli effetti biologici associati alle attività di dragaggio nel Porto di Ancona.

Indice	Rilevanza ecologica	Livello biologico	Target biologico	Significato tossicologico
Mortalità	Endpoint di alto livello	Individuo	Intero organismo	Indice di effetto generico
Stabilità delle Membrane lisosomiali	Endpoint subletale di basso livello	Sub cellulare - istochimico	Ghiandola digestiva	Indice di effetto generico
Accumulo lisosomiale di Lipofuscine	Endpoint subletale di basso livello	Sub cellulare - istochimico	Ghiandola digestiva	Indice di esposizione a specie ossigeno reattive (stress ossidativo)
Accumulo lisosomiale di Lipidi Neutri	Endpoint subletale di basso livello	Sub cellulare - istochimico	Ghiandola digestiva	Indice di esposizione a sostanze organiche
Rapporto volume lisosomi/citoplasma	Endpoint subletale di basso livello	Sub cellulare	Ghiandola digestiva	Indice di effetto generico
Attività delle enzima di catalasi	Endpoint subletale di basso livello	Sub cellulare - Biochimico	Ghiandola digestiva	Indice di esposizione a specie ossigeno reattive (stress ossidativo)
Livelli di proteine metallo-chelanti (metallotioneine)	Endpoint subletale di basso livello	Sub cellulare - Biochimico	Ghiandola digestiva	Indice di esposizione a metalli
Frequenza di micronuclei	Endpoint subletale	Individuo	Cellule dell'emolinfa	Indice di stress genotossico
Espressione genica dei geni codificanti induzione alla sintesi di metallotioneine	Endpoint subletale	Sub cellulare - genomico	Ghiandola digestiva	Indice di esposizione a metalli
Valutazione dei livelli di composti aromatici per via immunofluorescente	Endpoint subletale	Sub cellulare - Istochimico	Ghiandola digestiva	Indice di esposizione a composti aromatici

Nella fase ante-operam, condotta 1-2 mesi prima dell'inizio delle operazioni di escavo, gli organismi verranno prelevati da un sito pulito o soggetto a scarso impatto ambientale (controllo) e trapiantati tramite gabbie in acciaio inox presso l'area portuale. In ogni gabbia, posizionata a una profondità di -2 m slm per un periodo di 15-30 gg., verranno collocati 50 individui per le analisi biologiche e 50 organismi per le analisi chimiche. Trascorso tale periodo tutti gli individui verranno prelevati dalle gabbie. In laboratorio i diversi tessuti verranno prelevati e processati sulla base delle specifiche tecniche previste per ogni singola analisi.

Le gabbie verranno posizionate in n. 3 siti: un sito di controllo (Baia di Portonovo), un sito nell'area oggetto del dragaggio, e dunque interessata dall'eventuale plume generato dalle attività di escavo, e un terzo posto all'interno del porto in un'area non interessata dalle attività di dragaggio. Quest'ultimo servirà a discriminare eventuali impatti sugli organismi determinati da altre attività portuali indipendenti dalle operazioni di escavo.

I dati ottenuti dall'applicazione della batteria di biomarker sui mitili trapiantati verranno integrati tramite uno specifico algoritmo di calcolo, il "Sistema Esperto" (Dagnino et al., 2007) che, esaminando l'intensità, il profilo e la tipologia delle diverse risposte biologiche osservate, restituirà un indice di stress sintetico organizzato in 5 livelli: A (assenza di stress) → E (stress patologico). Tale indice, semplificando la comprensione della sindrome di stress rappresentata da indici dal diverso significato biologico e da andamenti diversi, renderà più semplice il confronto sia con i risultati delle analisi chimiche eseguite nei tessuti dei bivalvi, sia con i risultati delle differenti linee d'indagine sviluppate dal presente piano di monitoraggio.

3.2. INDAGINI CORSO D'OPERA

3.2.1. VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DEL DRAGAGGIO SUI SEDIMENTI MARINI

Le misure dei flussi bentici verranno effettuate subito dopo la fine delle operazioni di escavo per evitare di intralciare i lavori. Saranno adottate le stesse metodiche di campionamento e analisi dei dati descritte nel Cap. 3.1.1.

3.2.2. VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DEL DRAGAGGIO IN ORGANISMI SENTINELLA

La valutazione degli effetti delle operazioni di dragaggio in *M. galloprovincialis* sarà effettuata durante le operazioni di escavo e verranno adottate le stesse metodiche descritte nel Cap. 3.1.2.

3.3. INDAGINI POST OPERAM

3.3.1. VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DEL DRAGAGGIO SUI SEDIMENTI MARINI

La campagna di misura verrà condotta entro 6 mesi dalla fine delle operazioni di dragaggio. Per le metodiche di campionamento e analisi dei dati vedere Cap. 3.1.1.

3.3.2. VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DEL DRAGAGGIO IN ORGANISMI SENTINELLA

Per la valutazione degli effetti delle operazioni di dragaggio in *M. galloprovincialis* il monitoraggio verrà condotto 1 mese dopo la fine delle operazioni di dragaggio e verranno adottate le stesse metodiche descritte nel Cap. 3.1.2.

4. LETTERATURA CITATA

Apitz S.E., Bell E., Breuer E., Damgaard L., Gilbert F., Glud R., Hall P., Kershaw P., Lansard B., Nickell L., Parker R., Rabouille C., Shimmield G., Solan M., Soltwedel T., Spagnoli F., Stahl H., Tengberg A., Walpersdorf E., Witte U. 2008. Integrating new technologies for the study of benthic ecosystem response to human activity: towards a Coastal Ocean Benthic Observatory (COBO). *Atti Ass. It. Ocean. Limnol.*, 19: 73-78.

ASTM. 1998. *Standard guide for determination of the bioaccumulation of sediment associated contaminants by benthic invertebrates*. Standard ASTM E1688-97a. American Society for testing and materials, Philadelphia, PA.

ASTM. 2000a. *Conducting Acute, Chronic, and Life-Cycle Aquatic Toxicity Tests with Polychaetous Annelids E 1562-00 (Reapproved 2006)*. American Society for testing and materials, Philadelphia, PA.

ASTM. 2000b. *Standard Guide for Conducting Sediment Toxicity Tests with Polychaetous Annelids Designation: E 1611-00*. American Society for testing and materials, Philadelphia, PA.

Benoit J.M. et al. 2009. Effect of Bioirrigation on Sediment– Water Exchange of Methylmercury in Boston Harbor, Massachusetts. *Environ. Sci. Tech.*, 43 (10): 3669-3674.

Bérard-Therriault L., Poulin M., Bossé L. 1999. *Guide d'identification du phytoplancton marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent*. NRC Research Press 387 pp.

Borja A., Franco J., Pérez V. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environment. *Mar. Poll. Bull.*, 40 (12): 1100-1114.

Borja A., Mader J. 2008. *Instructions for the use of the AMBI index software (version 4.1)*. AZTI-Tecnalia. 13 pp.

Butcher R.W. 1961. *An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part VIII: Euglenophyceae = Eugleninae*. Fishery Invest. Lond. Ser. IV (8). 17 pp.

Chen R.F., Chadwick D.B., Lieberman S.H. 1997. The application of time-resolved spectrofluorometry to measuring benthic fluxes of organic compounds. *Org. Geochem.*, 26 (1): 67-77.

Clarke K.R., Warwick R.M. 1994. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Natural Environment Research Council, 140 (2). 144 pp.

Dagnino A., Allen J.I., Moore M.N., Broeg K., Canesi L., Viarengo A. 2007. Development of an expert system for the integration of biomarker responses in mussels into an organism animal health index. *Biomarkers* 12 (2), 155-172.

Fichet D., et al. 1999. Concentration and mobilisation of Cd, Cu, Pb and Zn by meiofauna populations living in harbour sediment: their role in the heavy metal flux from sediment to food web. *Sci. Total Environ.*, 243: 263-272.

Hammerschmidt, Chad R. & Fitzgerald F.W. 2008. Sediment–water exchange of methylmercury determined from shipboard benthic flux chambers. *Mar. Chem.*, 109 (1): 86-97.

Heimdal B.R. 1993. Modern Coccolithophorids. Pagg. 147-248, in: *Marine phytoplankton a guide to naked flagellates and coccolithophorids*. Tanos (Ed.), Academic Press.

Hendey N.I. 1964. *An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V: Bacillariophyceae, Diatoms*. Fishery Invest. Lond. Ser. IV 5, 317 pp.

Hustedt F. 1930-1966. Die Kieselalgen von Deutschland, Österreichs und der Schweiz mit Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzender Meeresgebiete. In : *Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreichs und der Schweiz*. Akad;

- Verlag. m. b. H. Leipzig. 7 : Tl. 1. 920 pp. Tl. 2: 845 pp. Tl. 3: 816 pp.
- ICRAM 2006 *Guida al riconoscimento del plancton dei mari italiani*. 505 pp.
- ICRAM-APAT. 2007. *Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini*. 72 pp.
- ISMAR. 2013. *Analisi ambientali e monitoraggi volti alla individuazione, caratterizzazione e gestione delle aree di sversamento in mare dei sedimenti provenienti dai lavori di escavo del Porto di Ancona*. Piano di monitoraggio per l'Autorità Portuale di Ancona. 49 pp + Allegati.
- ISMAR. 2014. *Caratterizzazione aree di sversamento in mare dei sedimenti provenienti dai lavori di escavo del Porto di Ancona - Area attuale. Rapporto per l'Autorità Portuale di Ancona*. 143 pp + Allegati + Tavole.
- Klinkhammer G.P., Bender M.L. 1981. Trace metal distributions in the Hudson River Estuary. *Estuar., Coast. Shelf Sci.*, 12 (6): 629-643.
- May R.M. 1979. Patterns of Species Abundance and Diversity. In Cody M.L. and Diamond J.M. (Eds). *Ecology and Evolution of Communities*, 4: 81-120.
- Muxika I., Borja A., Bald J. 2007. Using historical data, expert judgment and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Framework Directive. *Mar. Poll. Bull.*, 55: 13-29.
- Pascher A. 1915. *Die Susswasser-flora Deutschlands, Osterrerrichs und der Scwewiz*. Jena Verlag von Gustav Fisher. 250 pp.
- Peragallo H, Peragallo M. 1897-1908. *Diatomees Marine de France et des Districts Maritimes Voisins*. Micrographe Editeur Grez sur Loing (S. et M.). 419 pp.
- Pielou E.C. 1974. *Population and Community Ecology: Principles and Methods*. Gordon and Breach Sci. Pubbl., New York. 424 pp.
- Rampi L., Bernhardt M. 1980. *Chiave per la determinazione tassonomica delle Coccolitoforidee Pelagiche Mediterranee*. C.N.E.N., Roma (RT/B10(81)13). 98 pp.
- Schiller J. 1931-37. Dinoflagellatae (Peridineae) Monografischer Behandlung. In: Rabenhorst Kriptogamen-Flora von Deutschland, Österreichs und der Schweiz. Verlag. m. b. H. Leipzig. 10 (3) -1, 1-617, (1931-1933), (10) 3-2, 1-590, (1933-1937).
- Simboura N., Zenetos A. 2002. Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystem, including a new biotic index. *Mediterr. Mar. Sci.*, 3: 77-111.
- Sournia A. 1993. *Atlas du phytoplancton marin*. Editions du Centre National de la recherche Scientifique. Vol. 1. 219 pp. Vol 2. 297 pp.
- Thronsdon J. 1993. The planktonic marine flagellates. Pagg. 7-131, in: *Marine phytoplankton a guide to naked flagellates and coccolithophorids*. Tanos (Ed), Academic Press.
- Tomas C.R. (Ed.). 1997. *Identifying Marine Phytoplankton*. Academic Press, Arcourt Brace & Company. 858 pp.
- Utermöhl H. 1958. Zur Vervollkomnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Verein. Limnol.*, 9: 1-38.
- Zingone A., Totti C., Sarno D., Cabrini M., Caroppo C., Giacobbe M.G., Luglié A., Nuccio C., Socal G., 2010. Fitoplancton: metodiche di analisi quali-quantitativa. In: Socal et al. (Eds.), *Metodologie di studio del plancton marino. Manuali e Linee Guida*, 56/2010.

Il Coordinatore
Ofio Fehr