

**LAVORI DI DRAGAGGIO DEI FONDALI DEL PORTO COMMERCIALE DI SALERNO E
DEL CANALE D'INGRESSO. IMMERSIONE A MARE DEI SEDIMENTI.
MONITORAGGIO AMBIENTALE
POST OPERAM
12 mesi dalla fine dei lavori di escavo
Risultati Sedimenti**

GRUPPO DI LAVORO

Stazione Zoologica "Anton Dohrn"

Relazione effettuata con il contributo di:

Maria Abagnale, Martina Austoni, Daniele Bellardini, Angela Buondonno, Valerio Caruso, Fabio Conversano, Iole Di Capua, Marco Cannavacciuolo, Sarah Ciancimino, Daniela Cianelli, Francesco Di Nuzzo, Paolo Fasciglione, Miriam Ferretti, Sara Fioretti, Giulio Franzitta, Marta Furia, Roberto Gallia, Rosanna Guglielmo, Francesca Margiotta, Andrea Montalbano, Augusto Passarelli, Isabella Percopo, Vincenzo Rando, Eugenio Rastelli, Francesco Riccio, Maria Saggiomo, Maria Beatrice Scipione, Diana Sarno, Francesco Terlizzi, Ferdinando Tramontano

In collaborazione con

Università degli Studi di Napoli Parthenope
Vincenzo Pasquale

Università Politecnica delle Marche
Daniele Fattorini, Giuseppe d'Errico, Marta Di Carlo, Francesco Regoli, Silvia Bianchelli

2022

Sommario

1. Caratterizzazione Chimica e Fisica	3
1.1. Contenuto d'acqua, sostanza organica totale, peso specifico, azoto totale, fosforo totale e granulometria	3
1.2. Analisi chimiche di metalli in traccia, idrocarburi policiclici aromatici, idrocarburi alifatici e contaminanti organici persistenti.....	6
1.3. Classificazione del pericolo chimico dei sedimenti	15
2. Risposte ecotossicologiche	17
2.1. Risultati dei saggi ecotossicologici.....	17
2.2. Classificazione del pericolo ecotossicologico dei sedimenti	21
3. Classificazione della qualità dei sedimenti	23
4. Caratterizzazione microbiologica.....	30
4.1 Introduzione	30
4.2 Caratterizzazione microbiologica sedimenti	30
4.3 Materiali e metodi	31
4.4 Risultati e Discussione	34
4.5 Conclusioni	39
5. Caratterizzazione biologica.....	42
5.1 Caratterizzazione delle comunità macro-zoobentoniche	42
5.1.1 Analisi trofica	42
5.1.2 Analisi Strutturale	49
5.1.2.1 Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio.....	49
5.1.3 Conclusioni	78
5.2 Caratterizzazione della meiofauna	81
5.2.1 Abbondanza della meiofauna.....	82
5.2.2 Ricchezza di taxa.....	83
5.2.3 Struttura di comunità	84
5.2.4 Conclusioni	87
Bibliografia	87

1. Caratterizzazione Chimica e Fisica

1.1. Contenuto d'acqua, sostanza organica totale, peso specifico, azoto totale, fosforo totale e granulometria

I risultati relativi al contenuto d'acqua, sostanza organica totale, peso specifico, azoto totale e fosforo totale nei sedimenti per il monitoraggio di febbraio 2022 (12 mesi dalla fine delle attività) sono riportati in Tabella 1.1.1. Il valore medio della percentuale del contenuto d'acqua dei sedimenti risulta pari a circa 29%. Per quanto riguarda il contenuto di sostanza organica totale, la percentuale di contenuto organico presenta un range da 1.3% (A17) a 9.0% (A76) con un valore medio pari al 3.7%.

Il peso specifico dei campioni esaminati, varia da un minimo di 1.5% (A22) ad un massimo di 2.6% (A50).

In generale, si evidenzia una minima variabilità dei parametri fisici tra i campioni delle tre aree con valori che risultano generalmente molto simili rispetto a quelli delle campagne precedenti.

Il contenuto di azoto totale nei campioni di sedimento oscilla tra circa 0.4 e 1.3 mg/g (ps) nei sedimenti dell'area di immersione, tra 0.5 e 1.0 mg/g (ps) in quelli delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio e tra 0.6 e 1.1 mg/g (ps) nei sedimenti provenienti dall'area potenzialmente impattata dalle operazioni di immersione (Tab. 1.1.1).

Per quanto concerne i livelli di fosforo totale, i sedimenti presentano valori medi pari a circa 0.1 mg/g (ps) con valori minimi di 0.07 mg/g (ps) (A57) e massimi pari a 0.19 mg/g (ps) (A20 e A62).

Tabella 1.1.1. Contenuto d'acqua, contenuto di sostanza organica totale espressi in percentuale, peso specifico (g/cm³), azoto totale e fosforo totale (mg/g). Campagna febbraio 2022.

Area	Codice campione	Contenuto d'acqua %	Sostanza organica %	Peso specifico g/cm ³	N tot mg/g	P tot mg/g
Area di immersione	A20	31.07	2.80	1.86	1.02	0.192
	A21	37.14	7.50	1.67	1.14	0.114
	A22	41.18	5.36	1.45	0.63	0.106
	A23	36.86	4.57	1.78	1.34	0.082
	A24	43.22	7.67	1.48	0.16	0.174
	A74	35.50	5.61	1.66	0.38	0.057
	A75	36.39	5.11	1.67	0.73	0.079
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio	A76	40.79	8.90	1.60	1.11	0.087
	A08	14.71	1.34	2.41	0.91	0.057
	A11	28.42	3.99	2.09	0.54	0.148
	A14	24.15	1.53	2.10	0.95	0.183
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione	A17	21.74	1.25	2.41	0.19	0.065
	A72	27.97	2.34	1.97	0.90	0.057
	A47	14.43	2.35	2.41	0.79	0.115
	A50	9.23	1.23	2.64	1.09	0.107
	A53	23.50	1.52	2.09	0.63	0.089
	A59	26.99	2.15	1.98	0.73	0.071
	A62	26.08	2.12	1.96	0.97	0.193

Nella Tabella 1.1.1.2 vengono riportate le caratteristiche granulometriche dei sedimenti secondo quanto indicato dal DM 173/2016. La pelite è la frazione granulometrica prevalente con una media superiore al 95% in tutti i campioni di sedimento prelevati nell'area di immersione, con l'eccezione del campione A21 (73%) (Tab. 1.1.2, Fig. 1.1.1).

Nei campioni delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio la sabbia è generalmente la frazione dominante (generalmente compresa tra >55 e 90%) con alcune eccezioni in cui prevale la pelite (A11, A47 e A50).

La sabbia predomina nei campioni potenzialmente impattati dalle operazioni di immersione con l'eccezione dei campioni A47 e A50 in cui prevale la ghiaia (Tab. 1.1.2, Fig. 1.1.1).

Tabella 1.1.2. Risultati delle analisi granulometriche. Campagna febbraio 2022. In neretto è evidenziata la frazione granulometrica prevalente.

AREA POTENZIALMENTE IMPATTATA DALLE OPERAZIONI DI DRAGAGGIO									
	Unità di misura	A08	A11	A14	A17	A72			
Ghiaia	%	32.0	13.9	0.1	6.5	0.3			
Sabbia	%	67.6	18.5	89.6	71.6	57.3			
Pelite	%	0.4	67.6	10.3	21.9	42.4			
AREA DI IMMERSIONE									
	Unità di misura	A20	A21	A22	A23	A24	A74	A75	A76
Ghiaia	%	0.7	4.2	0	0.1	0	4.5	0	0
Sabbia	%	1.9	22.9	0.2	1.1	0.1	0.3	0.3	0.5
Pelite	%	97.4	72.9	99.8	98.8	99.9	95.2	99.7	99.5
AREA POTENZIALMENTE IMPATTATA DALLE OPERAZIONI DI IMMERSIONE									
	Unità di misura	A47	A50	A53	A59	A62			
Ghiaia	%	61.1	70.9	2.9	0.1	1.2			
Sabbia	%	10.1	17.6	60.1	87.7	56.7			
Pelite	%	28.8	11.5	37.0	12.2	42.1			

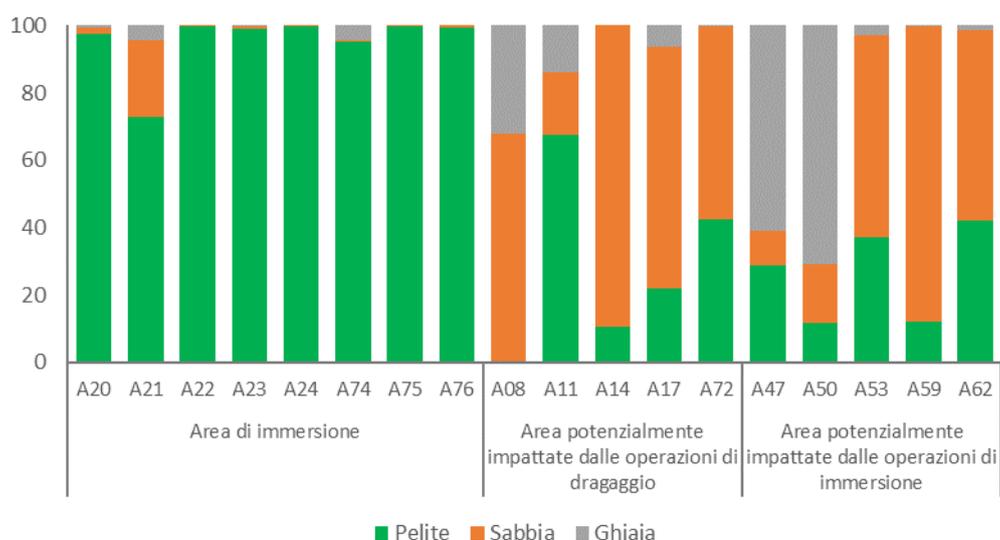


Figura 1.1.1. Risultati delle analisi granulometriche. Campagna febbraio 2022.

1.2. Analisi chimiche di metalli in traccia, idrocarburi policiclici aromatici, idrocarburi alifatici e contaminanti organici persistenti

I risultati delle analisi chimiche dei sedimenti campionati a febbraio 2022 sono riportati nella Tabella 1.1.2.3 che mostra le concentrazioni di metalli (Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Sn, V e Zn), stagno organico totale (OSn), tributilstagno (TBT), idrocarburi alifatici totali (C10-C40), idrocarburi policiclici aromatici (IPA) (1-metilnaftalene, 2-metilnaftalene, 7,12-dimetilbenzo(a)antracene, acenaftene, acenaftilene, antracene, benzo(a)antracene, benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene, benzo(ghi)perilene, benzo(k)fluorantene, crisene, dibenzo(ah)antracene, fenantrene, fluorantene, fluorene, indeno(123cd)pirene, naftalene, pirene), pesticidi clorurati, policlorobifenili, pesticidi organofosfati e ritardanti di fiamma organobrominati. La Tabella 1.2.1 evidenzia inoltre i superamenti dei livelli L1 ed L2 del DM 173/2016 mentre la Figura 1.2.1 mostra graficamente i livelli dei contaminanti nei sedimenti.

Le concentrazioni dei metalli, nonostante una certa variabilità tra i dati ottenuti per le differenti stazioni, sono risultate generalmente basse, inferiori addirittura a L1 e sempre all'interno del normale range di fluttuazione tipica per i sedimenti marini costieri dell'area Mediterranea. Sono presenti solo occasionalmente dei lievi superamenti del livello L1 (DM 173/2016) per arsenico, nichel, piombo e zinco ma con valori sempre molto al di sotto del limite L2, considerato come valore di attenzione. Sebbene tali risultati non destino pertanto alcuna preoccupazione, si sottolinea che i campioni A24 e A74 (entrambi nell'area di immersione) mostrano la maggior parte degli sforamenti di L1 sopra descritti.

I livelli dei composti organostannici sono risultati molto bassi e, benché misurabili, sempre inferiori anche ai limiti normativi di L1.

Anche gli idrocarburi alifatici totali (C10-C40) hanno mostrato valori molto bassi, sempre inferiori a 20 µg/g (p.s.), e quindi molto distanti dai limiti normativi.

In linea con i risultati precedenti, gli idrocarburi policiclici aromatici hanno mostrato livelli molto bassi, generalmente inferiori a 75 ng/g (p.s.), confermando l'assenza di criticità chimiche nei campioni analizzati.

Infine, i sedimenti non hanno mai mostrato livelli apprezzabili di composti organici di origine antropica, tra i quali pesticidi organofosfati, pesticidi clorurati, policlorobifenili ed altre sostanze alogenate, permettendo così di escludere fenomeni di contaminazione di alcun tipo.

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

Tabella 1.2.1 Concentrazioni di metalli pesanti, composti organostannici, idrocarburi alifatici, idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e concentrazioni di composti organici persistenti, che includono pesticidi organoclorurati, pesticidi organofosfati, clorofenoli, clorobifenili, policlorobifenili, polibromo-difenil eteri, altri ritardanti di fiamma organo brominati. In evidenza i dati che risultano maggiori dei livelli L1 (in arancione) e L2 (in rosso), secondo la normativa vigente (DM 173/2016). Sedimenti relativi alla campagna febbraio 2022.

Parametri	ST A08	ST A11	ST A14	ST A17	ST A20	ST A21	ST A22	ST A23	ST A24	ST A47	ST A50	ST A53	ST A59	ST A62	ST A72	ST A74	ST A75	STA76
Elementi in traccia µg/g (ps)																		
Al	846.6	10003.3	2216.2	2092.1	3242.1	8124.7	8695.9	8331.4	10212.4	2062.2	1652.6	4719.0	1952.3	3252.5	4802.1	17392.0	8404.5	5814.8
As	7.141	6.944	6.709	6.419	6.213	7.412	11.155	9.540	19.239	4.333	3.712	4.940	6.095	9.829	11.641	15.031	7.787	10.852
Cd	0.0344	0.0753	0.0434	0.0441	0.0387	0.0818	0.0491	0.0644	0.0506	0.0329	0.0642	0.0399	0.0685	0.0638	0.0738	0.1483	0.0965	0.0672
Cr	4.687	7.819	4.658	3.782	6.598	15.096	14.143	15.286	15.823	4.660	3.805	2.994	5.584	9.280	9.947	28.560	16.634	14.968
Cu	2.439	19.194	2.661	2.303	5.556	20.136	15.906	18.222	19.348	5.444	3.315	6.786	3.382	9.580	6.927	20.154	19.692	18.746
Fe	7854	16489	9978	7753	10924	28889	26135	26083	32304	6806	5808	10321	11523	19659	18177	33895	28801	27350
Hg	0.0818	0.1317	0.0924	0.0860	0.0953	0.1041	0.1146	0.1238	0.1199	0.0950	0.0860	0.0911	0.0788	0.0966	0.1094	0.1409	0.1137	0.1235
Mn	106.2	281.7	291.9	305.9	300.6	603.8	669.9	575.6	2401.8	243.6	105.8	168.2	534.1	671.1	578.4	1347.4	673.4	736.7
Ni	8.86	16.82	10.49	10.59	14.21	29.14	27.31	30.49	53.82	9.64	7.03	11.92	13.21	21.86	18.13	47.14	30.23	28.49
Pb	7.106	30.781	9.459	5.678	8.459	15.699	21.804	17.613	33.236	9.326	5.742	14.872	7.061	12.583	20.243	37.374	16.549	24.153
V	18.97	36.94	12.51	9.92	15.97	30.41	32.72	34.01	36.52	12.11	5.99	15.29	10.50	17.29	38.45	65.58	26.04	25.20
Zn	14.878	46.778	21.961	16.826	27.807	59.187	58.889	62.222	71.491	18.528	9.918	19.792	28.418	52.362	60.573	110.677	68.796	72.862
Stagno ed organostannici µg/g (ps)																		
OSn	0.0113	0.0148	0.0155	0.0167	0.0127	0.0166	0.0117	0.0141	0.0143	0.0123	0.0114	0.0136	0.0158	0.0130	0.0172	0.0157	0.0127	0.0188
TBT	0.0028	0.0011	0.0003	0.0004	0.0029	0.0010	0.0016	0.0004	0.0005	0.0017	0.0003	0.0009	0.0025	0.0020	0.0006	0.0036	0.0039	0.0011
Idrocarburi alifatici µg/g (ps)																		
C9	<0.025	1.213	0.427	1.227	0.964	1.168	<0.033	<0.05	<0.053	0.255	0.621	0.402	1.106	0.729	1.046	0.673	<0.043	<0.05
C10	<0.025	<0.029	0.446	1.304	1.157	0.807	1.397	<0.05	<0.053	<0.023	1.439	0.303	0.099	1.229	1.176	1.445	<0.043	<0.05
C11	<0.025	<0.029	0.878	0.866	0.174	0.201	0.374	0.062	<0.053	<0.023	1.494	0.119	0.636	1.342	0.820	1.201	<0.043	<0.05

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti



Parametri	ST A08	ST A11	ST A14	ST A17	ST A20	ST A21	ST A22	ST A23	ST A24	ST A47	ST A50	ST A53	ST A59	ST A62	ST A72	ST A74	ST A75	STA76
C12	<0.025	<0.029	0.467	0.447	0.127	0.792	<0.033	<0.05	<0.053	<0.023	0.655	0.665	1.409	0.984	0.354	0.705	<0.043	<0.05
C13	<0.025	<0.029	0.289	0.046	0.064	<0.041	<0.033	<0.05	<0.053	0.042	<0.023	0.026	<0.026	<0.027	<0.033	0.418	0.127	<0.05
C14	<0.025	<0.029	1.512	<0.025	<0.025	<0.041	<0.033	<0.05	<0.053	<0.023	<0.023	0.317	0.894	0.564	0.141	<0.057	<0.043	<0.05
C15	<0.025	<0.029	0.619	0.142	<0.025	<0.041	<0.033	1.221	0.194	<0.023	<0.023	0.192	0.693	1.095	0.710	0.205	<0.043	<0.05
C16	<0.025	<0.029	1.114	0.030	<0.025	<0.041	<0.033	0.095	<0.053	<0.023	<0.023	0.078	0.717	0.254	0.136	<0.057	<0.043	<0.05
C17	<0.025	<0.029	0.416	<0.025	<0.025	<0.041	0.492	1.281	<0.053	<0.023	<0.023	0.475	<0.026	<0.027	<0.033	<0.057	<0.043	<0.05
C18	<0.025	<0.029	<0.028	0.347	<0.025	0.322	<0.033	<0.05	0.893	<0.023	<0.023	1.053	<0.026	<0.027	<0.033	<0.057	<0.043	<0.05
C19	<0.025	<0.029	<0.028	<0.025	<0.025	0.162	0.042	<0.05	0.566	0.068	<0.023	<0.025	<0.026	<0.027	<0.033	0.163	0.279	<0.05
C20	<0.025	0.110	0.163	0.294	0.225	0.175	0.121	0.946	1.598	0.791	<0.023	0.126	0.093	0.119	<0.033	1.479	0.059	1.244
C21	0.433	0.426	0.549	0.656	0.583	0.986	0.460	<0.05	0.379	0.216	0.201	0.363	0.333	0.334	0.386	0.090	1.233	<0.05
C22	<0.025	<0.029	<0.028	<0.025	<0.025	<0.041	<0.033	<0.05	<0.053	<0.023	<0.023	<0.025	<0.026	<0.027	<0.033	<0.057	<0.043	<0.05
C23	0.607	1.357	1.436	1.278	0.673	0.301	0.650	0.475	<0.053	<0.023	<0.023	<0.025	<0.026	<0.027	<0.033	<0.057	<0.043	<0.05
C24	1.480	1.337	1.481	0.451	1.146	1.218	0.431	1.298	<0.053	<0.023	<0.023	0.206	1.192	1.133	0.264	0.173	0.144	<0.05
C25	<0.025	<0.029	<0.028	<0.025	<0.025	<0.041	0.302	1.329	1.119	0.829	0.229	0.191	0.358	0.121	1.390	0.236	<0.043	<0.05
C26	<0.025	0.113	0.059	0.176	0.045	0.370	0.044	<0.05	<0.053	0.042	<0.023	<0.025	0.686	0.195	0.778	1.321	0.946	1.324
C27	<0.025	<0.029	<0.028	<0.025	<0.025	<0.041	<0.033	<0.05	<0.053	<0.023	<0.023	<0.025	1.373	0.310	1.086	1.430	0.938	0.186
C28	<0.025	<0.029	<0.028	<0.025	<0.025	<0.041	<0.033	<0.05	<0.053	<0.023	<0.023	<0.025	0.882	1.488	0.501	0.091	0.439	0.983
C29	<0.025	<0.029	<0.028	<0.025	<0.025	<0.041	<0.033	<0.05	<0.053	<0.023	<0.023	<0.025	0.667	1.403	0.490	1.060	1.150	0.399
C30	<0.025	<0.029	<0.028	<0.025	<0.025	<0.041	<0.033	<0.05	<0.053	<0.023	<0.023	<0.025	0.347	1.285	0.719	0.548	0.584	0.761
C31	<0.025	<0.029	<0.028	<0.025	<0.025	<0.041	<0.033	<0.05	<0.053	<0.023	<0.023	<0.025	<0.026	<0.027	<0.033	<0.057	<0.043	<0.05
C32	1.406	0.267	0.182	0.177	1.547	1.048	0.143	1.277	<0.053	<0.023	<0.023	<0.025	<0.026	<0.027	<0.033	<0.057	<0.043	<0.05
C33	<0.025	<0.029	0.205	1.219	1.111	0.992	0.978	1.130	1.528	<0.023	<0.023	<0.025	<0.026	<0.027	<0.033	<0.057	<0.043	<0.05
C34	<0.025	<0.029	1.163	1.350	0.942	0.416	0.896	1.287	1.120	<0.023	<0.023	<0.025	<0.026	<0.027	<0.033	<0.057	<0.043	<0.05
C35	<0.025	<0.029	0.687	1.135	0.227	0.803	0.159	0.742	0.840	<0.023	<0.023	<0.025	1.261	0.257	0.139	0.380	0.812	<0.05
C36	<0.025	<0.029	0.155	0.789	0.297	0.261	1.316	1.526	0.224	<0.023	<0.023	<0.025	1.150	1.342	1.309	1.349	1.165	<0.05
C37	<0.025	<0.029	1.553	1.288	0.644	1.464	1.498	0.581	0.715	<0.023	<0.023	<0.025	0.930	0.477	1.162	0.295	0.590	<0.05
C38	<0.025	<0.029	<0.028	<0.025	<0.025	0.638	1.046	0.526	0.275	1.161	0.291	1.035	0.141	1.422	<0.033	<0.057	<0.043	<0.05

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti



Parametri	ST A08	ST A11	ST A14	ST A17	ST A20	ST A21	ST A22	ST A23	ST A24	ST A47	ST A50	ST A53	ST A59	ST A62	ST A72	ST A74	ST A75	STA76	
C39	<0.025	<0.029	<0.028	<0.025	<0.025	0.964	0.264	0.666	1.255	0.172	0.393	1.007	0.731	1.065	<0.033	<0.057	<0.043	<0.05	
C40	<0.025	<0.029	<0.028	<0.025	<0.025	0.685	1.250	0.721	1.245	1.345	0.670	1.055	1.476	0.237	<0.033	<0.057	<0.043	<0.05	
Alifatici tot (C10-C40)	3.926	4.823	13.801	13.222	9.926	13.771	11.864	15.164	11.951	4.921	5.993	7.612	17.174	17.384	12.607	13.262	8.466	4.898	
<i>Idrocarburi poliaromatici ng/g (ps)</i>																			
Naftalene	5.034	6.282	2.677	3.161	5.272	6.173	6.445	5.698	6.638	4.991	8.925	4.277	8.675	3.670	2.839	4.130	9.505	7.034	
Acenaftilene	3.757	4.379	2.930	2.986	<0.05	3.827	<0.05	3.867	3.716	3.162	5.409	4.243	<0.05	3.221	0.325	3.270	5.589	6.366	
1-Metilnaftalene	29.545	47.155	3.985	4.680	34.741	9.563	42.288	39.848	43.611	27.703	14.885	31.624	23.939	30.445	28.185	34.857	48.639	43.718	
2-Metilnaftalene	4.071	10.499	2.341	2.565	4.281	4.331	5.168	4.257	5.894	6.107	8.499	3.583	3.534	4.755	3.427	4.221	6.026	6.678	
Acenaftene	0.517	<0.01	0.330	0.327	0.541	0.449	0.747	0.527	0.868	<0.01	0.787	0.431	0.181	0.662	0.193	0.640	0.644	0.990	
Fluorene	0.330	0.567	0.298	0.263	0.386	0.307	0.533	0.375	0.553	0.183	0.526	0.297	0.300	0.465	0.309	0.306	0.419	0.710	
Fenantrene	1.727	0.576	1.489	1.320	1.850	0.401	2.329	1.879	3.148	2.257	0.715	1.427	1.371	2.277	1.345	1.697	0.550	3.601	
Antracene	0.031	0.275	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.032	<0.01	0.029	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
Fluorantene	0.208	3.751	0.133	0.125	0.429	0.715	0.059	0.450	0.645	2.019	1.060	0.181	0.460	0.540	0.083	0.488	0.857	0.558	
Pirene	0.063	0.066	0.065	0.056	0.109	0.109	0.075	0.102	0.104	0.234	0.301	0.072	0.087	0.084	0.081	0.048	0.084	0.102	
Benzo(a)antracene	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.408	<0.01	0.107	0.103	<0.01	0.059	<0.01	0.093	0.063	<0.01	0.090	<0.01	0.075	<0.01	
Crisene	0.036	<0.01	<0.01	0.039	0.053	<0.01	0.057	0.043	<0.01	0.050	<0.01	0.058	0.029	<0.01	0.042	<0.01	<0.01	0.064	
7,12-Dimetilbenzo(a)antracene	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
Benzo(b)fluorantene	0.023	0.187	<0.001	0.219	0.218	0.075	0.268	0.066	<0.001	0.025	0.301	0.043	0.134	0.070	0.146	0.080	0.102	<0.001	
Benzo(k)fluorantene	0.020	0.264	0.057	0.022	0.032	0.071	0.040	<0.001	0.042	0.041	<0.001	0.032	0.027	0.036	0.035	<0.001	<0.001	0.187	
Benzo(a)pirene	0.038	0.132	0.029	0.034	0.045	<0.001	0.049	<0.001	0.060	0.030	0.073	0.052	0.029	0.047	0.039	<0.001	<0.001	0.087	
Dibenzo(ah)antracene	0.050	0.139	0.039	0.038	0.068	0.464	<0.001	<0.001	<0.001	0.385	1.353	<0.001	<0.001	<0.001	0.055	0.286	0.362	<0.001	
Benzo(ghi)perilene	<0.001	0.069	0.020	<0.001	0.075	0.036	0.078	0.035	0.040	0.028	<0.001	0.030	0.045	0.028	0.055	0.033	<0.001	0.069	
Indeno(123cd)pirene	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
IPA basso PM	45.012	69.733	14.050	15.304	47.072	25.051	57.511	56.450	64.430	44.435	39.746	45.910	37.999	45.495	36.623	49.121	71.371	69.097	

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

Parametri	ST A08	ST A11	ST A14	ST A17	ST A20	ST A21	ST A22	ST A23	ST A24	ST A47	ST A50	ST A53	ST A59	ST A62	ST A72	ST A74	ST A75	ST A76
IPA alto PM	0.437	4.608	0.343	0.533	1.437	1.470	0.733	0.800	0.891	2.870	3.088	0.562	0.874	0.805	0.627	0.935	1.481	1.068
IPA tot	45.450	74.342	14.393	15.837	48.509	26.520	58.244	57.250	65.321	47.305	42.834	46.472	38.872	46.300	37.250	50.056	72.852	70.165
<i>Pesticidi clorurati ng/g (ps)</i>																		
Aldrin	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Endrin	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Endrin ald	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Endrin ket	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Dieldrin	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
p,p'-DDT	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
<i>Policlorobifenili ng/g (ps)</i>																		
PCB4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
PCB7	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
PCB8	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
PCB11	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
PCB13	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
PCB15	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
PCB16	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
PCB17	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
PCB18	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
PCB19	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
PCB23	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
PCB26	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
PCB28	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
PCB32	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
PCB33	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
PCB36	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

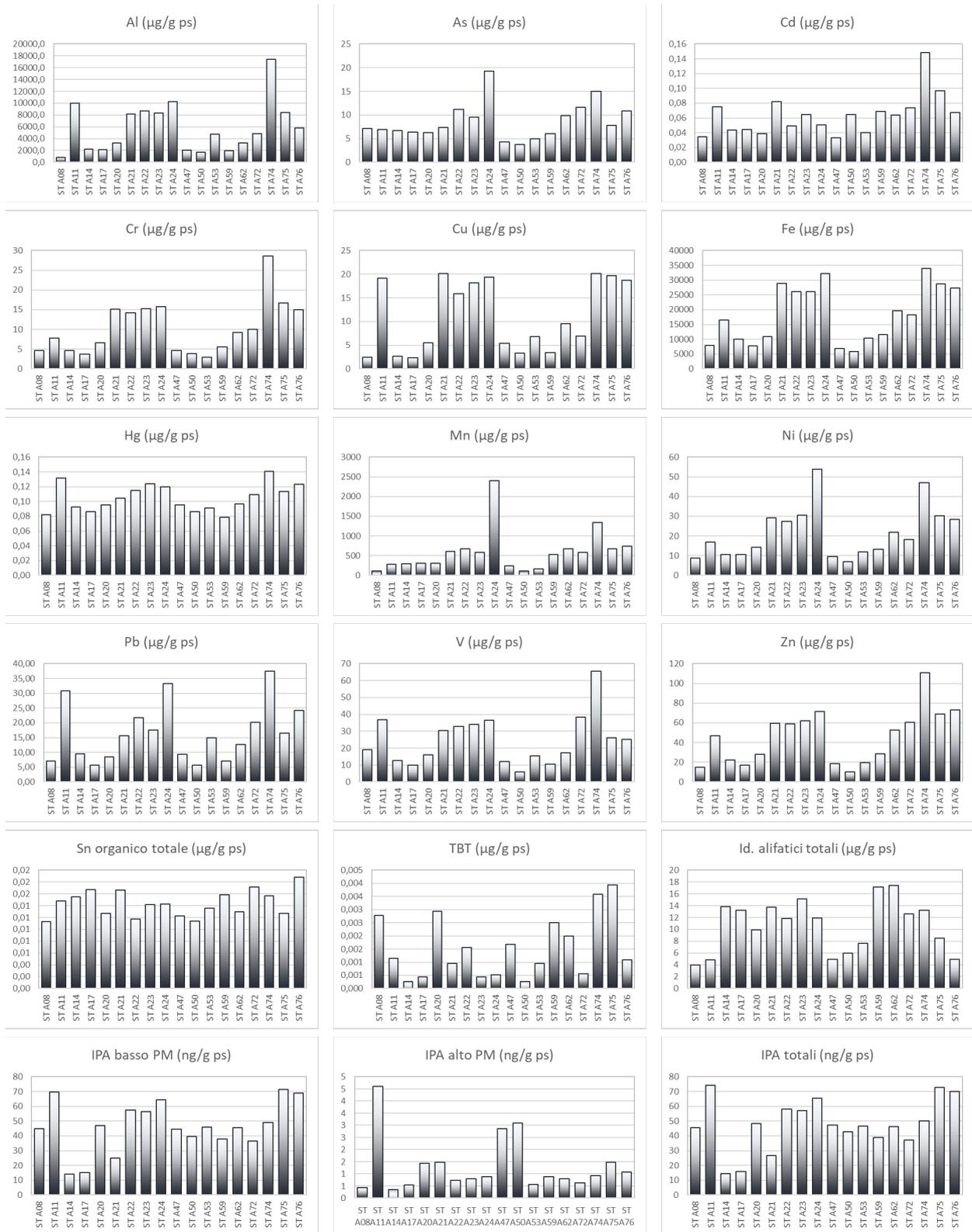


Figura 1.2.1 Concentrazioni di metalli pesanti, composti organostannici, idrocarburi alifatici, idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e concentrazioni di composti organici persistenti nei sedimenti. Campagna febbraio 2022.

1.3. Classificazione del pericolo chimico dei sedimenti

I risultati chimici sono stati elaborati utilizzando il tool Sediqualssoft 109.0® che, nei confronti dei riferimenti normativi nazionali (L1 e L2), elabora un indice di pericolo chimico basato sul numero dei contaminanti che eccedono il riferimento specifico, la pericolosità di tali parametri, e l'entità degli sforamenti misurati. Questi criteri di integrazione ponderata, recepiti all'interno del DM 173/2016, abbandonano la logica del mero superamento del valore tabellare, anche minimo e da parte di un unico parametro, come principio per la classificazione chimica della qualità dei sedimenti.

Come riportato nella Tabella 1.3.1, l'elaborazione ha fornito una classe di pericolo chimico Assente o Trascurabile nei confronti di L1 (DM 173/2016) per tutti i campioni, con l'eccezione dei campioni A24 e A74 dell'area di immersione che presentano un livello di pericolo Medio.

I composti che hanno fornito il contributo percentualmente superiore all'indice di pericolo chimico sono stati il Ni e il Pb.

Per quanto riguarda il livello di riferimento L2 (DM 173/2016), il livello di pericolo elaborato è risultato Assente per tutti i campioni.

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

Tabella 1.3.1 Classificazione del pericolo chimico dei sedimenti mediante integrazione ponderata dei dati, utilizzando come riferimenti i valori limite L1 e L2 (DM 173/2016). Campagna febbraio 2022.

Area	Codice campione	HQ	% max/HQ	L1	Livello Pericolo	HQ	% max/HQ	L2	Livello Pericolo
				Par non conf.				Par non conf.	
Area di immersione	A20	0.1		0	ASSENTE	0.06		0	ASSENTE
	A21	0.13		0	ASSENTE	0.09		0	ASSENTE
	A22	0.15		0	ASSENTE	0.1		0	ASSENTE
	A23	1.23	100 - Ni	1	TRASCURABILE	0.1		0	ASSENTE
	A24	4.88	41.2 - Ni	3	MEDIO	0.14		0	ASSENTE
	A74	5.56	31.7 - Ni	4	MEDIO	0.15		0	ASSENTE
	A75	1.25	100 - Ni	1	TRASCURABILE	0.09		0	ASSENTE
	A76	0.16		0	ASSENTE	0.1		0	ASSENTE
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio	A08	0.08		0	ASSENTE	0.04		0	ASSENTE
	A11	1.24	100 - Pb	1	TRASCURABILE	0.09		0	ASSENTE
	A14	0.07		0	ASSENTE	0.06		0	ASSENTE
	A17	0.06		0	ASSENTE	0.05		0	ASSENTE
	A72	0.12		0	ASSENTE	0.09		0	ASSENTE
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione	A47	0.07		0	ASSENTE	0.04		0	ASSENTE
	A50	0.06		0	ASSENTE	0.04		0	ASSENTE
	A53	0.08		0	ASSENTE	0.05		0	ASSENTE
	A59	0.09		0	ASSENTE	0.06		0	ASSENTE
	A62	0.12		0	ASSENTE	0.08		0	ASSENTE

2. Risposte ecotossicologiche

2.1. Risultati dei saggi ecotossicologici

Nelle Tabelle 2.1.1-2-3, vengono mostrati i risultati dei singoli saggi ecotossicologici ottenuti con *Aliivibrio fischeri* in fase solida, *Phaeodactylum tricornutum* e *Crassostrea gigas* in fase liquida.

Per quanto riguarda il saggio con il batterio *Aliivibrio fischeri* effettuato sul sedimento in fase solida, i risultati ottenuti per la bioluminescenza riflettono una sostanziale assenza di tossicità per tutti i campioni, ad eccezione dei campioni A23, A74 e A75 (area di immersione) e dei campioni A47, A50 e A53 (area potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione) che evidenziano un aumento di tossicità anche rispetto al campionamento precedente (settembre 2021) (Tab. 2.1.1, Fig. 2.1.1).

Il saggio effettuato con l'alga *Phaeodactylum tricornutum* presentano una percentuale di inibizione della crescita algale che varia da circa l'1% (A23) al 31% (A11) ed alcuni campioni evidenziano una lieve biostimolazione (A75, A14, A50 e A53, Tab. 2.1.2, Fig. 2.1.2).

I risultati del saggio di embriotossicità con l'ostrica *C. gigas* vengono riportati nella Tabella 2.1.3 ed espressi come percentuale di esemplari malformati in tutti i campioni (compresi i controlli); nella Figura 2.1.3, i dati vengono invece presentati dopo correzione di Abbott. Complessivamente non si evidenziano particolari differenze tra le aree (Fig. 2.1.3), con gli effetti biologicamente più rilevanti ottenuti nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio dove i campioni A11 e A17 mostrano una percentuale di malformati superiore al 75% (Tab. 2.1.3, Fig. 2.1.3): i risultati del saggio con *C. gigas* mostrano inoltre una situazione molto confrontabile con il periodo di campionamento precedente (settembre 2021).

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

Tabella 2.1.1 Risultati del saggio con *Aliivibrio fischeri* in fase solida. Valori di bioluminescenza espressi in unità tossiche (U.T.) peso secco (p.s.) (medie \pm deviazioni standard). Campagna febbraio 2022.

Area	Codice campione	Controllo		Campione	
		U.T. (p.s.)		U.T. (p.s.)	
Area di immersione	A20	332.5	\pm 49.4	21.8	\pm 4.7
	A21	263.6	\pm 27.3	291.2	\pm 61.8
	A22	337.6	\pm 71.8	156.9	\pm 66.8
	A23	335.1	\pm 23	665.4	\pm 27.6
	A24	338.1	\pm 9	66.2	\pm 18
	A74	337.3	\pm 8.4	749.2	\pm 211.6
	A75	337.4	\pm 23	556.6	\pm 100.9
	A76	336.9	\pm 279.3	238.7	\pm 82.9
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio	A08	27.2	\pm 7.6	10.7	\pm 1.2
	A11	271.1	\pm 25.4	116.7	\pm 13.3
	A14	57.8	\pm 0.4	18.9	\pm 7.4
	A17	98.8	\pm 4.2	112.3	\pm 19.3
	A72	158.6	\pm 6.2	39.5	\pm 7
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione	A47	257	\pm 164.6	777.6	\pm 227.7
	A50	66.7	\pm 34	255	\pm 93.7
	A53	144.5	\pm 1.8	576.1	\pm 250.6
	A59	142.2	\pm 11.4	73.9	\pm 30.5
	A62	158.7	\pm 12.7	109.1	\pm 7.6

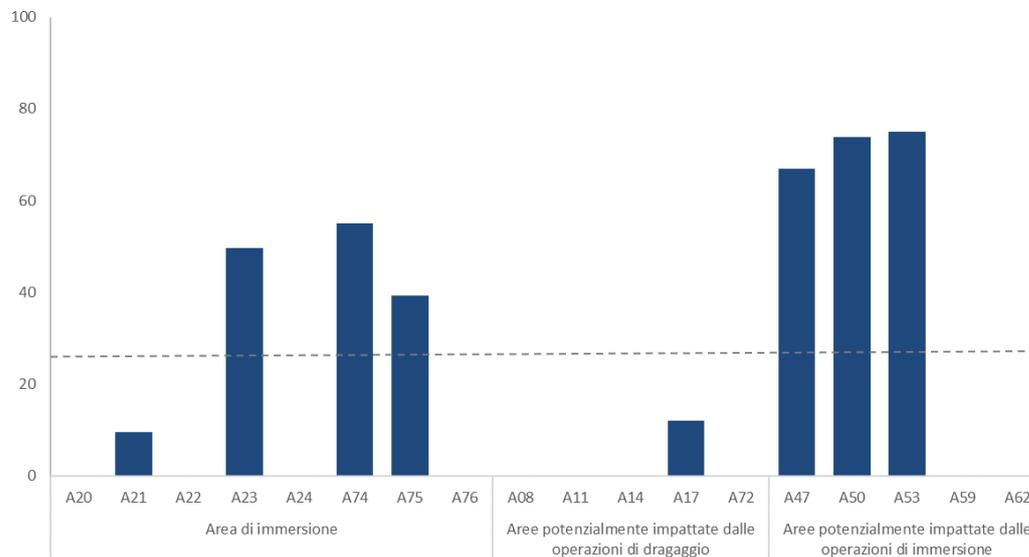


Figura 2.1.1 Risultati del saggio con *Aliivibrio fischeri* in fase solida svolto sui sedimenti prelevati a febbraio 2022. Percentuale di effetto.

Tabella 2.1.2 Risultati del saggio con *Phaeodactylum tricornutum*. Valori di crescita algale espressi in cellx10³/ml (medie ± deviazioni standard. Campagna febbraio 2022.

Area	Codice campione	cellx10 ³ /ml		
	CTRL	1241.7	±	148.5
Area di immersione	A20	1070.0	±	165.0
	A21	894.4	±	227.5
	A22	1104.4	±	127.6
	A23	1232.2	±	209.2
	A24	953.3	±	237.1
	A74	1210.0	±	139.2
	A75	1302.2	±	172.1
	A76	944.4	±	134.0
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio	A08	1262.2	±	326.7
	A11	852.2	±	36.7
	A14	1433.3	±	31.8
	A17	1110.0	±	106.9
	A72	1087.8	±	261.5
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione	A47	1081.1	±	186.0
	A50	1370.0	±	188.5
	A53	1428.9	±	75.0
	A59	1261.1	±	172.0
	A62	1162.2	±	139.5

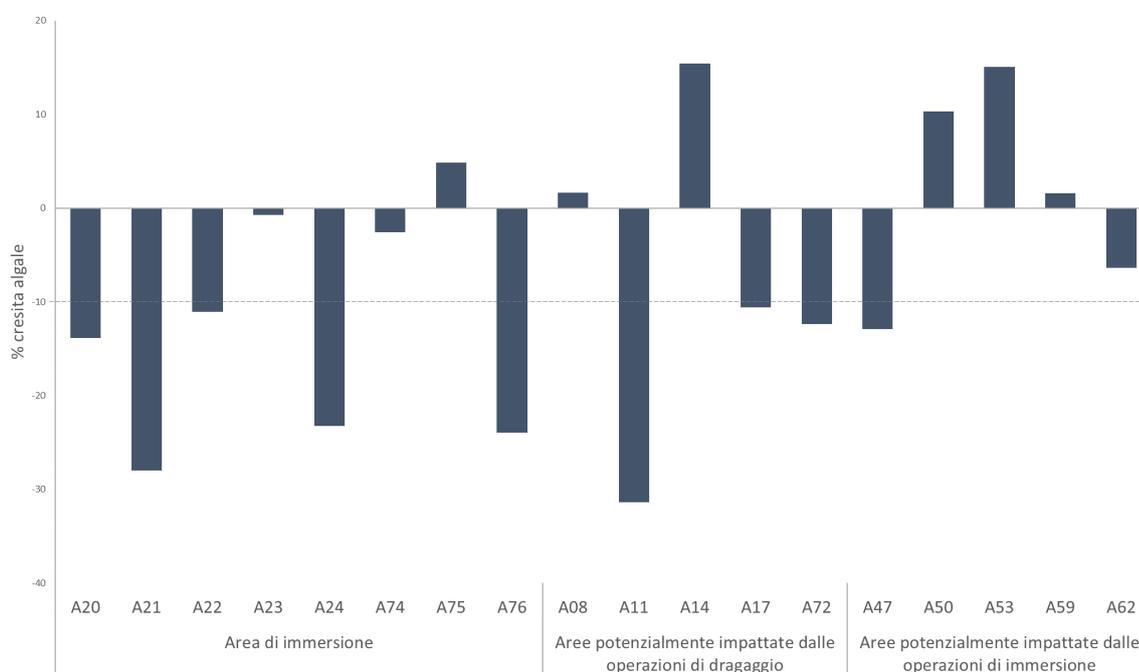


Figura 2.1.2 Risultati del saggio con *Phaeodactylum tricornutum* svolto sui sedimenti prelevati a febbraio 2022. Percentuale di crescita algale.

Tabella 2.1.3 Risultati del saggio di embriotossicità con *Crassostrea gigas*. Valori di sviluppo espresso in % di esemplari malformati su tutti i campioni (medie \pm deviazioni standard). Campagna febbraio 2022.

Area	Codice campione	% esemplari malformati		
	CTRL	16.3	\pm	3.2
Area di immersione	A20	20	\pm	3
	A21	19	\pm	4.6
	A22	19.7	\pm	3.2
	A23	22.3	\pm	4
	A24	19.7	\pm	5.8
	A74	25.3	\pm	3.1
	A75	22.7	\pm	3.2
	A76	38	\pm	3.6
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio	A08	22	\pm	3.6
	A11	83	\pm	4.4
	A14	46	\pm	27.8
	A17	91	\pm	8.5
	A72	31.3	\pm	1.2
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione	A47	27.7	\pm	1.5
	A50	32	\pm	2.6
	A53	33.3	\pm	7.1
	A59	23.3	\pm	2.5
	A62	28	\pm	5

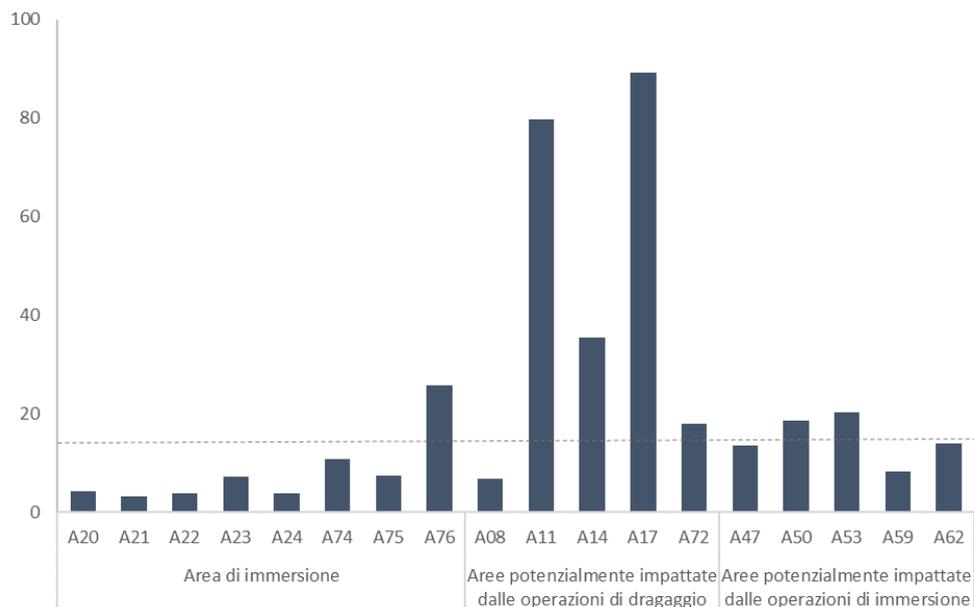


Figura 2.1.3 Risultati del saggio di embriotossicità con *Crassostrea gigas* svolto sui sedimenti prelevati a febbraio 2022. Percentuale di esemplari malformati dopo correzione di Abbott.

2.2. Classificazione del pericolo ecotossicologico dei sedimenti

La Tabella 2.2.1 mostra i risultati complessivi dell’elaborazione della batteria di saggi ecotossicologici condotti sui sedimenti.

I criteri di integrazione ponderata del nuovo DM 173/2016 consentono di abbandonare il principio della classificazione ecotossicologica determinata dal risultato peggiore: il giudizio sull’intera batteria dipende dalla rilevanza tossicologica dell’endpoint misurato in ciascun saggio, dalla soglia di sensibilità della specie, dalla significatività statistica ed entità delle variazioni misurate, dalle condizioni di saggio.

La classe di pericolo ecotossicologico elaborata per i campioni di sedimento prelevati durante la campagna di febbraio 2022 (Tab. 2.2.1) presenta un livello di pericolo ecotossicologico Assente o Basso, ad eccezione dei campioni A74 dell’area di immersione, A11 e A47 delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio, A50 e A53 delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione che presentano un livello di pericolo ecotossicologico Medio (Tab. 2.2.1).

In generale, i saggi con *C. gigas* e *A. fischeri* sono stati quelli che hanno contribuito maggiormente alla tossicità complessiva della batteria.

Tabella 2.2.1 Elaborazione della classe di pericolo ecotossicologico ottenuta mediante i criteri di integrazione ponderata sulle batterie di saggi (DM 173/2016). Campagna febbraio 2022.

Area	Campione	Specie	Contr % HQ	HQ _{batteria}	Classificazione ecotossicologica
Area di immersione	A20	<i>Crassostrea gigas</i>		0.14	ASSENTE
		<i>Phaeodactylum tricorutum</i>			
		<i>Aliivibrio fischeri</i>			
	A21	<i>Crassostrea gigas</i>		0.88	ASSENTE
		<i>Phaeodactylum tricorutum</i>			
		<i>Aliivibrio fischeri</i>			
	A22	<i>Crassostrea gigas</i>		0.11	ASSENTE
		<i>Phaeodactylum tricorutum</i>			
		<i>Aliivibrio fischeri</i>			
	A23	<i>Crassostrea gigas</i>		1.36	BASSO
		<i>Phaeodactylum tricorutum</i>			
		<i>Aliivibrio fischeri</i>			
	A24	<i>Crassostrea gigas</i>		0.29	ASSENTE
		<i>Phaeodactylum tricorutum</i>			
		<i>Aliivibrio fischeri</i>			
	A74	<i>Crassostrea gigas</i>	13.4%	1.68	MEDIO
		<i>Phaeodactylum tricorutum</i>	1.1%		
		<i>Aliivibrio fischeri</i>	85.5%		
	A75	<i>Crassostrea gigas</i>		0.97	ASSENTE
		<i>Phaeodactylum tricorutum</i>			
		<i>Aliivibrio fischeri</i>			
	A76	<i>Crassostrea gigas</i>		0.93	ASSENTE

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

		<i>Phaeodactylum tricorutum</i>			
		<i>Aliivibrio fischeri</i>			
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio	A08	<i>Crassostrea gigas</i>		0.1	ASSENTE
		<i>Phaeodactylum tricorutum</i>			
		<i>Aliivibrio fischeri</i>			
	A11	<i>Crassostrea gigas</i>	71.4%	2.58	MEDIO
		<i>Phaeodactylum tricorutum</i>	28.6%		
		<i>Aliivibrio fischeri</i>	0%		
	A14	<i>Crassostrea gigas</i>		0.16	ASSENTE
		<i>Phaeodactylum tricorutum</i>			
		<i>Aliivibrio fischeri</i>			
	A17	<i>Crassostrea gigas</i>	91.4%	2.12	MEDIO
		<i>Phaeodactylum tricorutum</i>	3.6%		
		<i>Aliivibrio fischeri</i>	1%		
A72	<i>Crassostrea gigas</i>		0.34	ASSENTE	
	<i>Phaeodactylum tricorutum</i>				
	<i>Aliivibrio fischeri</i>				
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione	A47	<i>Crassostrea gigas</i>	12.2%	2.39	MEDIO
		<i>Phaeodactylum tricorutum</i>	6.1%		
		<i>Aliivibrio fischeri</i>	81.7%		
	A50	<i>Crassostrea gigas</i>	16.8%	2.61	MEDIO
		<i>Phaeodactylum tricorutum</i>	0%		
		<i>Aliivibrio fischeri</i>	83.2%		
	A53	<i>Crassostrea gigas</i>	18.2%	2.69	MEDIO
		<i>Phaeodactylum tricorutum</i>	0%		
		<i>Aliivibrio fischeri</i>	81.8%		
	A59	<i>Crassostrea gigas</i>		0.12	ASSENTE
		<i>Phaeodactylum tricorutum</i>			
		<i>Aliivibrio fischeri</i>			
A62	<i>Crassostrea gigas</i>		0.24	ASSENTE	
	<i>Phaeodactylum tricorutum</i>				
	<i>Aliivibrio fischeri</i>				

3. Classificazione della qualità dei sedimenti

Applicando i criteri di integrazione ponderata recepiti dal D.M. n. 173 del 15 luglio 2016 “*Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini*”, l’elaborazione del pericolo chimico e del pericolo ecotossicologico dei sedimenti sono state integrate per elaborare la “Classe di Qualità” dei sedimenti analizzati.

Nella Tabella 3.1 sono riassunte per ogni campione di sedimento dell’area di immersione, dell’area potenzialmente impattata dalle operazioni di dragaggio e dell’area potenzialmente impattata dalle operazioni di immersione, la percentuale di pelite, la Classe di pericolo ecotossicologico, il contributo percentuale fornito a questo pericolo dall’elutriato, la Classe di pericolo chimico, e la Classe di Qualità complessiva del materiale: sebbene non siano previste attività di movimentazione dei sedimenti di tutte le aree, per una maggior confrontabilità dei risultati, vengono anche indicate quali sarebbero le opzioni gestionali eventualmente previste in seguito alla classificazione dei sedimenti ottenuta mediante DM 173/2016.

Per quanto riguarda i risultati delle attività di monitoraggio dopo 1 anno dal termine delle attività di immersione (febbraio 2022), i campioni delle diverse aree hanno evidenziato le seguenti Classi di qualità (Tab. 3.1):

Campioni dell’area di immersione (A20, A21, A22, A23, A24, A74, A75 e A76):

- I campioni **A20, A21, A22, A23, A24, A75 e A76** sono risultati di **Classe A** ma con un contenuto di pelite superiore a quello previsto per il ripascimento della spiaggia emersa. Secondo le indicazioni del DM 173/2016, questi sedimenti sarebbero compatibili con opzioni di gestione quali il ripascimento sommerso, l’immersione deliberata in aree marine non costiere o in ambiente conterminato marino-costiero.
- Il campione **A74** è risultato di **Classe C** e dunque compatibile con l’immersione in ambiente conterminato.

Campioni dell’area potenzialmente impattata dalle operazioni di dragaggio (A08, A11, A14, A17, A72):

- I campioni **A08, A14, A72** sono risultati di **Classe A**, ma soltanto il campione A08 presenta un contenuto di pelite compatibile anche con il ripascimento della spiaggia emersa, mentre per tutti i campioni sarebbero possibili opzioni di gestione quali il ripascimento sommerso, l’immersione deliberata in aree marine non costiere o in ambiente conterminato marino-costiero.
- I campioni **A11 e A17** sono risultati essere di **Classe C** e dunque compatibili con l’immersione in ambiente conterminato.

Campioni dell'area potenzialmente impattata dalle operazioni di immersione (A47, A50, A53, A59, A62):

- I campioni **A59** e **A62** sono risultati di **Classe A**, con valori di pelite superiori a quanto previsto per il ripascimento emerso, ma compatibili con opzioni di gestione quali il ripascimento sommerso, l'immersione deliberata in aree marine non costiere o in ambiente conterminato marino-costiero.
- I campioni **A47**, **A50** e **A53** sono risultati essere di **Classe C** e dunque compatibili con l'immersione in ambiente conterminato.

Tabella 3.1 Classificazione di qualità dei sedimenti (classe di pericolo ecotossicologico, classificazione chimica, classe di qualità del materiale). Campagna febbraio 2022.

Area	Campione	% Pelite	Classe di pericolo ecotossicologico	Contributo % elutriato	Classe di pericolo chimico	Classe di qualità del materiale	Note
Area di immersione	A20	97.4	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Valori superiori a quanto indicato per ripascimento emerso
	A21	72.9	ASSENTE	76.3	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Valori superiori a quanto indicato per ripascimento emerso
	A22	99.8	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Valori superiori a quanto indicato per ripascimento emerso
	A23	8.8	BASSO	98.8	HQc(L2) <= Basso	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento
	A24	99.9	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Valori superiori a quanto indicato per ripascimento emerso
	A74	95.2	MEDIO	12	HQc(L1) <= Basso	C	
	A75	99.7	ASSENTE	11.1	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Valori superiori a quanto indicato per ripascimento emerso
	A76	99.5	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Valori superiori a quanto indicato per ripascimento emerso
Aree potenzialmente impattate dalle	A08	0.4	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	
	A11	67.6	MEDIO	100	HQc(L1) <= Basso	C	
	A14	10.3	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti



	A17	21.9	MEDIO	83.6	HQc(L1) <= Basso	C	
	A72	42.4	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Valori superiori a quanto indicato per ripascimento emerso
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione	A47	28.8	MEDIO	16.8	HQc(L1) <= Basso	C	
	A50	11.5	MEDIO	14.1	HQc(L1) <= Basso	C	
	A53	37	MEDIO	14.9	HQc(L1) <= Basso	C	
	A59	12.1	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso
	A62	42.1	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso

Valutazioni complessive e conclusioni

I risultati complessivi di questa indagine hanno evidenziato un livello di pericolo chimico Assente nei confronti di L2 per tutti i campioni delle tre aree e in entrambe le campagne.

Per quanto riguarda la classe di pericolo ecotossicologico elaborata per i campioni di sedimento, si osserva un miglioramento del livello di pericolo ecotossicologico per i campioni dell'area di immersione dove risulta Assente o Basso rispetto al campionamento precedente (settembre 2021), ad eccezione del campione A74 che presenta un livello Medio. Un lieve aumento del livello di pericolo ecotossicologico è stato invece osservato nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio e dalle operazioni di immersione rispetto al prelievo precedente del settembre 2021: la classe di pericolo ecotossicologico è risultata Assente o Bassa per i campioni A08, A14, A72, 59 e 62 e Media nei sedimenti dei campioni A11, A17, A47, A50 e A53.

La Tabella 3.2 mostra la classificazione della qualità dei sedimenti campionati nella campagna di febbraio 2022 mentre la Tabella 3.3 riporta la classificazione della qualità elaborata nelle stesse aree nel settembre 2021 (monitoraggio dopo 6 mesi), nel dicembre 2020 e febbraio 2021 (rispettivamente al 50% e al 100% delle attività di immersione), nel maggio 2020 (corso d'opera del I anno) e nel febbraio e luglio 2018 (*ante operam*).

Nell'area di immersione si osserva un generale miglioramento della classe di qualità dei sedimenti che risultano tutti di classe "A", con l'unica eccezione del campione A74 (classe "C"). Questa situazione evidenzia un trend temporale con quanto era stato osservato durante le attività di corso d'opera del II anno quando i sedimenti avevano mostrato una tendenza al peggioramento della classe di qualità tra le due fasi di immersione: mentre i sedimenti prelevati durante la fase di dragaggio al 50% (dicembre 2020) erano risultati tutti in classe "A" ad eccezione di A23, i sedimenti prelevati al 100% del materiale rimosso (febbraio 2021) avevano evidenziato un peggioramento con una classe di qualità prevalentemente di tipo "C" e addirittura con un campione in "D". Dai risultati ottenuti a 6 mesi e 1 anno dal termine delle attività, la situazione complessiva dei campioni prelevati all'interno dell'area di immersione sembra essere tornata ai livelli iniziali misurati in fase *ante operam*.

Situazione un po' diversa per i sedimenti delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio e di quelli delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione presentano un passaggio di classe di qualità, rispetto al precedentemente campionamento, da "A" a "C" per A11-A17, e per A47, A50 e A53. Confrontando questi risultati con quelli ottenuti al 50% e 100% delle attività di immersione (dicembre 2020 e febbraio 2021), ma anche con quelli della fase corso d'opera I anno (maggio 2020) o *ante operam* (febbraio e luglio 2018), la situazione complessiva rimane sostanzialmente paragonabile: nonostante la prevalenza dei campioni in classe "A", alcuni di essi mostrano invece classe "C" e sporadici segnali di lieve disturbo, prevalentemente di tipo ecotossicologico soprattutto nei sedimenti prelevati nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione.

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti



Sebbene l'insieme complessivo dei risultati permetta di escludere fenomeni di impatto chimico o ecotossicologico nelle aree oggetto di studio, una ulteriore verifica della situazione sarà effettuata durante la prossima campagna di monitoraggio prevista dopo 2 anni dal termine delle attività di immersione.

Tabella 3.2 Classificazione di qualità dei sedimenti: campagna febbraio 2022.

Area	Campione	Classe di qualità del materiale
		feb-22
Area di immersione	A20	A
	A21	A
	A22	A
	A23	A
	A24	A
	A74	C
	A75	A
	A76	A
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di	A08	A
	A11	C
	A14	A
	A17	C
	A72	A
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di	A47	C
	A50	C
	A53	C
	A59	A
	A62	A

Tabella 3.3 Confronto delle elaborazioni della classe di qualità dei sedimenti ottenute nel 2018 (*ante operam*), maggio 2020 (corso d'opera I anno), dicembre 2020 e febbraio 2021 (corso d'opera II anno), settembre 2021 (monitoraggio dopo 6 mesi).

Area	Campione	Classe di qualità del materiale				
		<i>ante operam</i>	<i>corso d'opera I anno</i>	<i>corso d'opera II anno</i>		<i>Monitoraggio dopo 6 mesi</i>
		2018	mag-20	dic-20	feb-21	set-21
Area di immersione	A20	B	A	A	D	A
	A21	B	C	A	B	C
	A22	A	B	A	C	A
	A23	B	B	C	C	A
	A24	B	A	A	C	C
	A74	B	C	A	A	A
	A75	A	B	A	B	C
	A76	B	A	A	C	B
Aree potenzialmente impattate e impattate dalle operazioni di dragaggio	A08	A	C	A	A	A
	A11	A	C	A	A	A
	A14	C	A/B	C	A	A
	A17	A	A	A	A	A
	A72	A	A	A	C	A
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione	A47	A	B	A	A	A
	A50	A	C	A	B	A
	A53	A	B	A	A	A
	A59	A	C	A	B	A
	A62	A	B	A	A	A
	A65	C	C	-	-	A
	A68	A	A	-	-	A

4. Caratterizzazione microbiologica

4.1 Introduzione

Le analisi microbiologiche effettuate nel corso del monitoraggio hanno lo scopo di determinare le concentrazioni dei batteri indici di contaminazione fecale e di alcuni batteri di interesse igienico-sanitario in campioni di sedimento prelevati nell'ambito del Golfo di Salerno. Sono state, inoltre, condotte analisi anche per l'isolamento e la conta dei miceti. I miceti sono microrganismi eucariotici ampiamente diffusi negli ambienti naturali dove, assieme ai batteri, partecipano al riciclo della sostanza organica ed a molte fasi dei cicli biogeochimici. Alcune specie di miceti, tuttavia, possono essere causa di patologie a carico di piante ed animali, uomo compreso.

4.2 Caratterizzazione microbiologica sedimenti

Al fine di valutare il grado di contaminazione dei sedimenti e la relativa pericolosità per l'ambiente acquatico circostante, ci si riferisce al D.M. n. 367 del 6 novembre 2003 (Gazzetta Ufficiale Serie Generale n. 284 dell'8 gennaio 2004 – 4 dicembre 2008), che fissa gli standard di qualità ambientale per i sedimenti di acque marino-costiere, lagune e stagni. Le normative vigenti prevedono la determinazione dei principali indicatori di contaminazione microbiologica dei sedimenti allo scopo di fornire indicazioni in merito all'opportunità di mettere in atto misure di contenimento. Esse, tuttavia, non prevedono valori di riferimento per ecosistemi costieri non interessati dalla balneazione. Le analisi microbiologiche condotte nel corso di questo monitoraggio hanno avuto lo scopo di monitorare lo stato di salute dei sedimenti in relazione ad una eventuale contaminazione antropica, soprattutto di tipo fecale.

Oltre che alla ricerca di batteri derivanti da suoli che insistono sulla fascia costiera (**Coliformi totali**), è stata valutata la presenza di batteri indicatori di contaminazione fecale recente o in atto (**Coliformi fecali ed *E. coli***), pregressa (**Streptococchi fecali**) e remota (**Clostridi solfito-riduttori**). In particolare, eventi di contaminazione fecale remota vengono documentati dalla ricerca di Clostridi solfito-riduttori che, per la loro capacità di produrre spore, sono in grado di resistere a condizioni di stress ed accumularsi nell'ambiente.

Come ulteriore segnale di contaminazione antropica, anche di tipo pregressa, sono stati ricercati gli **Stafilococchi** (ceppi coagulasi positivi), relativamente persistenti in ambiente marino per il loro spiccata alotolleranza.

Contemporaneamente è stata valutata la contaminazione da batteri di origine tipicamente antropica in grado di indurre patologie di natura enterica (***Salmonella spp.***).

Le analisi batteriologiche sono state, infine, integrate dalla ricerca dei **Miceti** (funghi lievitriformi e filamentosi) che, oltre ad essere diffusamente presenti negli ambienti naturali, possono raggiungere elevate concentrazioni in presenza di una forte pressione antropica ed in seguito ad apporti di sostanza organica.

4.3 Materiali e metodi

I campioni di sedimento, dopo diluizioni seriali decimali a partire da 25 g di sedimento, sono stati sottoposti ad analisi microbiologica mediante la tecnica MPN (*most probable number*) per la ricerca di batteri indici di contaminazione fecale: Coliformi totali (CT), Coliformi fecali (CF), *Escherichia coli* (*Ec*) e Streptococchi fecali (SF). In funzione delle combinazioni di provette positive/negative nelle 3 repliche di ogni diluizione decimale del campione e dopo consultazione delle tabelle di McCrady, realizzate in base al calcolo di probabilità statistiche, i risultati analitici sono stati espressi come $\text{MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$. Tra gli indici di contaminazione fecale sono stati ricercati anche i Clostridi solfito-riduttori (spore comprese) (CSR), i cui risultati sono stati espressi come Unità Formanti Colonia ($\text{UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Nell'ambito dei batteri patogeni o potenzialmente tali sono stati, inoltre, ricercati batteri appartenenti al genere *Salmonella* ed al genere *Staphylococcus*, con particolare attenzione verso i ceppi produttori di coagulasi. I risultati relativi a *Salmonella* spp. sono stati espressi come presenza/assenza in 25 g di sedimento peso secco, mentre le concentrazioni degli stafilococchi coagulasi positivi sono state espresse in $\text{UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$.

Coliformi totali (CT)

Per la ricerca dei Coliformi totali è stato utilizzato il terreno di coltura liquido Brodo Lattosato. Per ogni campione sono state allestite tre serie di cinque provette, con campanella di Durham, contenenti 10 ml di brodo lattosato. Ciascuna serie, inocolata rispettivamente con aliquote equivalenti ad 1 g di campione tal quale, e 1 ml delle differenti diluizioni corrispondenti a 0.1, 0.01, 0.001 e 0.0001 g di sedimento, è stata incubata in termostato alla temperatura di 37°C. Dopo 24-48 h le provette sono state sottoposte a controllo per verificare la presenza di torbidità e la produzione di gas nelle campanelle di Durham, in seguito allo sviluppo di microrganismi capaci di fermentare il lattosio presente nel terreno di coltura. Le provette risultate positive sono state, poi, sottoposte alla prova di conferma. Per la prova di conferma è stato utilizzato il terreno Brodo Bile Verde Brillante (BBVB) costituito da brodo lattosato addizionato di bile al 2% e verde brillante. Aliquote di 0.1 ml dalle brodoculture di ciascun campione risultate positive sono state inoculate in provette contenenti terreno BBVB ed incubate a 37°C per confermare la presenza di CT. In base alla torbidità ed alla produzione di gas delle provette e dopo consultazione della tabella di *McCrady*, è stata calcolata la concentrazione di CT per grammo di campione fresco. Considerando le percentuali di umidità dei campioni di sedimento fresco, le concentrazioni di CT sono state, infine, espresse come $\text{MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$.

Coliformi fecali (CF)

Anche per la ricerca dei Coliformi fecali è stato utilizzato il terreno di coltura Brodo lattosato. Sono state allestite tre serie di cinque provette con campanella di Durham contenenti 10 ml di terreno di coltura liquido. Ciascuna serie è stata inocolata rispettivamente con aliquote equivalenti a 1 g di campione tal quale ed 1 ml delle differenti diluizioni corrispondenti a 0.1, 0.01, 0.001 e 0.0001 g di sedimento ed incubate in termostato alla

temperatura di 37°C. Dopo 24 e 48 ore le provette sono state osservate per verificare la presenza di torbidità e la produzione di gas nelle campanelle di Durham, dovute allo sviluppo di microrganismi capaci di fermentare il lattosio presente nel terreno di coltura. Le provette positive sono state poi sottoposte alla prova di conferma, per evidenziare tra i microrganismi lattosio-fermentanti la presenza di CF. Per la prova di conferma è stato utilizzato il terreno Brodo Bile Verde Brillante (BBVB) (brodo lattosato addizionato di bile al 2% e verde brillante). Da ciascun campione risultato positivo sono state prelevate aliquote di 0.1 ml ed inoculate in terreno di coltura BBVB, incubando a 44°C per 24–48 h. In base alle provette positive, con torbidità e produzione di gas, ed in seguito alla consultazione della tabella di *McCrary*, è stata calcolata la concentrazione dei CF per unità di peso fresco (1 g) del campione in esame. Considerando le percentuali di umidità dei campioni di sedimento fresco, le concentrazioni di CF sono state espresse come MPN·g_{ps}⁻¹.

Escherichia coli (EC)

Dalle provette di brodo lattosato risultate positive si è proceduto all'inoculo di 0.1 ml di brodocoltura in provette contenenti 5 ml di acqua triptonata ed incubando a 44.5 ±0,2 °C per 24 ±2 h. Dopo incubazione, alle brodocolture sono stati aggiunti 0.2 ml di reattivo di Kovac: dopo 10 min, la formazione di un colore rosso scuro nella fase alcolica è indice di positività al test dovuta allo sviluppo di *E. coli*. Considerando le percentuali di umidità dei campioni di sedimento fresco, le concentrazioni di *E. coli* sono state espresse come MPN·g_{ps}⁻¹.

Streptococchi fecali o Enterococchi intestinali (SF)

Per la ricerca presuntiva degli Streptococchi fecali è stato utilizzato il terreno di coltura Brodo Azide (brodo glucosato con azide sodica). Sono state allestite tre serie di cinque provette con 10 ml di brodo di coltura. Ciascuna serie è stata inoculata con 1 g di campione tal quale e 1 ml delle differenti diluizioni corrispondenti a 0.1, 0.01, 0.001 e 0.0001 g di sedimento ed incubate in termostato alla temperatura di 37°C. Dopo 24-48 h di incubazione, le provette sono state osservate per verificare la presenza di torbidità del terreno di coltura e la formazione di un deposito biancastro sul fondo. Le brodocolture risultate positive sono state, quindi, sottoposte a prova di conferma trasferendo un'aliquota di 0.1 ml in brodo glucosato contenente etilvioletto e azide sodica (EVA Broth) ed incubando a 36°C fino a 48 h. Sono state considerate positive le brodocolture che evidenziavano torbidità e formazione di un deposito violetto. Dalla combinazione delle provette confermate positive, e dopo consultazione della tabella di *McCrary*, è stato possibile calcolare la concentrazione di SF per 1 g di campione in esame. Considerando le percentuali di umidità dei campioni di sedimento fresco, le concentrazioni di Streptococchi fecali sono state espresse come MPN·g_{ps}⁻¹.

Salmonella spp.

Per l'isolamento di batteri appartenenti al genere *Salmonella* i sedimenti sono stati sottoposti ad una fase di prearricchimento. I prearricchimenti sono stati effettuati inoculando 25 g di sedimento in 225 ml di Acqua Peptonata Tamponata ed incubando in termostato a 37°C. Dopo incubazione overnight è stato effettuato

l'arricchimento selettivo trasferendo 10 ml della coltura di prearricchimento in 100 ml di Rappaport Vassiliadis Soya broth (RVS) ed incubando a 42°C per 24 h; contemporaneamente, 5 ml della stessa coltura di prearricchimento sono stati trasferiti anche in 50 ml di Muller Kauffmann Tetrathionate broth (MKTT) addizionato di 20 mg L⁻¹ di novobiocina, ed incubati a 37°C per 24 h. Ciascun arricchimento selettivo, successivamente, è stato strisciato su piastre di XLD agar e Agar Verde Brillante (BGA). Le piastre sono state incubate a 37°C per 24 h. Le colonie morfologicamente riferibili al genere *Salmonella*, cresciute su ciascuna piastra, sono state trasferite in piastre di Agar Nutrient ed incubate a 37°C per 18-24 h. Sono state successivamente effettuate prove di conferma biochimica inoculando le colonie selezionate in Kliger Iron Agar (KIA) ed incubando per 24 h a 37°C; in caso di prove biochimiche compatibili con *Salmonella* è stata prevista la prova di conferma sierologica per evidenziare la presenza di antigeni specifici.

Stafilococchi coagulasi positivi (Scp)

Per la ricerca dei batteri appartenenti al genere *Staphylococcus*, in particolare i ceppi coagulasi positivi, i campioni di sedimento sono stati sottoposti a diluizione. Aliquote di 0.1 ml delle diluizioni sono state piastrate, mediante la tecnica di spatolamento, su Baird-Parker Agar. Per aumentare la sensibilità della tecnica, dopo agitazione dei campioni, anche aliquote di 0.1 mL della parte liquida dei sedimenti sono state seminate in piastre di Baird-Parker. Tutte le piastre sono state poi incubate a 36 ±1 °C per 24-48 h. Dopo l'esecuzione della prova della catalasi, per verificare la presenza di fattori di virulenza tra i ceppi di *Staphylococcus* isolati si è proceduto all'esecuzione del test della coagulasi. La coagulasi è un enzima presente nella maggior parte dei biotipi appartenenti alla specie *Staphylococcus aureus* ed in alcuni biotipi appartenenti ad altre specie (*Staphylococcus intermedius*, *Staphylococcus hyicus*); tali batteri sono considerati patogeni opportunisti per gli animali. La coagulasi è, di solito, assente nelle specie saprofiti e commensali (Rapporti ISTISAN 07/5). Considerando le percentuali di umidità dei campioni di sedimento fresco, i risultati finali relativi alle concentrazioni di *Staphylococcus* coagulasi positivi sono stati espressi come UFC·g_{ps}⁻¹.

Clostridi solfito-riduttori (CSR)

Il metodo basato sul conteggio delle colonie in terreno selettivo Solfito-Polimixina-Solfadiazina (SPS) agar, utilizzando la tecnica dell'inclusione, consente di rilevare la concentrazione dei microrganismi appartenenti al genere *Clostridium* in grado di ridurre il solfito. Per ogni campione di sedimento sono state allestite diluizioni seriali. Aliquote di 1 ml delle diluizioni dei campioni sono state seminate, in doppio, per inclusione in piastre Petri utilizzando SPS agar, contenente solfito di sodio e citrato ferrico. Per aumentare la sensibilità della tecnica, dopo agitazione dei campioni, anche aliquote di 0.1 mL della parte liquida dei sedimenti sono state seminate in piastre di SPS. Tutte le piastre sono state incubate a 37°C in giare per anaerobiosi, per un periodo di 24-24 h. Dopo incubazione, sono state eseguite prove di conferma sul 5% delle colonie presuntive, previo trasferimento su terreno di coltura TSA o agar Columbia al 5% di sangue di montone, e successivamente sottoposte a colorazione

di Gram e prova della catalasi. I risultati finali sono stati espressi come UFC g_{ps}^{-1} .

Miceti o muffe e lieviti (ML)

Per la ricerca dei miceti, dopo diluizione seriale dei campioni, aliquote di 0.1 ml di ciascuna diluizione sono state seminate, mediante la tecnica di spatolamento, in piastre di Petri contenenti Sabouraud Dextrose Agar (SDA) addizionato dell'antibiotico cloramfenicolo. Per aumentare la sensibilità della tecnica, dopo agitazione dei campioni, anche aliquote di 0.1 mL della parte liquida dei sedimenti sono state seminate in piastre di SDA. Tutte le piastre così inoculate sono state incubate a 25 °C per 3-5 giorni. Successivamente si è proceduto all'osservazione delle colonie al microscopio ottico. Per la conferma dei lieviti, una piccola aliquota della colonia, stemperata in una goccia di acqua distillata sterile su un vetrino portaoggetti, è stata osservata al microscopio ottico, per evidenziare la presenza di forme a lievito o di pseudoife. L'osservazione microscopica (ingrandimento 200-400X) dei funghi filamentosi è stata effettuata con l'impiego di blu cotone in lattofenolo per distinguere eventuali corpi fruttiferi (Rapporti ISTISAN 96/35; Quaderno 64 – IRSA/CNR 1983). Le concentrazioni di miceti rilevate, tenendo conto della percentuale di umidità dei campioni di sedimento, sono state espresse UFC g_{ps}^{-1} .

4.4 Risultati e Discussione

I risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di sedimento prelevati durante il periodo marzo 2022 sono riportati nella tabella 4.4.1.

Tabella 4.4.1. Risultati analisi microbiologiche sedimenti

campione	Coliformi Totali (MPN g_{ps}^{-1})	Coliformi fecali (MPN g_{ps}^{-1})	<i>Escherichia coli</i> (MPN g_{ps}^{-1})	Streptococchi fecali (MPN g_{ps}^{-1})	Stafilococchi (coagulasi +) (UFC g_{ps}^{-1})	Clostridi olfitoriduttori (UFC g_{ps}^{-1})	Miceti (UFC g_{ps}^{-1})	<i>Salmonella</i> spp. (P/A in 25 g_{ps})
St. A08	26.25	5.75	2.5	<0.38	18.75	0	137.5	assente
St. A11	222.22	85.19	51.85	5	3.7	18.52	18.52	assente
St. A14	5.59	2.94	1.62	1.61	4.4	58.8	66.18	assente
St. A17	3.67	1.39	<0.38	<0.38	8.8	50.6	151.89	assente
St. A20	<0.63	<0.63	<0.63	<0.63	2.1	0	0	assente
St. A21	123.07	55.77	44.23	6.92	36.5	0	19.23	assente
St. A22	301.89	86.79	30.19	14.15	60.4	37.74	0	assente
St. A23	5.85	1.69	<0.46	<0.46	1.5	0	0	assente
St. A24	267.86	166.07	53.57	11.07	28.6	71.43	8.93	assente
St. A47	55.84	2.6	1.43	2.6	5.2	0	25.97	assente
St. A50	127.91	24.42	8.37	<0.35	9.3	0	0	assente
St. A53	19.44	4.86	2.78	1.53	12.5	0	0	assente
St. A59	4.03	1.53	1.53	<0.42	5.6	83.3	222.22	assente

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti



campione	Coliformi Totali (MPN·g _{ps} ⁻¹)	Coliformi fecali (MPN·g _{ps} ⁻¹)	<i>Escherichia coli</i> (MPN·g _{ps} ⁻¹)	Streptococchi fecali (MPN·g _{ps} ⁻¹)	Stafilococchi (coagulasi +) (UFC·g _{ps} ⁻¹)	Clostridi olfitoriduttori (UFC·g _{ps} ⁻¹)	Miceti (UFC·g _{ps} ⁻¹)	<i>Salmonella</i> spp. (P/A in 25 g _{ps})
St. A62	91.42	37.84	8.71	2.86	4.3	85.7	14.28	assente
St. A72	3.92	1.49	<0.41	<0.41	10.8	135.1	40.54	assente
St. A74	51.06	14.86	13.62	2.34	6.4	42.6	21.28	assente
St. A75	83.64	8.36	3.64	<0.55	1.8	36.4	0	assente
St. A76	144.23	51.92	30.77	<0.58	3.8	307.7	28.85	assente
St. A08	26.25	5.75	2.5	<0.38	18.75	0	137.5	assente
St. A11	222.22	85.19	51.85	5	3.7	18.52	18.52	assente

MPN: Most Probable Number; UFC = Unità Formanti Colonia; P/A = Presenza/Assenza; ps: peso secco

Per l'interpretazione dei risultati ottenuti dalle analisi microbiologiche sono stati considerati, su base arbitraria, i diversi gradi di contaminazione riportati in tabella 4.4.2.

Riguardo ai Clostridi solfito-riduttori, data la loro natura sporigena che conferisce elevata resistenza in condizioni di stress di diversa natura, sono stati adottati gradi di contaminazione diversi rispetto alle concentrazioni degli altri batteri indicatori di contaminazione fecale non sporigeni.

Per quanto riguarda i miceti, ampiamente diffusi negli ambienti naturali, più che di contaminazione si parlerà di presenza. La presenza dei miceti sarà, quindi, descritta prendendo come riferimento i gradi di contaminazione riportati per i clostridi solfito-riduttori.

Tabella 4.4.2 Gradi di contaminazione dei campioni di sedimenti in relazione alle concentrazioni microbiche rilevate.

Gradi di contaminazione microbica sedimenti			
N. microrganismi/g _{ps} Coliformi totali, Coliformi fecali, <i>Escherichia coli</i> , Enterococchi intestinali, Stafilococchi coagulasi-positivi	Grado contaminazione	N. microrganismi/g _{ps} (Clostridi solfito-riduttori)	Grado contaminazione
≤5	Bassissimo	≤10	Bassissimo
>5-≤10	Molto basso	>10-≤50	Molto basso
>10-≤50	Basso	>50-≤100	Basso
>50-≤100	Moderato	>100-≤1.000	Moderato
>100-≤1.000	Alto	>1.000-≤100.000	alto
>1.000-≤100.000	Molto alto	>100.000-≤1.000.000	Molto alto
>100.000	Altissimo	>1.000.000	Altissimo

A08 (marzo 2022) – Dalle concentrazioni di Coliformi totali (26.25 MPN·g_{ps}⁻¹) rilevate nel corso delle analisi microbiologiche si evince una bassa contaminazione ambientale recente. La contaminazione fecale umana ed animale recente, è risultata molto bassa per quanto riguarda i Coliformi fecali (5.75 MPN·g_{ps}⁻¹) o bassissima per quanto riguarda *E. coli* (2.5 MPN·g_{ps}⁻¹); anche la contaminazione fecale pregressa è stata rilevata ad un livello bassissimo (Streptococchi fecali <0.38 MPN·g_{ps}⁻¹). Non è stata evidenziata, invece, la presenza di indici di

contaminazione fecale umana ed animale di tipo remoto da Clostridi solfito-riduttori. È stata riscontrata una bassa concentrazione di batteri del genere *Staphylococcus* in grado di produrre coagulasi ($18.75 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). I batteri patogeni appartenenti al genere *Salmonella* sono risultati assenti. La presenza dei Miceti è stata rilevata in moderata concentrazione ($137.5 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$).

A11 (marzo 2022) - Dal campione di sedimento analizzato è emersa una elevata contaminazione ambientale (Coliformi totali $222,22 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), una contaminazione fecale recente moderata (Coliformi fecali $85.19 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$; *E. coli* $51.85 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) e una bassissima contaminazione fecale pregressa (Streptococchi fecali $5 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). La concentrazione dei Clostridi solfito-riduttori ($18.52 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) ha segnalato una contaminazione fecale di tipo remoto molto bassa. È stata rilevata una bassissima presenza di *Staphylococcus* coagulasi-positivo ($3.7 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre non sono stati isolati batteri appartenenti al genere *Salmonella*. La presenza di Miceti ($18.52 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) è stata riscontrata in concentrazione molto bassa.

A14 (marzo 2022) - Nel campione di sedimento è stata riscontrata una contaminazione ambientale molto bassa (Coliformi totali $5.59 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), ed una contaminazione animale-fecale recente e pregressa bassissima (Coliformi fecali $2.94 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$; *E. coli* $1.62 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$; Streptococchi fecali $1.61 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Per la contaminazione fecale di tipo remoto è stata, invece, osservata una bassa concentrazione di Clostridi solfito-riduttori ($58.8 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Sono state riscontrate colonie di *Staphylococcus* coagulasi-positivo in bassissima concentrazione ($4.4 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre non è stata rilevata la presenza di batteri appartenenti al genere *Salmonella*. I miceti sono risultati presenti in bassa concentrazione ($66.18 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$).

A17 (marzo 2022) – Le analisi microbiologiche del campione di sedimento hanno messo in evidenza una bassissima contaminazione, sia ambientale che animale-fecale: Coliformi totali $3.67 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$; Coliformi fecali $1.39 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$; *E. coli* $<0.38 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$; Streptococchi fecali $<0.38 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$. È stata rilevata una bassa contaminazione fecale di vecchia data dovuta alla presenza di Clostridi solfito-riduttori ($50.6 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Nel campione di sedimento sono stati riscontrati valori molto bassi di *Staphylococcus* coagulasi-positivo ($8.8 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre sono risultati assenti batteri patogeni appartenenti al genere *Salmonella*. È stata riscontrata una moderata presenza dei Miceti ($151.89 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$).

A20 (marzo 2022) - Dal campione di sedimento analizzato è emersa una contaminazione microbica trascurabile. In particolare, tutti i batteri utilizzati come indice di contaminazione fecale (Coliformi totali, Coliformi fecali, *E. coli* e Streptococchi fecali) sono risultati presenti in concentrazioni bassissime ($<0.63 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Sono risultati assenti i Clostridi solfito-riduttori. È stata rilevata una bassissima presenza di *Staphylococcus* coagulasi-positivo ($2.1 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Non sono stati isolati batteri appartenenti al genere *Salmonella*, né è stata riscontrata la presenza di Miceti.

A21 (marzo 2022) – Nel campione di sedimento è stata messa in evidenza una elevata contaminazione

ambientale da Coliformi totali ($123.07 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). La contaminazione fecale recente, invece, è risultata moderata per Coliformi fecali ($55.77 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) e bassa per *E. coli* ($44.23 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Per la contaminazione fecale pregressa, la concentrazione di Streptococchi fecali ($6.92 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) è risultata molto bassa. Non sono stati, invece, isolati Clostridi solfito-riduttori. È stata rilevata, inoltre, una bassa presenza di *Staphylococcus* coagulasi-positivo ($36.5 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre non sono stati isolati batteri appartenenti al genere *Salmonella*. I Miceti ($19.23 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) sono risultati presenti in concentrazione molto bassa.

A22 (marzo 2022) - Nel campione di sedimento è stata rilevata una elevata contaminazione ambientale da Coliformi totali ($301.89 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), accompagnata da una moderata contaminazione animale recente da Coliformi fecali ($86.79 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). È stata osservata, invece, una bassa contaminazione da *E. coli* ($30.19 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) e da Streptococchi fecali ($14.15 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Per la contaminazione fecale remota, i Clostridi solfito-riduttori ($37.74 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) sono stati isolati in concentrazione molto bassa. Ceppi di *Staphylococcus* coagulasi-positivo sono risultati presenti in concentrazione moderata ($60.4 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Non è stata riscontrata, invece, la crescita di batteri patogeni appartenenti al genere *Salmonella*. Anche i miceti sono risultati assenti.

A23 (marzo 2022) – Le analisi microbiologiche del sedimento hanno messo in evidenza una contaminazione microbica, sia di natura ambientale che antropica, irrilevante: i microrganismi indicatori ricercati sono risultati, infatti, in concentrazioni da ritenersi molto basse per Coliformi totali ($5.85 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), bassissime per Coliformi fecali ($1.69 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), *E. coli* ($<0.46 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) e Streptococchi fecali $<0.46 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$. Non è stata rilevata la presenza di Clostridi solfito-riduttori. Riguardo a *Staphylococcus* coagulasi-positivo ($1.5 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) la concentrazione è risultata bassissima. Non è stata riscontrata la presenza di batteri del genere *Salmonella*, né la crescita di Miceti.

A24 (marzo 2022) - Dal campione di sedimento è emersa una elevata contaminazione, sia per quella di tipo ambientale da Coliformi totali ($267.86 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) che per quella di tipo fecale recente da Coliformi fecali ($166.07 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Considerando, invece, i batteri più strettamente di origine fecale è stata riscontrata una moderata concentrazione di *E. coli* ($53.57 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) e una bassa concentrazione di Streptococchi fecali ($11.07 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). La contaminazione remota da Clostridi solfito-riduttori ($71.43 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) è risultata bassa. È stata rilevata, inoltre, una bassa presenza di *Staphylococcus* coagulasi-positivo ($28.6 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre non sono stati isolati batteri patogeni appartenenti al genere *Salmonella*. La presenza di Miceti è stata riscontrata in bassissima concentrazione ($8.93 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$).

A47 (marzo 2022) – Dalle analisi del campione di sedimento è emersa la presenza di una moderata contaminazione ambientale da Coliformi totali ($55.84 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre la contaminazione fecale animale, sia recente che pregressa, è risultata bassissima (Coliformi fecali $2.6 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$; *E. coli* $1.43 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$; Streptococchi fecali $2.6 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Riguardo alla fecale contaminazione remota, non è stata osservata crescita di Clostridi

solfito-riduttori. Nel campione di sedimento stati riscontrati Stafilococchi coagulasi-positivi ($5.2 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) in concentrazione molto bassa, mentre non è stata rilevata la presenza di batteri appartenenti al genere *Salmonella*. La presenza di Miceti è stata riscontrata in concentrazione molto bassa ($25.97 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$).

A50 (marzo 2022) - Il campione ha fatto riscontrare una elevata contaminazione ambientale da Coliformi totali ($127.91 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre quella fecale recente correlata ai Coliformi fecali ($24.42 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) è risultata bassa e quella correlata ad *E. coli* ($8.37 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) molto bassa. La contaminazione fecale pregressa è risultata bassissima (Streptococchi fecali $<0.35 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Per la contaminazione fecale remota non sono stati riscontrati, invece, Clostridi solfito-riduttori. È stata osservata una concentrazione bassissima di *Staphylococcus* coagulasi-positivo ($9.3 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre non è stata riscontrata la crescita di batteri appartenenti al genere *Salmonella*. Non è stata riscontrata la presenza di Miceti.

A53 (marzo 2022) - Nel campione di sedimento è stata riscontrata una bassa contaminazione di tipo ambientale da Coliformi totali ($19.44 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), ed una bassissima contaminazione fecale sia di tipo recente che pregresso (Coliformi fecali $4.86 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$; *E. coli* $2.78 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$; Streptococchi fecali $<0.42 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Non è stata rilevata contaminazione fecale di tipo remoto correlata ai Clostridi solfito-riduttori ($0 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Batteri identificati come *Staphylococcus* coagulasi-positivi ($12.5 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) sono stati riscontrati in bassa concentrazione, mentre non è stata riscontrata la crescita di batteri patogeni appartenenti al genere *Salmonella*. Non è stata riscontrata la presenza di Miceti.

A59 (marzo 2022) - Il campione ha mostrato una bassissima contaminazione ambientale e fecale, sia recente che pregressa: Coliformi totali $4.03 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$, Coliformi fecali $1.53 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$, *E. coli* $1.53 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$ e Streptococchi fecali $<0.42 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$. La concentrazione dei Clostridi solfito-riduttori ($83.3 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) ha messo in evidenza una bassa contaminazione fecale remota. *Staphylococcus* coagulasi-positivo è stato isolato in concentrazione molto bassa ($5.6 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre non è stato rilevato nessun batterio patogeno del genere *Salmonella*. La presenza di Miceti ($222.22 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) è stata rilevata a concentrazione moderata.

A62 (marzo 2022) – Il campione ha mostrato una moderata contaminazione di origine ambientale dovuta alla presenza di Coliformi totali ($91.42 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). La contaminazione fecale recente, correlata alla presenza di Coliformi fecali ($37.84 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) e di *E. coli* ($8.71 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) è risultata, rispettivamente, bassa e molto bassa. La contaminazione fecale di tipo pregressa, dovuta agli Streptococchi fecali ($2.86 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) è da considerarsi di livello bassissimo. La contaminazione fecale remota da Clostridi solfito-riduttori ha fatto registrare un valore classificabile come basso ($85.7 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Una bassissima concentrazione è stata rilevata per batteri *Staphylococcus* coagulasi-positivi ($4.3 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre non è stata registrata positività per batteri patogeni del genere *Salmonella*. La presenza di Miceti è stata rilevata in concentrazione molto bassa ($14.28 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$).

A72 (marzo 2022) – Il campione ha mostrato una contaminazione ambientale bassissima (Coliformi totali 3.92

MPN·g_{ps}⁻¹), mentre quella di tipo fecale recente e pregressa è risultata bassissima (Coliformi fecali 1.49 MPN·g_{ps}⁻¹, *E. coli* <0.41 MPN·g_{ps}⁻¹; Streptococchi fecali <0.41 MPN·g_{ps}⁻¹). La concentrazione di Clostridi solfito-riduttori (135.1 UFC·g_{ps}⁻¹) ha fatto registrare, invece, una moderata contaminazione fecale remota. Sono stati riscontrati batteri *Staphylococcus* coagulasi-positivo (10.8 UFC·g_{ps}⁻¹) in bassa concentrazione. Non è stata riscontrata positività per batteri patogeni del genere *Salmonella*. La presenza di Miceti (40.54 UFC·g_{ps}⁻¹) è stata rilevata in concentrazione molto bassa.

A74 marzo 2022) - Dal campione di sedimento sono emerse una moderata contaminazione ambientale da Coliformi totali (51.6 MPN·g_{ps}⁻¹) ed una bassa contaminazione fecale recente da Coliformi fecali (14.86 MPN·g_{ps}⁻¹) ed *E. coli* (13.62 MPN·g_{ps}⁻¹), mentre la contaminazione da Streptococchi fecali (2.34 MPN·g_{ps}⁻¹) è risultata bassissima. La concentrazione dei Clostridi solfito-riduttori (42.6 UFC·g_{ps}⁻¹) denota una contaminazione fecale di tipo remoto molto bassa. È stata messa in evidenza, inoltre, una presenza molto bassa di *Staphylococcus* coagulasi-positivo (6.4 UFC MPN·g_{ps}⁻¹). Non sono stati isolati batteri appartenenti al genere *Salmonella*. La presenza di miceti è stata riscontrata in concentrazione molto bassa (21.28 UFC·g_{ps}⁻¹).

A75 (marzo 2022) – Il campione di sedimento, dalle analisi effettuate, ha messo in evidenza la presenza di una moderata contaminazione ambientale (Coliformi totali 83.64 MPN·g_{ps}⁻¹), mentre la contaminazione fecale recente da Coliformi fecali (8.36 MPN·g_{ps}⁻¹) è risultata molto bassa e quella da *E. coli* (3.64 MPN·g_{ps}⁻¹) e Streptococchi fecali (<0.55 MPN·g_{ps}⁻¹) bassissima. È stata rilevata una presenza molto bassa di Clostridi solfito-riduttori (36.4 UFC·g_{ps}⁻¹), classici batteri indicatori di contaminazione fecale di vecchia data. Nel campione di sedimento è stata riscontrata una bassissima concentrazione di *Staphylococcus* coagulasi-positivo (1.8 UFC·g_{ps}⁻¹), mentre sono risultati assenti i batteri patogeni appartenenti al genere *Salmonella*. Non è stata riscontrata la presenza di Miceti.

A76 (marzo 2022) – Le analisi del sedimento hanno fatto riscontrare una elevata contaminazione ambientale (Coliformi totali 144.23 MPN·g_{ps}⁻¹) ed una moderata contaminazione fecale recente (Coliformi fecali 51.92 MPN·g_{ps}⁻¹; *E. coli* 30.77 MPN·g_{ps}⁻¹); la contaminazione fecale pregressa, invece, è risultata bassissima (Streptococchi fecali <0.58 MPN·g_{ps}⁻¹). Gli Stafilococchi coagulasi-positivi sono stati isolati in bassissima concentrazione (3.8 UFC·g_{ps}⁻¹). La concentrazione di Clostridi solfito-riduttori (307.7 UFC·g_{ps}⁻¹) ha messo in evidenza una moderata contaminazione fecale remota. Non è stata riscontrata la presenza di batteri patogeni appartenenti al genere *Salmonella*. Miceti sono risultati presenti in concentrazione molto bassa (28.85 UFC·g_{ps}⁻¹).

4.5 Conclusioni

Le analisi microbiologiche effettuate sui sedimenti prelevati durante il mese di marzo 2022, pur evidenziando in alcuni casi, concentrazioni relativamente alte dei microrganismi ricercati, non sembrano evidenziare criticità di

tipo igienico-sanitario correlate alla pressione antropica insistente sulla fascia costiera considerata.

Dai risultati analitici relativi alla **contaminazione di origine ambientale terrestre**, emerge che le concentrazioni di Coliformi totali raggiungono, in alcuni casi, valori da considerarsi relativamente elevati; in ogni caso, le concentrazioni di questo parametro non superano $301.89 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$. In particolare, le concentrazioni dei Coliformi totali più elevate sono state riscontrate nei sedimenti A22 ($301.89 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), A24 ($267.86 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), A11 ($222.22 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), A76 ($144.23 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), A50 ($127.91 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), ed A21 ($123.07 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$); tutti gli altri sedimenti hanno evidenziato concentrazioni inferiori a $100 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$.

Le concentrazioni di Coliformi totali riscontrate nei sedimenti esaminati nel mese di marzo 2022 sono, pertanto, da ritenersi facilmente raggiungibili in ambiente marino-costiero, soprattutto quando sottoposto a pressione antropica o influenzato dagli apporti terrestri.

La **contaminazione fecale di origine umana ed animale di tipo recente**, correlata alla presenza dei batteri indicatori Coliformi fecali ed *E. coli*, ad esclusione del campione A24, che ha evidenziato una concentrazione classificabile elevata per i Coliformi fecali ($166.07 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), tutti gli altri campioni non hanno superato valori di $100 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$. Per quanto riguarda *E. coli* che, assieme agli Streptococchi fecali, rappresenta il parametro microbiologico più strettamente correlato alla contaminazione fecale, solo nel campione A24 raggiunge una concentrazione di livello moderato ($53.57 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre nel resto dei campioni è presente in concentrazioni $< 50 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$.

Considerando la **contaminazione fecale di origine umana ed animale di tipo pregressa**, è stato osservato che le concentrazioni degli Streptococchi fecali (o Enterococchi intestinali) sono decisamente contenute, non superando mai valori di $50 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$. In particolare, le concentrazioni più alte sono state rilevate nei campioni A22 ($14.15 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) ed A24 ($11.07 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) che, in ogni caso, sono da considerarsi molto basse.

La **contaminazione di origine fecale umana ed animale di tipo remoto**, correlata alla presenza di Clostridi solfito-riduttori, non è stata mai rilevata a concentrazione di grado superiore a moderato. In particolare, le concentrazioni più elevate sono state riscontrate nelle stazioni A76 ($307.7 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) ed A72 ($135.1 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Nelle restanti stazioni, invece, sono state rilevate concentrazioni non superiori al livello basso.

La presenza di Clostridi solfito-riduttori nei campioni di sedimento è correlata soprattutto alla loro capacità di differenziarsi in spore. Le spore, rispetto alle forme batteriche vegetative, consentono una più lunga persistenza nell'ambiente anche in condizioni di stress (basse temperature ambientali, elevate concentrazioni saline, elevato pH, carenza di nutrienti, etc.). Le concentrazioni dei Clostridi solfito-riduttori rilevate confermano l'assenza di importanti apporti di natura fecale, anche risalenti a periodi antecedenti al campionamento.

Per quanto riguarda i batteri appartenenti al genere *Salmonella*, microrganismi responsabili di infezioni enteriche, nessuno dei campioni di sedimenti esaminati è risultato positivo.

Anche se per alcune stazioni è stata riscontrata una contaminazione ambientale o fecale relativamente elevata, il mancato isolamento di *Salmonella* spp. nei sedimenti esaminati conferma dell'assenza di criticità di natura

igienico-sanitaria.

Riguardo alla contaminazione da batteri appartenenti al genere *Staphylococcus* (ceppi coagulasi-positivi), solo per il sedimento A22 (60.4 UFC-gps-1) è risultata di grado moderato, mentre per 5 campioni è risultata di grado basso (A21, A24, A08, A53, A72), per 5 campioni di grado molto bassa (A50, A17, A47, A74, A59) e per 7 campioni di grado bassissimo (A14, A62, A76, A11, A20, A75, A23). Complessivamente, le concentrazioni rilevate non hanno superato il livello di moderata contaminazione (≤ 50 UFC-gps-1).

La presenza in ambiente marino-costiero di stafilococchi, ceppi coagulasi-positivi compresi, è giustificata dalla loro spiccata alotolleranza, oltre che dalle strette relazioni ecologiche che possono stabilire con alcuni organismi marini. Il ritrovamento di questi batteri in ambiente marino, pur se atteso, è comunque da tenere sotto controllo.

Le analisi microbiologiche per l'isolamento dei Miceti nei campioni di sedimento non hanno evidenziato particolari criticità. Solo i campioni A59 (222.22 UFC-gps-1), A17 (151.89 UFC-gps-1) e A08 (137.5 UFC-gps-1) hanno mostrato una moderata concentrazione di Miceti, mentre nel campione A14 (58.8 UFC-gps-1) è stata riscontrata una bassa presenza. In 7 campioni è stata messa in evidenza una presenza fungina molto bassa (A72, A76, A47, A74, A21, A11, A62), mentre in un campione la presenza era bassissima (A24). Per i campioni A20, A22, A23, A50, A53 e A75 le analisi non hanno messo in evidenza lo sviluppo di miceti.

La presenza dei miceti negli ambienti marino-costieri, a volte anche in concentrazione elevata, può essere correlata alla ubiquitarità di questi microrganismi eucariotici, all'attivo coinvolgimento nella degradazione della sostanza organica ed alla diffusione nell'ambiente mediante spore. La fase di omogeneizzazione del campione potrebbe, inoltre, portare ad una sovrastima della concentrazione dei funghi in seguito alla frammentazione delle ife durante le fasi di omogeneizzazione/diluizione dei campioni.

5. Caratterizzazione biologica

5.1 Caratterizzazione delle comunità macro-zoobentoniche

L'analisi dei 54 campioni di macrozoobenthos (18 stazioni per tre repliche ciascuna), ha permesso di identificare i seguenti gruppi sistematici: anellidi policheti, molluschi (bivalvi, gasteropodi, scafopodi), crostacei (decapodi, anfipodi, isopodi, tanaidacei, misidacei, cumacei, pantopodi), echinodermi (asteroidei, ofiuroidei, echinoidei e oloturioidei), sipunculidi.

5.1.1 Analisi trofica

Il popolamento di macrozoobenthos, dell'area potenzialmente impattata dall'attività di dragaggio (A08, A11, A14, A17, A72), si è rivelato composto soprattutto da sospensivori, detritivori, organismi con abitudini trofiche miste detritivori/carnivori e carnivori ed in misura minore dagli appartenenti alle altre categorie trofiche (Fig. 5.1.1.1.a).

I sospensivori costituiscono il gruppo trofico più presente con il 41% degli organismi, da considerare però l'elevata presenza di un mollusco bivalve *Thracia phaseolina*, che rappresenta il 26% del popolamento. Tale mollusco è una specie comune a basse profondità in presenza di sedimenti sabbiosi/fangosi. I sospensivori sono seguiti con il 36% dai detritivori, gruppo trofico sempre molto presente nei fondi mobili studiati, probabilmente a causa di fattori edafici, cioè relativi al substrato.

Facendo un confronto con le campagne del Corso d'Opera e con la Campagna *Post operam* a 6 mesi, notiamo che la composizione degli organismi, in base alle categorie trofiche, ha subito una modifica rispetto all'ultima campagna di ottobre 2021. Gli organismi prettamente detritivori continuano ad essere molto elevati, 36% ma si è verificato un considerevole aumento degli organismi sospensivori che arrivano al 41%, le altre categorie trofiche sono presenti con valori percentuali molto simili a quelli della campagna di febbraio 2021 (Fig. 5.1.1.1.b).

Nell'area di immersione dei sedimenti dragati (A20, A21, A22, A23, A24, A74, A75, A76), la composizione della comunità bentonica dal punto di vista trofico è data principalmente da detritivori, in misura minore da carnivori e limivori (Fig. 5.1.1.2.a); Facendo un confronto con le campagne precedenti si nota che la composizione delle specie è modificata rispetto alla campagna di settembre 2021, con un aumento degli organismi dalle abitudini trofiche limivore che arrivano al 19% della comunità, una diminuzione consistente dei detritivori che arrivano ad avere un valore percentuale, 49%, inferiore ai valori di maggio 2020, i rimanenti gruppi trofici si assestano su percentuali simili a maggio 2020 (Fig. 5.1.1.2.b).

Ricordiamo che il sito di dumping ha subito l'immissione di sedimenti con classazione diversa rispetto al substrato precedente. Il substrato nell'area di immissione, fino alla campagna di maggio 2020, risultava costituito esclusivamente da limo. Dopo l'attività d'immissione la granulometria è cambiata considerevolmente

rilevando la presenza di percentuali consistenti di sedimento ghiaioso/sabbioso. Già dalla campagna *post operam* di settembre 2021 ed ancora di più nella campagna attuale, *post operam* marzo 2022, la situazione è nuovamente cambiata, con la riduzione dei sedimenti di natura ghiaiosa/sabbiosa a favore di un nuovo aumento di quelli limosi.

La modifica del substrato ha reso meno adatto l'habitat per alcuni organismi favorendo lo sviluppo dei detritivori. Questi ultimi hanno trovato un ambiente idoneo con elevato quantitativo di sostanza organica, a causa dell'apporto di materiale dragato. L'aumento consistente in abbondanza di organismi ha determinato un aumento delle specie carnivore. Il ritorno graduale alle condizioni preesistenti, per quanto riguarda il substrato, sta portando ad una graduale modifica del popolamento con riduzione dei detritivori ed aumento dei limivori. Nell'area della Costiera Amalfitana potenzialmente impattata dall'attività di immersione dei sedimenti dragati (A47, A50, A53), la composizione della comunità bentonica dal punto di vista trofico è abbastanza omogenea, non c'è un gruppo trofico più abbondante degli altri, i detritivori con il 30% del popolamento e carnivori con il 25% grosso modo si equivalgono, i sospensivori si assestano al 16% e i detritivori/carnivori al 13% (Fig. 5.1.1.3.a). Rispetto alle campagne del Corso D'Opera 2021 perdura la differenza sostanziale con una riduzione dei detritivori, e carnivori a favore di sospensivori, erbivori e gruppi misti come i detritivori/erbivori (Fig. 5.1.1.3.b). Nell'area del litorale della Piana del Sele potenzialmente impattata dall'attività di immersione dei sedimenti dragati (A59, A62), la composizione della comunità bentonica dal punto di vista trofico è data soprattutto da detritivori con il 41%, e in misura minore da detritivori/sospensivori 18%, limivori 12%, carnivori 11% e sospensivori 7% (Fig. 5.1.1.4.a). Il confronto con la precedente campagna *post operam* di settembre 2021 non mostra sostanziali variazioni perdura invece la modifica rilevante con le campagne Corso D'opera, infatti, i detritivori sono in aumento rispetto a febbraio 2021 ed i sospensivori in riduzione (Fig. 5.1.1.4.b). I valori continuano ad esser molto differenti da quelli di maggio 2020 ma in quella campagna ricordiamo che i valori di abbondanza elevatissimi erano dovuti alla presenza quasi esclusiva di due molluschi bivalvi sospensivori.

Concludendo l'analisi delle caratteristiche trofiche delle quattro aree soggette dello studio ha confermato, le variazioni riscontrate con la precedente campagna *post operam* settembre 2021. Variazioni nella composizione trofica con riduzione degli organismi detritivori a favore di varie categorie trofiche (sospensivori, erbivori ecc.). Il sito di immersione dei sedimenti dragati mostra un cambiamento nella composizione del popolamento, aumentano ancora i Limivori, mentre i detritivori scendono a valori percentuali inferiori alla campagna di maggio 2020. Nell'area di immersione dei sedimenti dragati, come in precedenza, quasi tutti i detritivori più abbondanti appartengono ai taxa dei molluschi o dei policheti. In particolare, da segnalare la presenza del polichete carnivoro *Paradiopatra calliopae* con il 19% del popolamento, specie già presente in abbondanza nelle precedenti campagne. Fra i detritivori la specie più abbondante è il mollusco bivalve *Mendicula ferruginosa* con il 14%, una specie detritivora cosmopolita di acque profonde, rinvenuta dalla piattaforma continentale fino a profondità abissali. Infine, da segnalare il polichete spionide *Prionospio ehlersi*, specie opportunistica e detritivora

in rilevante riduzione rispetto alle precedenti campagne. Ricordiamo che *Prionospio ehlers* è una specie opportunistica che in situazioni di disturbo, come quelle interessate dall'immissione dei sedimenti dragati, trova un habitat ideale per espandersi.

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

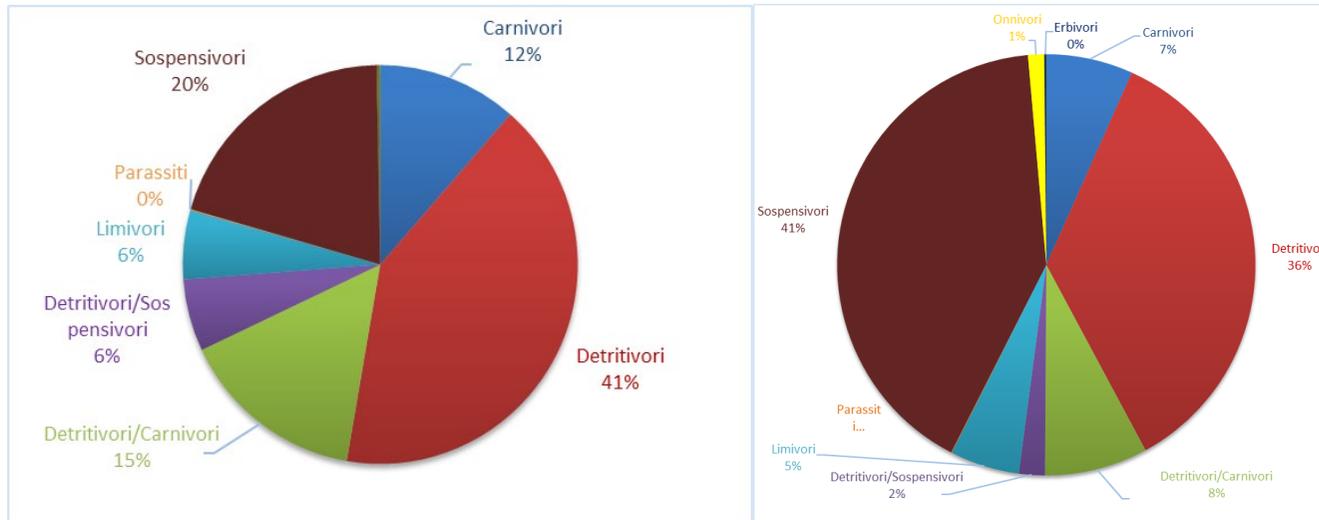


Fig. 5.1.1.1.a: Suddivisione in categorie trofiche degli organismi presenti nell'area potenzialmente impattata dall'attività di dragaggio e confronto tra le campagne Post operam: settembre 2021 sx e marzo 2022 a dx

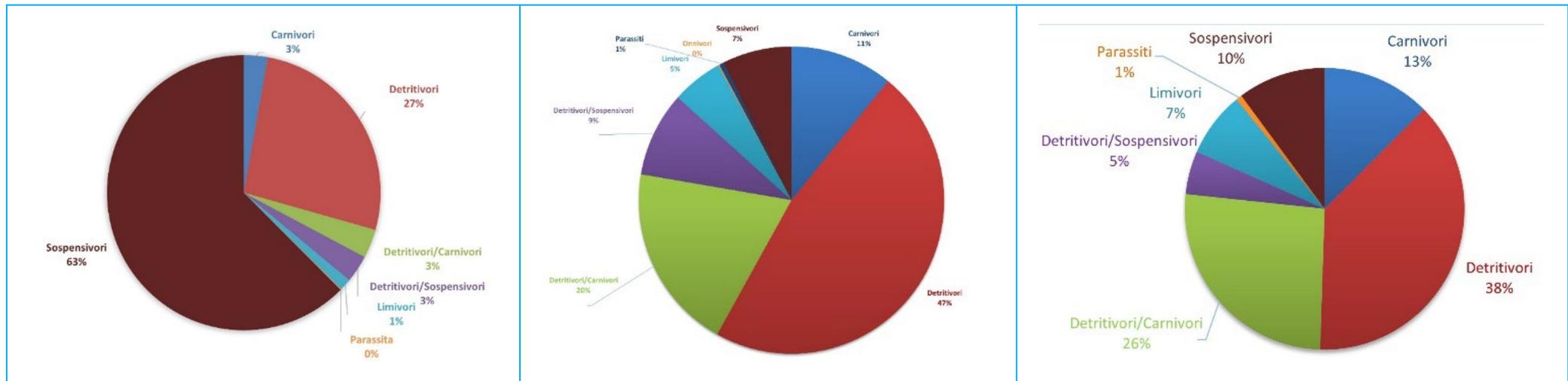


Figura 5.1.1.1.b Suddivisione in categorie trofiche degli organismi presenti nell'area potenzialmente impattata dall'attività di dragaggio e confronto tra le campagne

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

Corsod'Opera, maggio 2020 sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx.

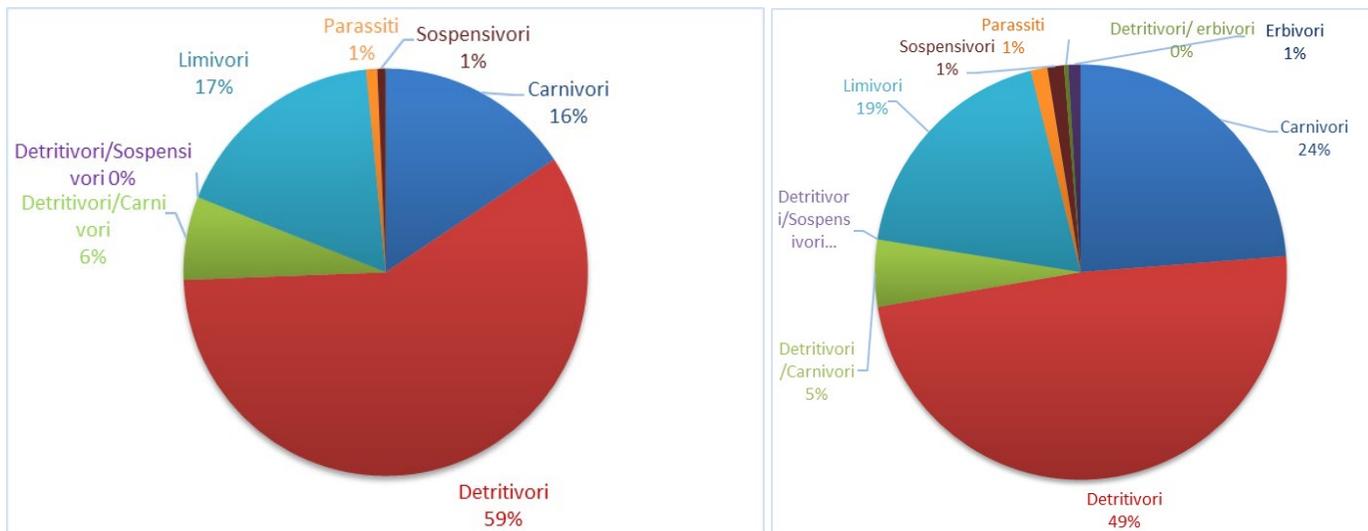
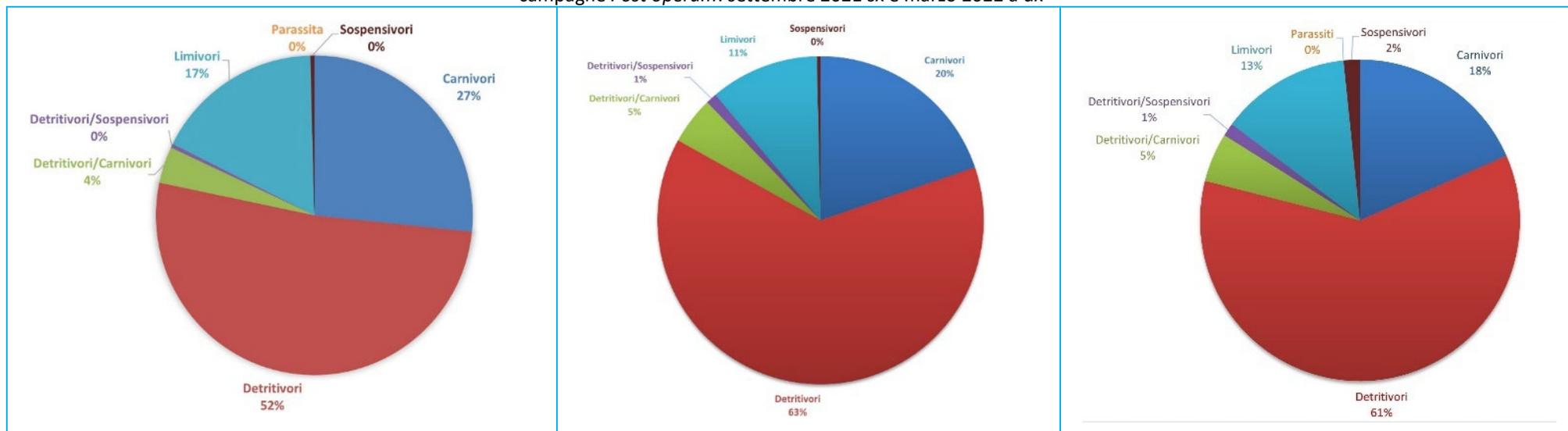


Figura 5.1.1.2.a Suddivisione in categorie trofiche degli organismi presenti nell'area di immersione dei sedimenti dragati, e confronto tra le campagne *Post operam*: settembre 2021 sx e marzo 2022 a dx



Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

Figura 5.1.1.2.b Suddivisione in categorie trofiche degli organismi presenti nell'area di immersione dei sedimenti dragati e confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx.

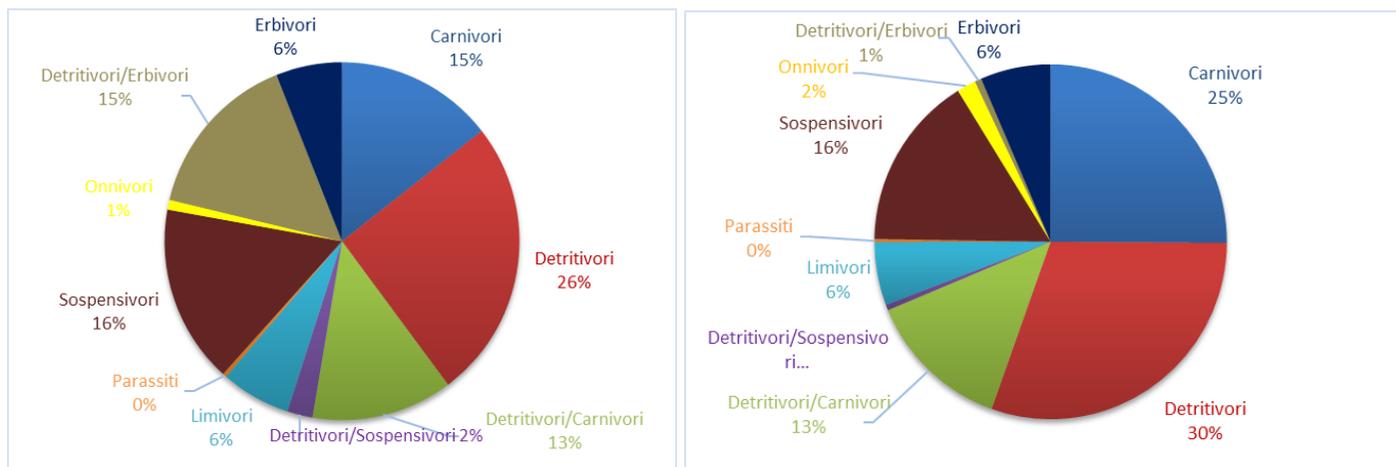
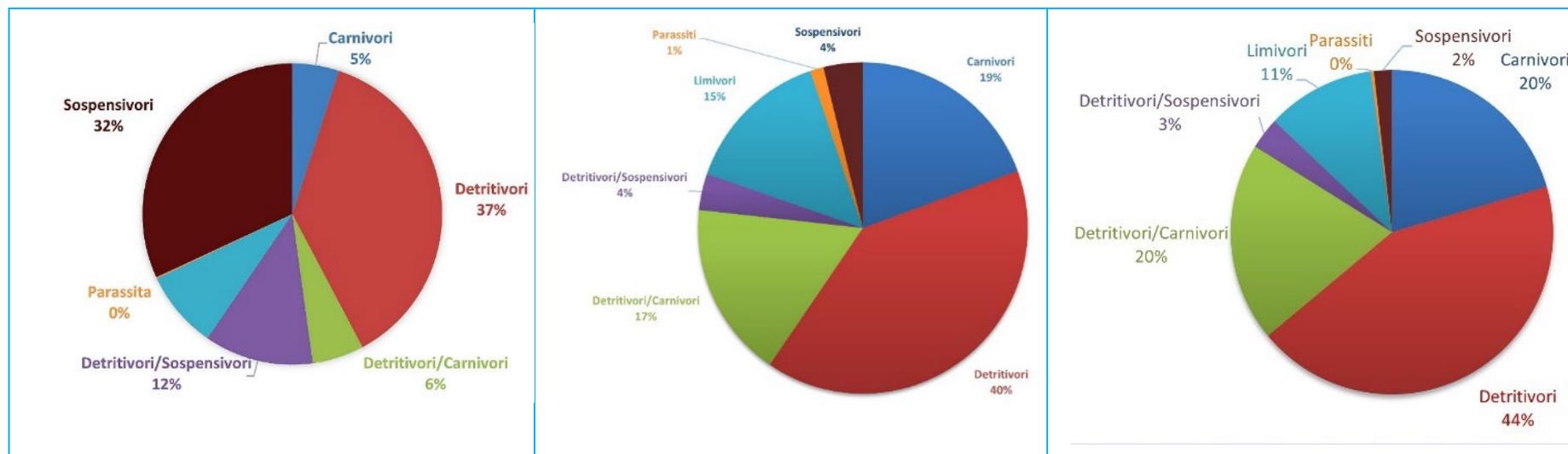


Figura 5.1.1.3.a Suddivisione in categorie trofiche degli organismi presenti nell'area della Costiera amalfitana potenzialmente impattata dall'attività di immersione dei sedimenti dragati e confronto tra le campagne Post operam: settembre 2021 sx e marzo 2022 a dx



Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

Figura 5.1.1.3.b Suddivisione in categorie trofiche degli organismi presenti nell'area della Costiera amalfitana potenzialmente impattata dall'attività di immersione dei sedimenti dragati e confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx.

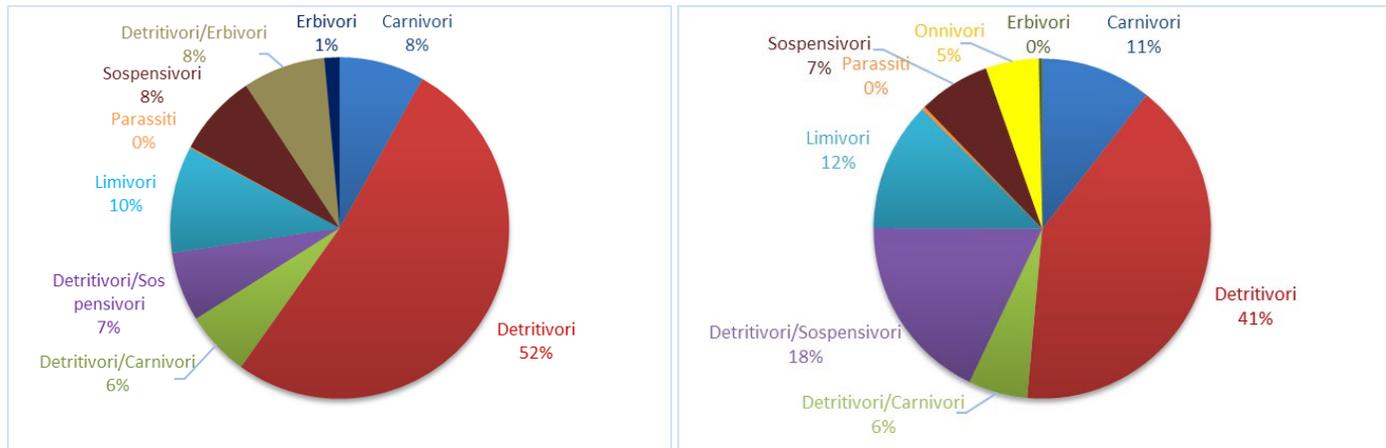


Figura 5.1.1.4.a Suddivisione in categorie trofiche degli organismi presenti nell'area della Piana del Sele potenzialmente impattata dall'attività di immersione dei sedimenti dragati e confronto tra le campagne Post operam: settembre 2021 sx e marzo 2022 a dx

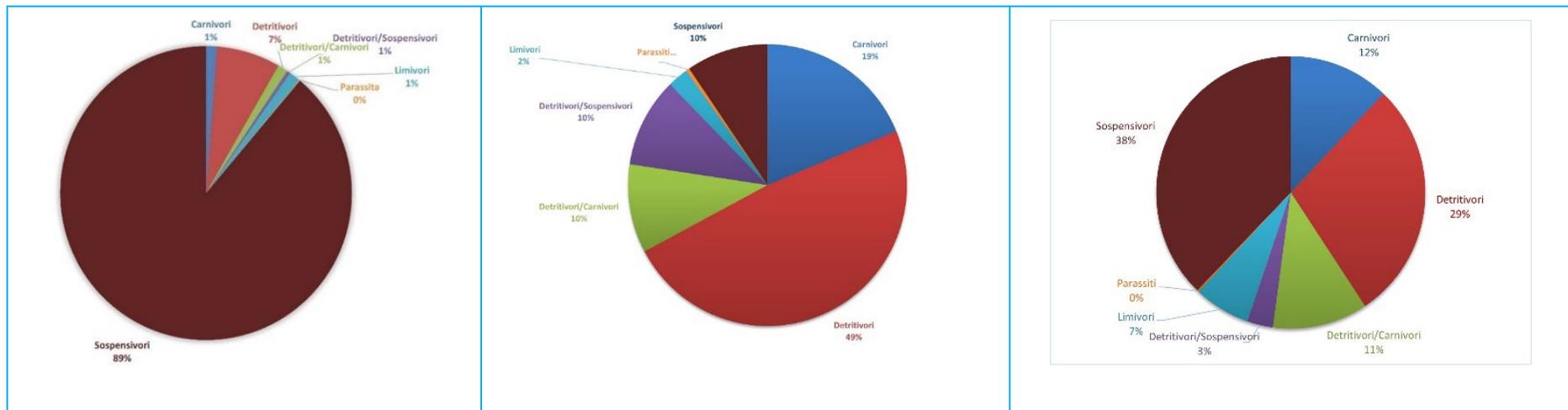


Fig. 5.1.1.4.b Suddivisione in categorie trofiche degli organismi presenti nell'area del litorale della Piana del Sele potenzialmente impattata dall'attività di immersione dei sedimenti dragati e confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx

5.1.2 Analisi Strutturale

5.1.2.1 Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio

L'analisi tassonomica del popolamento bentonico dell'area potenzialmente impattata dalle operazioni di dragaggio (A08, A11, A14, A17, A72) ha condotto all'individuazione complessiva di 2033 individui appartenenti a 133 taxa. L'area è caratterizzata da un popolamento vario con specie appartenenti a gruppi tassonomici uniformemente distribuiti ad eccezione di un caso, *Thracia phaseolina*, che è presente con il 26% del popolamento, si tratta di un mollusco bivalve comune che predilige fondali con sabbie fini ben calibrate, la sua notevole abbondanza può essere conseguenza di una recente fase riproduttiva della specie.

In termini di preferenze ecologiche la comunità è caratterizzata da specie appartenenti a differenti categorie bionomiche, da un elevato numero di specie strettamente sabulicole e vasicole, da specie a larga ripartizione ecologica e altre descritte in letteratura come indicatrici di instabilità. Diverse sono le specie molto sensibili ai disturbi presenti in questa area, fra questi da segnalare per abbondanze, proprio il mollusco *Thracia phaseolina*, ed i molluschi *Chamelea gallina*, comune bivalve del piano infralitorale, predilige fondi sabbiosi e fangoso-sabbiosi, e *Lucinella divaricata*, bivalve comune del mediterraneo che vive su fondali detrito- fangosi a basse profondità.

L'analisi degli indici strutturali ha evidenziato un popolamento mediamente ricco in specie in tutte le stazioni.

I valori più elevati si riscontrano nella stazione A08, il valore più basso in A14 (Fig. 5.1.2.1.1 a). Mettendo in confronto la campagna di marzo 2022 con settembre 2021 si notano valori simili, leggermente inferiori nella stazione A17 e A72, mentre il confronto con le tre campagne Corso d'Opera, maggio 2020, dicembre 2020 e febbraio 2021, conferma l'aumento percentuale in specie già evidenziato a partire dalla campagna di febbraio 2021 (Fig. 5.1.2.1.1 b).

Valori abbastanza elevati dell'indice di equiripartizione di Pielou (J) sono presenti nelle stazioni A08, A11 ed A72 con valori superiori a 0.8, dimostrando un'uniforme distribuzione degli organismi, nelle stazioni A14 ed A17 i valori sono leggermente inferiori, questo è determinato dai picchi di abbondanza dei molluschi bivalvi *Thracia phaseolina*, *Dosinia lupinus* e dal polichete *Prionospio fallax* (Fig. 5.1.2.1.2.a).

Il confronto dei dati con la campagna *post operam* settembre 2021 mostra una leggera diminuzione in due stazioni A17 ed A172 dei valori dell'indice ma come già detto determinato dai picchi di abbondanza di alcune specie. Invece il confronto con le campagne del Corso D'Opera conferma l'aumento costante nella equa distribuzione degli organismi (Fig. 5.1.2.1.2.b).

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

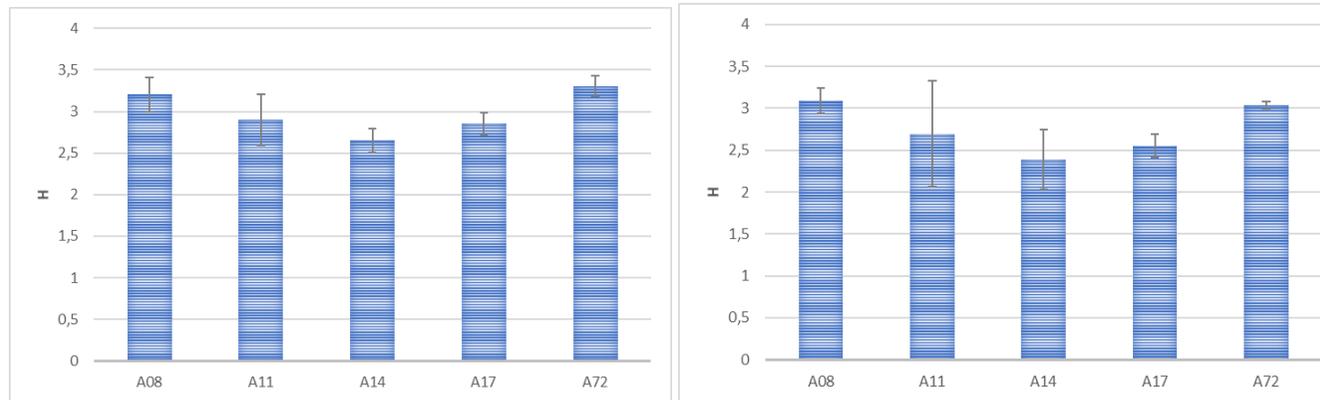


Figura 5.1.2.1.1.a Indice di diversità specifica di Shannon Weaver (media +/- deviazione standard) nell'area potenzialmente impattata dalle operazioni di dragaggio e confronto tra le campagne *Post operam*: settembre 2021 sx e marzo 2022 a dx

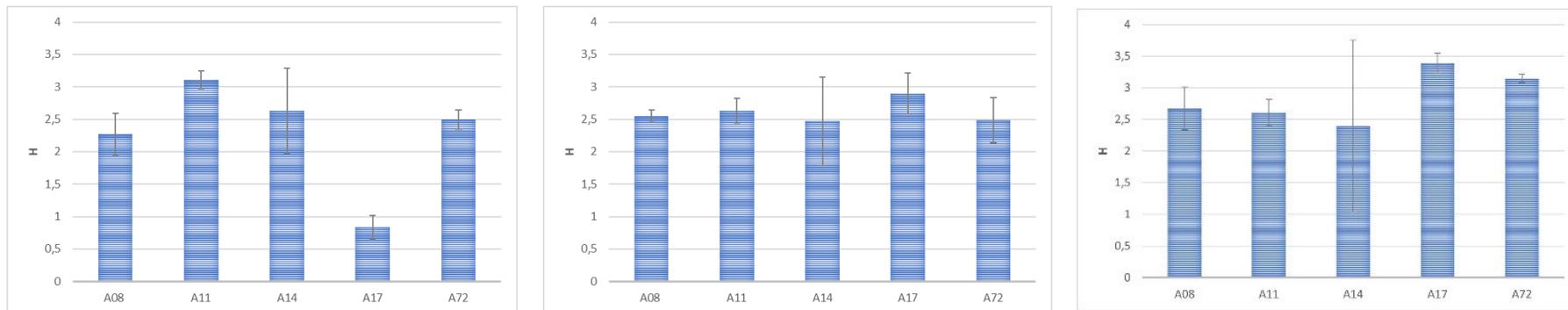


Figura 5.1.2.1.1.b Confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell'indice di diversità specifica di Shannon Weaver (media +/- deviazione standard) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio.

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

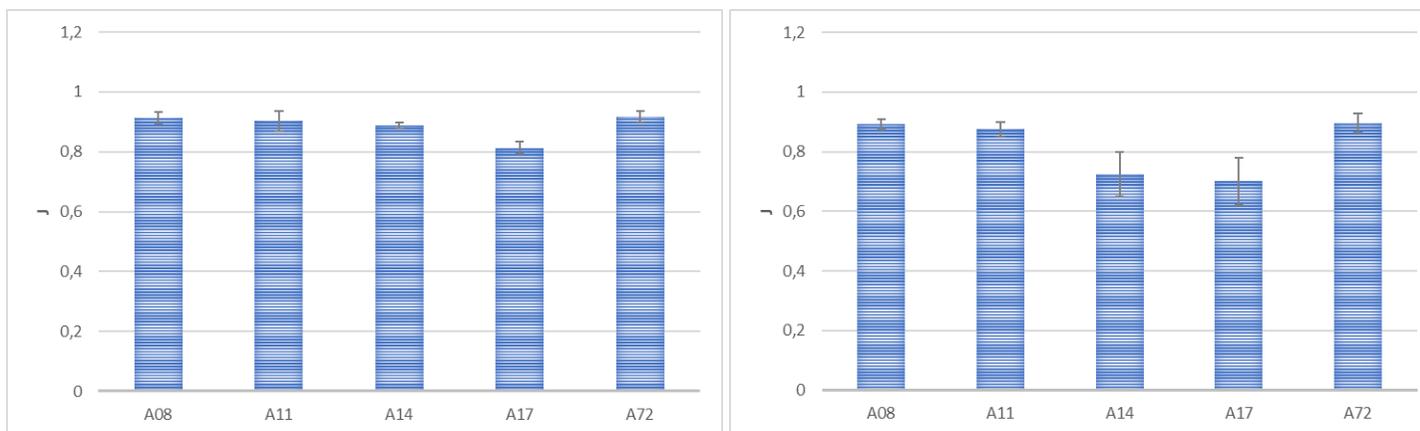


Figura 5.1.2.1.2.a Indice di equipartizione di Pielou (media +/- deviazione standard) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio e confronto tra le campagne *Post operam*: settembre 2021 sx e marzo 2022 a dx

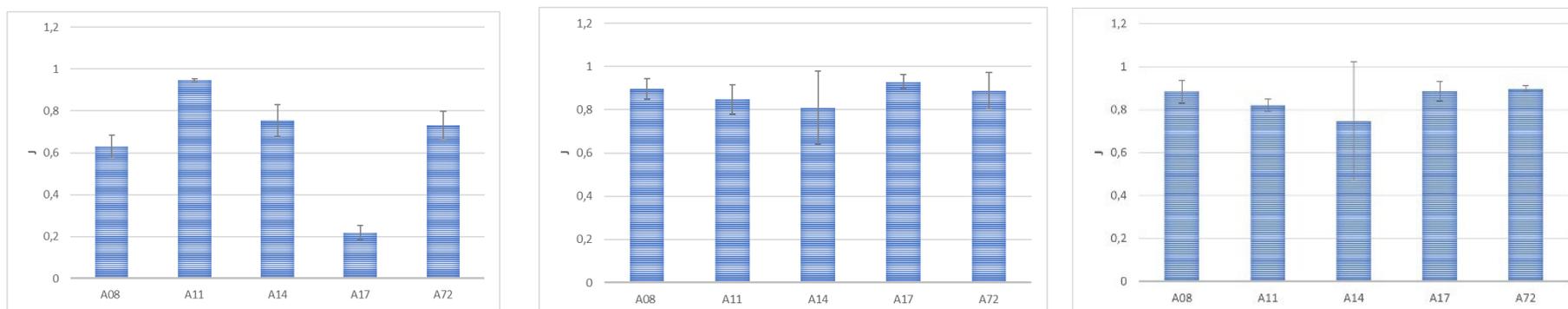


Figura 5.1.2.1.2.b Confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell'indice di equipartizione di Pielou (media +/- deviazione standard) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio.

Il calcolo dell'indice AMBI e la distribuzione delle specie all'interno di ciascun gruppo ecologico sono riportati nel grafico di figura 5.1.2.1.3.a. I gruppi ecologici presenti in tutte le stazioni sono il gruppo GI, GII, GIII, GIV e GV, con i primi due che risultano essere i due gruppi più rappresentati mentre GIII e GIV sono caratterizzati da valori molto bassi, per quanto riguarda GV è trascurabile la sua presenza (Fig. 5.1.2.1.3.a). Solo la stazione A11 presenta un valore di GV abbastanza alto, circa il 20%.

L'indice AMBI presenta invece valori pari o inferiori a 2 in tre stazioni, A08, A11, A72 (Fig. 5.1.2.1.4.a) indicanti un ambiente leggermente disturbato con un ECoQ abbastanza buono, mentre nelle stazioni A14 e A17 i valori sono inferiori ad 1 indicando un ambiente indisturbato.

Il confronto dell'indice AMBI e la distribuzione delle specie all'interno di ciascun gruppo ecologico nell'ultima campagna con la precedente *post operam* settembre 2021 mostra una sostanziale similarità mentre il confronto con le campagne Corso D'Opera continua a mostrare valori in miglioramento in particolare per le stazioni A14, A17, A72 con un aumento consistente delle specie appartenenti al gruppo GI. Miglioramento dimostrato anche dalla distribuzione spaziale e dall'indice ECoQ che riporta due stazioni in ambiente indisturbato, A14 e A17.

In figura 5.1.2.1.5.a sono riportati i valori dell'indice M-AMBI nelle stazioni considerate e il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE). Quasi tutte le stazioni presentano un RQE High (blu), solo la stazione A11 presenta un valore di RQE Good (verde).

Il confronto dei valori dell'AMBI e del M-AMBI attuali con quelli delle campagne precedenti *Post operam* e Corso D'Opera mostra valori simili con un miglioramento in tutte le stazioni ed un valore di RQE High (blu) per tutte le stazioni (Fig. 5.1.2.1.3.b; 5.1.2.1.4.b; 5.1.2.1.5.b).

Ricordiamo che le ultime due campagne del Corso D'Opera sono state effettuate nel periodo invernale, dicembre 2020 e febbraio 2021, periodi di naturale riduzione delle specie dato che la gran parte degli organismi in questione risente della stagionalità. La Campagna *Post operam* a sei mesi dalla fine dei lavori, settembre 2021, invece è stata effettuata in periodo estivo, quando i valori strutturali della comunità tendono naturalmente ad aumentare grazie alle condizioni climatiche più favorevoli. L'ultima campagna invece è stata realizzata a marzo 2022 in un periodo di riduzione naturale delle specie ma i valori sono risultati essere ugualmente ottimi.

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

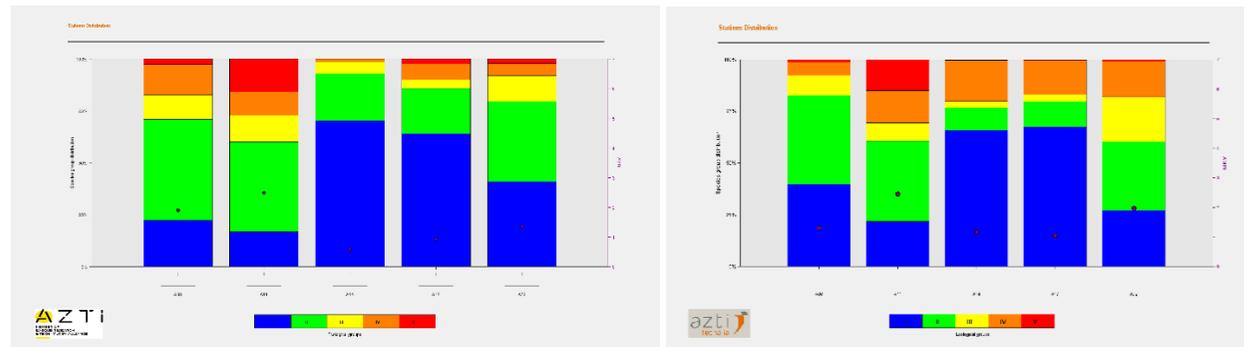


Figura 5.1.2.1.3.a Confronto dell'Indice AMBI e distribuzione delle specie nei 5 gruppi ecologici (G) all'interno di ciascuna stazione delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio e confronto tra le campagne *Post operam*: settembre 2021 sx e marzo 2022 a dx

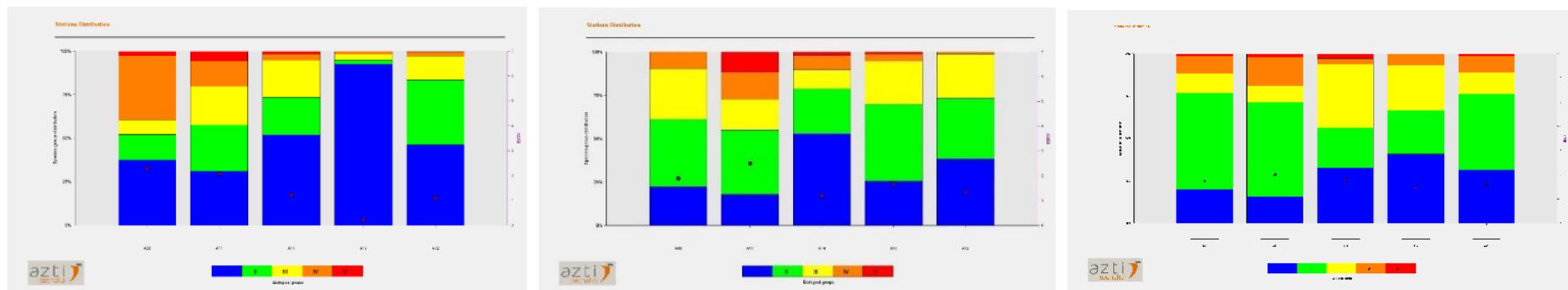


Figura 5.1.2.1.3.b Confronto dell'Indice AMBI e distribuzione delle specie nei 5 gruppi ecologici (G) all'interno di ciascuna stazione delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

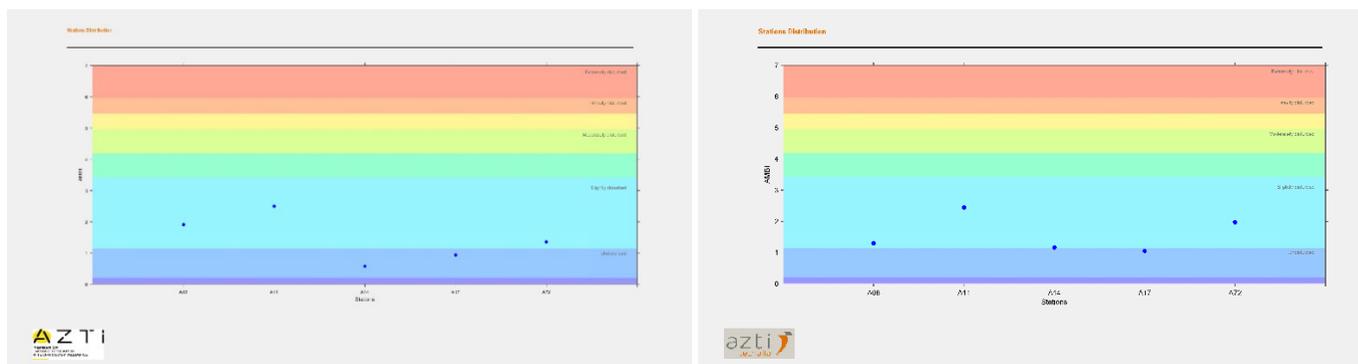


Figura 5.1.2.1.4.b Confronto dell'indice AMBI e valori di ECoQ in tutte le stazioni delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio campagna e confronto tra le campagne *Post operam*: settembre 2021 sx e marzo 2022 a dx

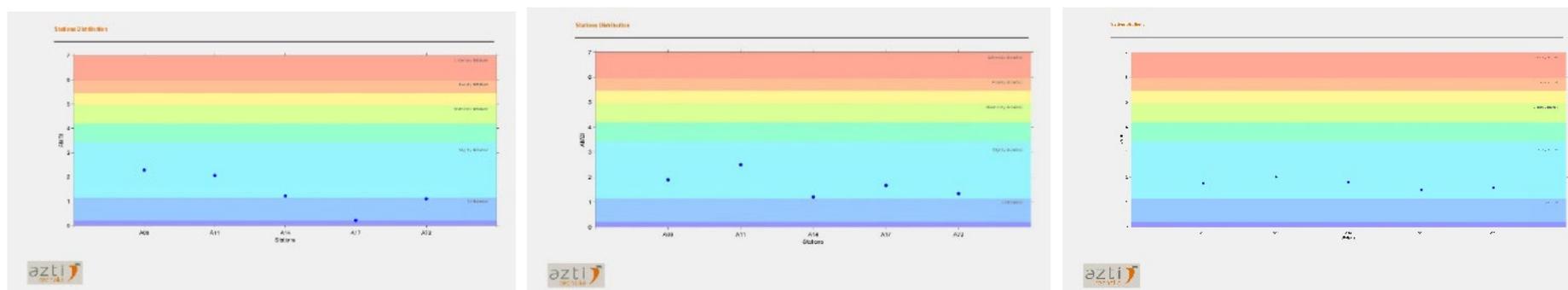


Figura 5.1.2.1.4.a Confronto dell'indice AMBI e valori di ECoQ in tutte le stazioni delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

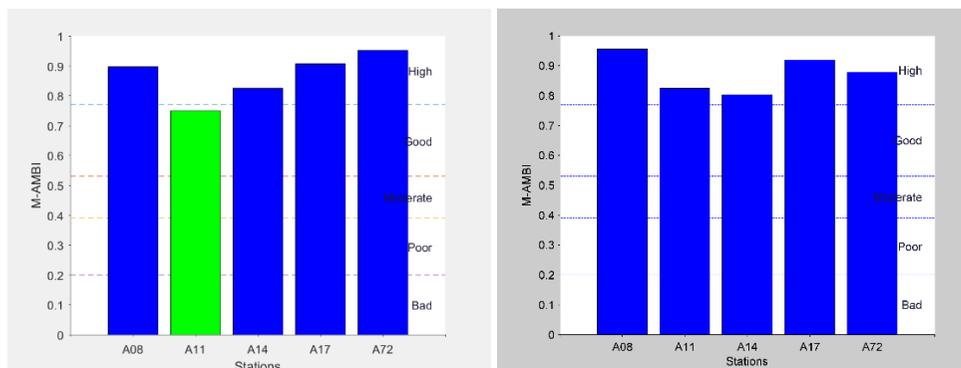


Figura 5.1.2.1.5.a Confronto dell'Indice M-AMBI nelle stazioni delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio ed il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) campagna e confronto tra le campagne *Post operam*: settembre 2021 sx e marzo 2022 a dx

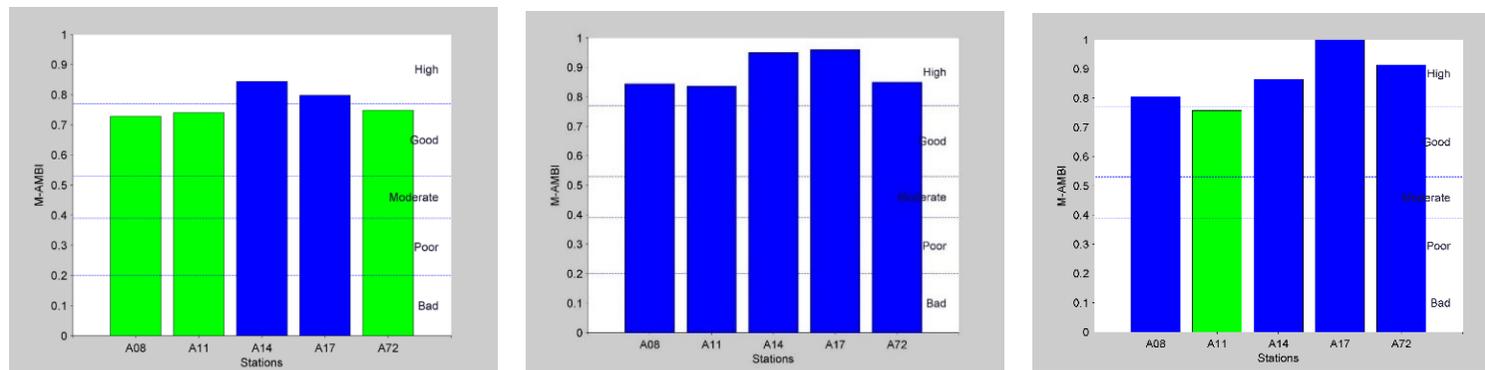


Figura 5.1.2.1.5.b Confronto dell'Indice M-AMBI nelle stazioni delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio ed il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx.

5.1.2.2 Area d'immersione dei sedimenti dragati

L'analisi tassonomica del popolamento bentonico dell'area di immersione (A20, A21, A22, A23, A24, A74, A75, A76) ha portato all'individuazione di un totale di 308 individui appartenenti a 54 taxa. Il 29% del popolamento è costituito da due policheti *Paradiopatra calliopae* (19%) e *Prionospio ehlersi* (10%) mentre l'14% è costituito dal mollusco bivalve *Mendicula ferruginosa*. Il restante 57% del popolamento è costituito in prevalenza da policheti e molluschi bivalvi. La composizione del popolamento in termini di preferenze ecologiche evidenzia un popolamento simile a quello riscontrato nelle campagne precedenti con una riduzione della presenza degli organismi detritivori ed indicatori di disturbo. Ricordiamo che la tipologia di sedimento riscontrato nella campagna Post Opera di settembre 2021 e nei prelievi delle campagne Corso d'Opera dicembre 2020 e febbraio 2021 è diverso da quello presente nell'area precedentemente. La classazione del sedimento in tutte le stazioni del sito d'immersione è cambiata dal limoso al ghiaioso/sabbioso cosa non riscontrata nell'ultima campagna marzo 2022, quella in esame. In tale campagna la percentuale di sedimento limoso è tornata ad aumentare.

L'andamento dell'indice di Shannon Weaver (H') presenta valori abbastanza elevati in tutte le stazioni, anche se in riduzione rispetto alla campagna *post operam* settembre 2021, infatti solo le stazioni A74 e A75 presentano valori al di sopra di 2 nella diversità specifica, la stazione A20 in particolare presenta un valore basso poco al di sopra di 1 (Fig. 5.1.2.2.1.a). Il confronto con le campagne del Corso d'opera mostra una maggiore similitudine con la campagna di maggio 2020 (Fig. 5.1.2.2.1.b).

L'indice di equitabilità di Pielou (J) mostra un andamento abbastanza costante in tutte le stazioni campionate e con valori che mostrano un'equidistribuzione quantitativa delle specie, tutte le stazioni si posizionano nell'intervallo fra 0,8 ed 1 (Fig. 5.1.2.2.2.a). Il confronto con le campagne precedenti del Corso d'opera mostra un andamento similare, in tutte le stazioni, ed in tutte le campagne i valori si assestano fra 0.8 ed 1 (Fig. 5.1.2.2.2.b).

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

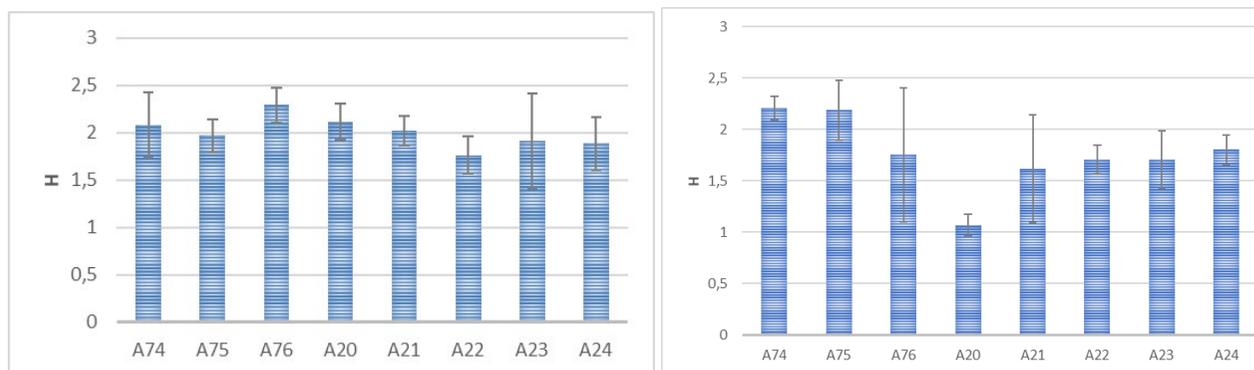


Figura 5.1.2.2.1.a. Indice di diversità specifica di Shannon Weaver (media +/- deviazione standard) nell'area di immersione, e confronto tra le campagne *Post operam*: settembre 2021 sx e marzo 2022 a dx

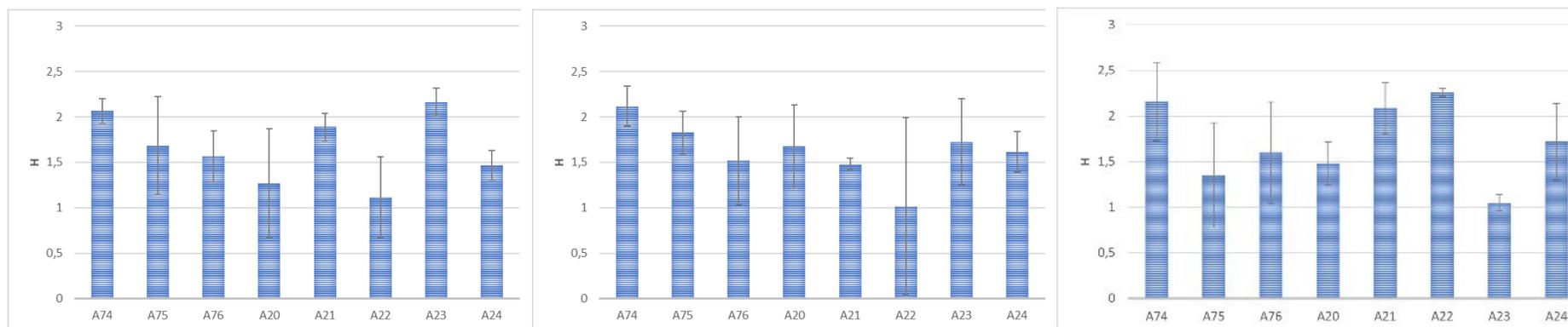


Figura 5.1.2.2.1.b. Confronto tra le campagne Corso d'Opera maggio 2020 sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell'indice di diversità specifica di Shannon Weaver (media +/- deviazione standard) nell'area di immersione.

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

i

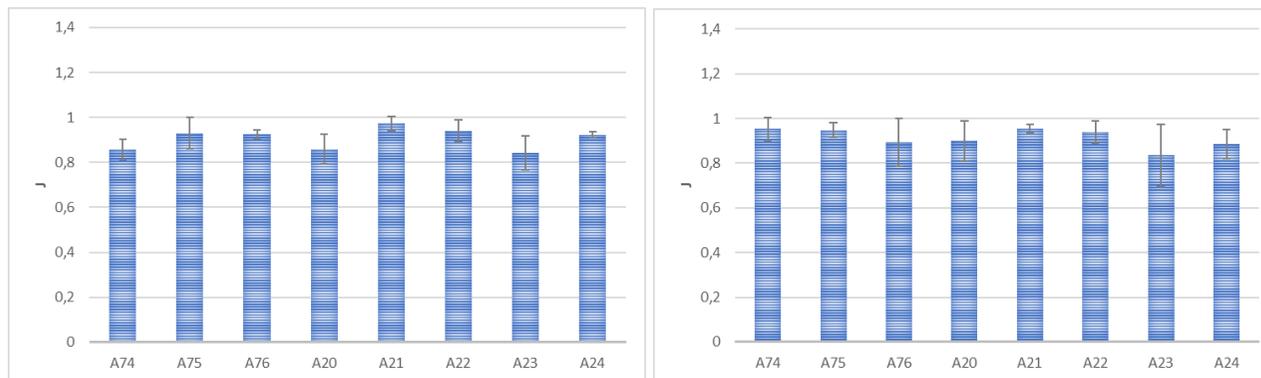


Figura 5.1.2.2.a Indice di equità di Pielou (media +/- deviazione standard) nell'area di immersione e confronto tra le campagne *Post operam*: settembre 2021 sx e marzo 2022 a dx

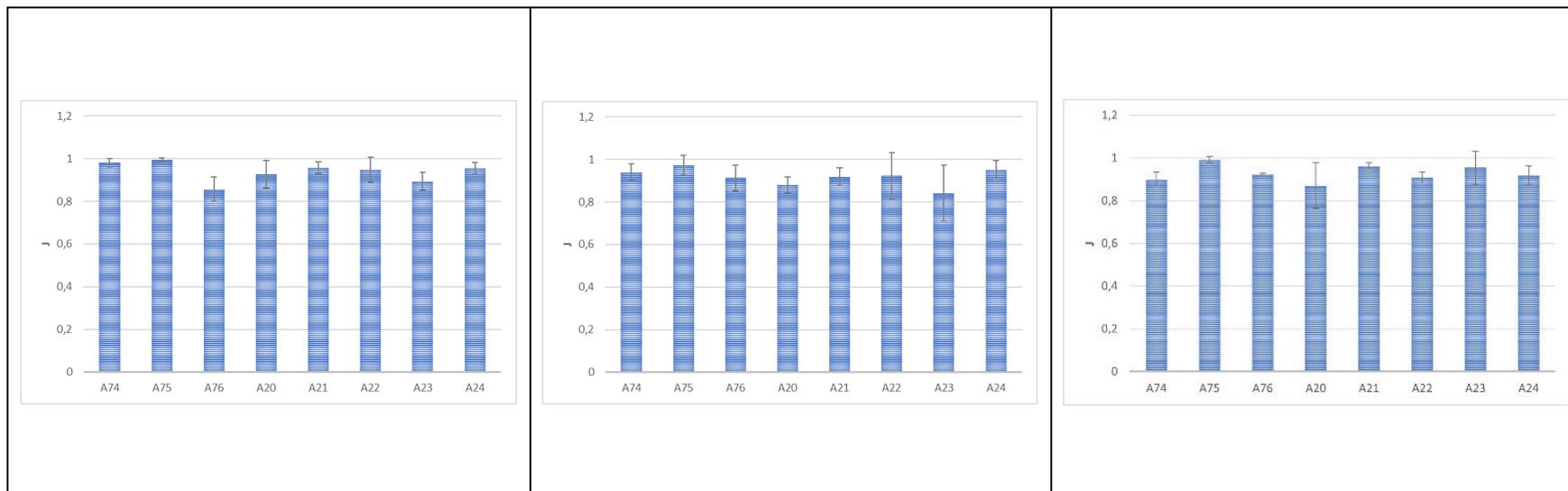


Figura 5.1.2.2.b Confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell'indice di equità di Pielou (media +/- deviazione standard) nell'area di immersione

Il calcolo dell'indice AMBI, la distribuzione delle specie all'interno di ciascun gruppo ecologico ed il confronto con le precedenti campagne, sono stati riportati nei grafici di fig. (5.1.2.2.3.a) e (5.1.2.2.3.b.).

I gruppi ecologici maggiormente rappresentati sono il gruppo GI e GII, seguito dal gruppo GIII e dal GIV nelle stazioni A23 e A24 la percentuale di specie afferenti al gruppo GI è addirittura superiore al 50%. Non ci sono specie appartenenti al gruppo GV.

In tutte le stazioni, tranne che nella stazione A23, l'indice ha evidenziato valori compresi $1,2 < \text{AMBI} < 3$ indicanti un ambiente leggermente disturbato ed un ECoQ buono, mentre la stazione A23 presenta un valore inferiore ad uno con ECoQ Ottimo (Fig. 5.1.2.2.4.a).

Il confronto con le precedenti campagne del Corso D'Opera mostra una sostanziale similarità con una percentuale di specie del gruppo GI e GII abbastanza elevate e l'assenza di specie del gruppo GV (Fig. 5.1.2.2.3.b; 5.1.2.2.4.b).

In figura 5.1.2.2.5.a vengono riportati i valori dell'indice M-AMBI nelle stazioni considerate e il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE). Le stazioni A74, A75, A76, A23 e A24 presentano un RQE *High* (Blu), mentre le stazioni A20, A21 e A22 presentano un RQE *Good* (verde). Il confronto dei valori del M-AMBI attuali con quelli delle campagne precedenti, mostra un leggero peggioramento per le stazioni A20 e A21 che tornano ad avere un RQE *Good* (verde) (Fig. 5.1.2.2.5.b).

Un dato da considerare è che l'area è sottoposta a disturbo da pesca a strascico e non si può escludere un suo effetto sui risultati che potrebbe giustificare le variazioni periodiche nei valori di AMBI ed M-AMBI riscontrate nel corso delle campagne.

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

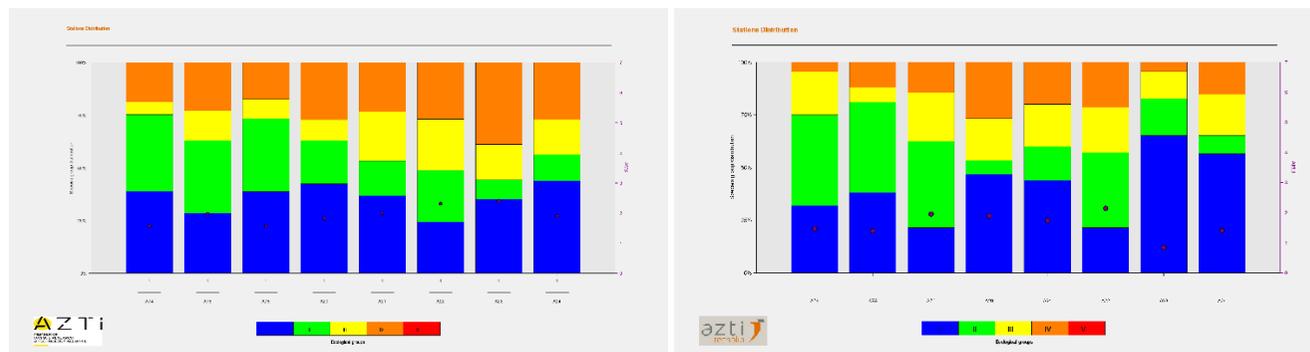


Figura 5.1.2.2.3.a Confronto dell'Indice AMBI e distribuzione delle specie nei 5 gruppi ecologici (G) all'interno di ciascuna stazione dell'area d'immersione. Campagne *Post operam*: settembre 2021 sx e marzo 2022 a dx

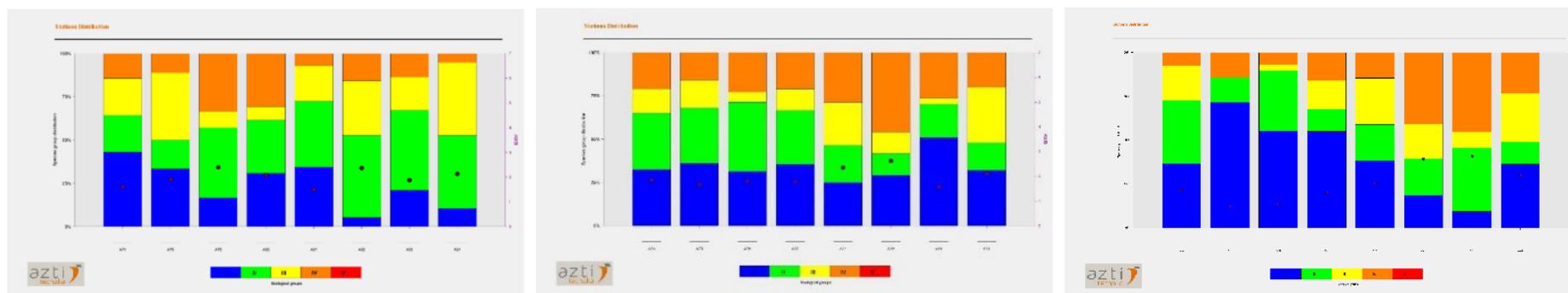


Figura 5.1.2.2.3.b Confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell'indice AMBI e distribuzione delle specie nei 5 gruppi ecologici (G) all'interno di ciascuna stazione nell'area di immersione.

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

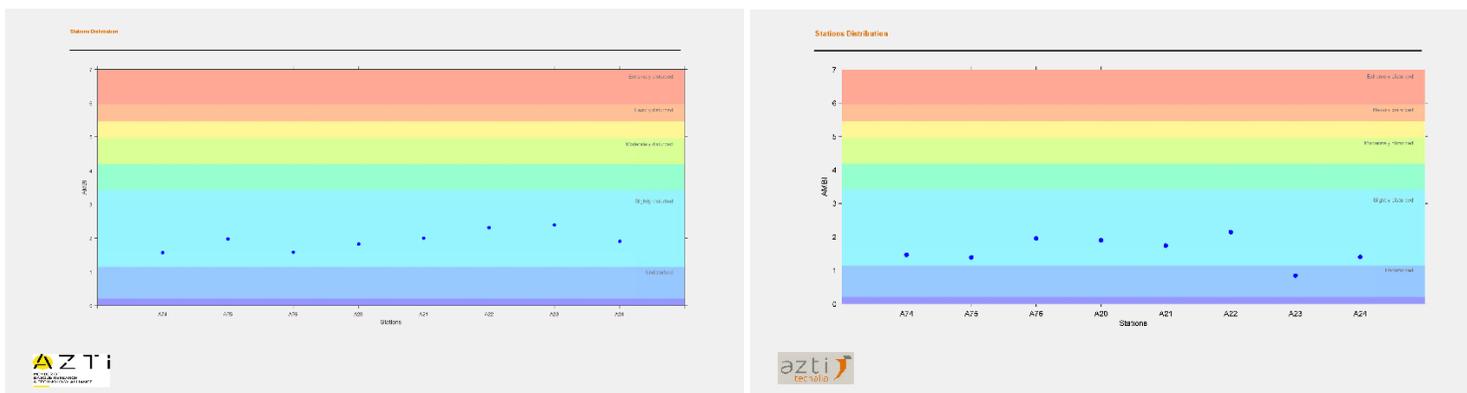


Figura 5.1.2.2.4.a. Indice AMBI e valori di EcoQ in tutte le stazioni nell'area di immersione. Campagne Post operam: settembre 2021 sx e marzo 2022 a dx

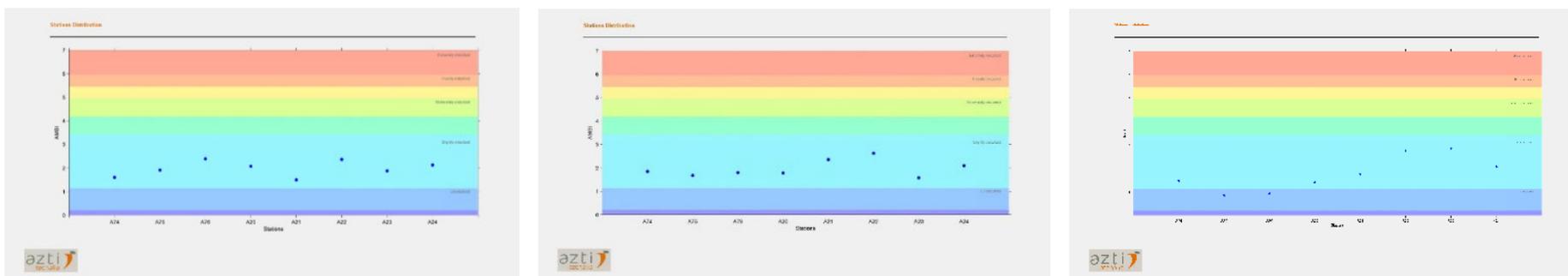


Figura 5.1.2.2.4.b Confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell'indice AMBI e valori di EcoQ in tutte le stazioni nell'area di immersione.

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

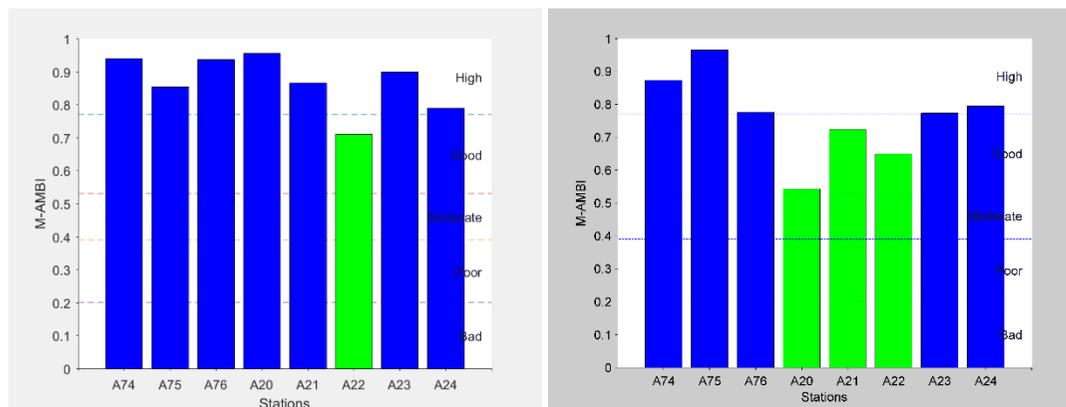


Figura 5.1.2.2.5.a. Indice M-AMBI nelle stazioni campionate ed il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) nell'area di immersione. Campagne *Post operam*: settembre 2021 sx e marzo 2022 a dx

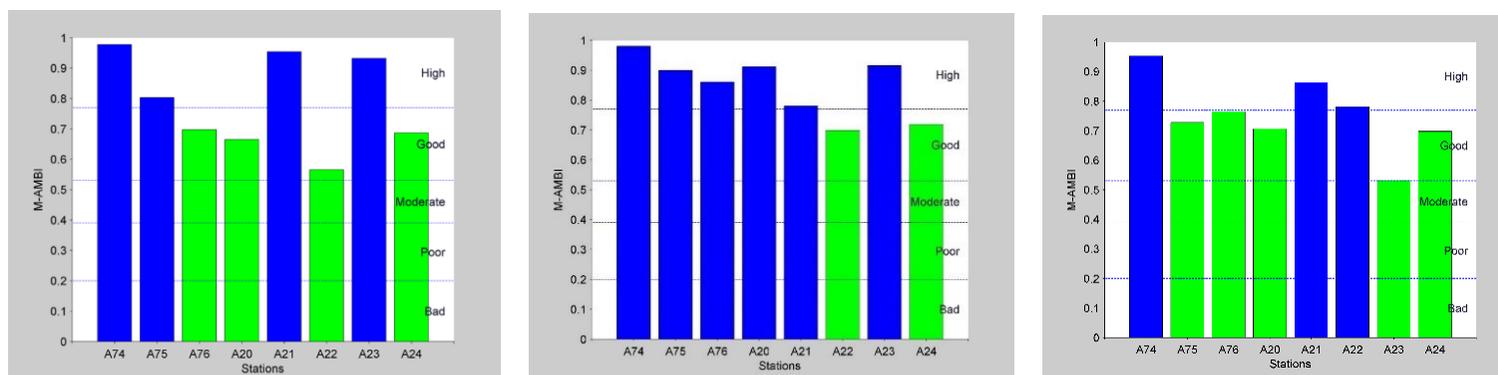


Figura 5.1.2.2.5.b. Confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell'indice M-AMBI nelle stazioni campionate ed il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) nell'area di immersione.

Come nelle campagne precedenti l'elaborazione dei dati ha fornito un'analisi sulla composizione e sulla struttura della comunità. La composizione bionomica, nelle precedenti campagne, aveva messo in evidenza come il popolamento fosse estremamente influenzato dalla variazione di classazione dei sedimenti, dovuta all'immissione dei sedimenti dragati che ha modificato la tipologia di substrato da limoso a ghiaioso/sabbioso. Nell'ultima campagna questa evidenza diminuisce notevolmente, infatti si nota una considerevole riduzione delle specie detritivore ed indicatrici di instabilità. Questo dato confermerebbe che, a distanza di tempo dalla fine dell'immissione di sedimenti dragati, l'ambiente stia gradualmente tornando ai valori iniziali di composizione bionomica. Questo sarebbe in accordo con la dinamica delle popolazioni e gli impatti determinati su di esse. Infatti, il disturbo fisico dell'ambiente sedimentario marino determina un forte grado di dominanza di poche specie sulle altre, in particolare favorisce un incremento delle specie opportuniste, in seguito si assiste ad una riduzione delle loro densità con un progressivo aumento della diversità specifica. Nel caso del sito d'immissione dei sedimenti, il forte disturbo fisico (immissione sedimenti dragati) ha determinato un aumento di specie opportuniste come gli spionidi della specie *Prionospio ehlersi*, specie opportunistica e detritivora, e di conseguenza di specie carnivore che hanno trovato una grande disponibilità alimentare. La fine del disturbo comporta una riduzione delle specie opportuniste, quello che abbiamo registrato nell'ultima campagna di marzo 2022 (*Prionospio ehlersi* con il 10% del popolamento rispetto a valori precedenti vicini al 20%) a cui dovrebbe seguire successivamente anche una diminuzione delle specie carnivore. Questa ipotesi è supportata anche dall'espansione di specie limivore con abitudini di vita vasicole, espansione già registrata nella campagna *post operam* 2021, e che adesso raggiungono il 19% del popolamento. Le altre specie maggiormente presenti nella campagna *post operam* marzo 2022 sono *Paradiopatra calliopae*, specie carnivora a larga ripartizione ecologica, con il 19% e *Mendicula ferruginosa*, (mollusco bivalve detritivoro, una specie cosmopolita di acque profonde, considerata un elemento tipico della biocenosi VP, di fango batiale) con il 14% del popolamento. Infine, da notare che nelle ultime campagne, ad eccezione dell'ultima, le specie maggiormente presenti sono sempre state le tre già menzionate con leggere variazioni percentuali ma grosso modo nelle stesse proporzioni, confermando che il disturbo fisico dell'ambiente sedimentario, abbia determinato l'espansione di specie opportuniste e detritivore, seguite da un consequenziale aumento delle specie carnivore che approfittano della nuova disponibilità di prede.

5.1.2.3 Aree potenzialmente impattate dalle operazioni d'immersione

L'analisi tassonomica delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione è stata fatta identificando due aree, diverse per substrato e molto distanziate fra di loro spazialmente.

L'area corrispondente alla costiera amalfitana (A47, A50, A53) e l'area del litorale della Piana del Sele (A59, A62) nell'ultimo campionamento non è stato possibile prelevare le stazioni A65 e A68 perché ricadenti in un'area interdotta a causa di attività militari in corso.

Area Costiera Amalfitana

L'analisi tassonomica del popolamento bentonico dell'area della Costiera Amalfitana ha condotto all'individuazione complessiva di 1177 individui e 163 taxa. Rispetto alla Campagna precedente *Post operam* settembre 2021 c'è una riduzione sia in abbondanza che in numero di taxa. Questo dipende in particolare modo dalla stagionalità, che ha un ruolo importante sui cicli di riproduzione degli organismi bentonici, con picchi di riproduzione in primavera ed autunno e riduzioni in tardo autunno e inverno.

L'analisi degli indici strutturali ha evidenziato un popolamento abbastanza ricco e diversificato nelle tre stazioni dell'area con valori di diversità specifica (H) superiori a 3 per le stazioni A47 e A50 e poco al di sopra di 2 per A53. Il confronto con tutte le precedenti campagne conferma l'aumento di diversità riscontrata nella campagna *Post operam* di settembre 2021, unica differenza la riduzione riscontrata nella stazione A53. Il popolamento dell'area, quindi, è ben diversificato con un solo picco in abbondanza costituito dal mollusco bivalve *Lucinella divaricata*, comune detritivoro che vive su fondi sabbiosi del piano infralitorale, presente con il 13% del popolamento (Fig. 5.1.2.3.1.a-b).

L'indice di equiripartizione di Pielou (J) mostra valori abbastanza alti, per le stazioni A47 e A50 superiori a 0,8, indicando una buona distribuzione delle specie all'interno delle stazioni, la stazione A53 invece presenta un valore in riduzione rispetto alla campagna di settembre 2021 con un valore di poco superiore a 0,6. Il confronto con le campagne precedenti non mostra significativi cambiamenti se non nel valore della stazione A53 che torna ad avere valori simili a quelli di maggio 2020 (Fig. 5.1.2.3.2.a-b).

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

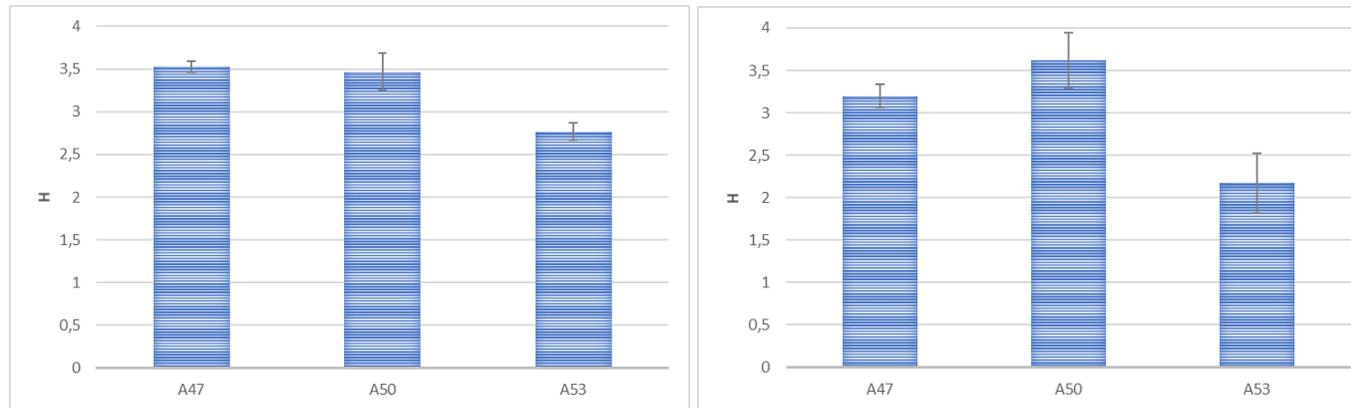


Figura 5.1.2.3.1.a. Indice di diversità specifica di Shannon Weaver (media +/- deviazione standard) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Costiera), campagne *Post operam*: settembre 2021 sx e marzo 2022 a dx

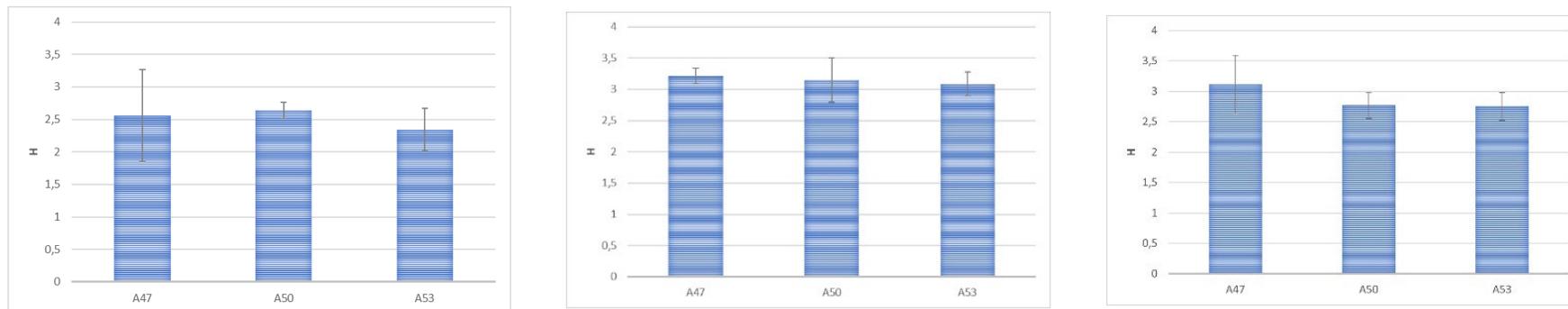


Figura 5.1.2.3.1.b. Confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell'indice di diversità specifica di Shannon Weaver (media +/- deviazione standard) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Costiera).

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

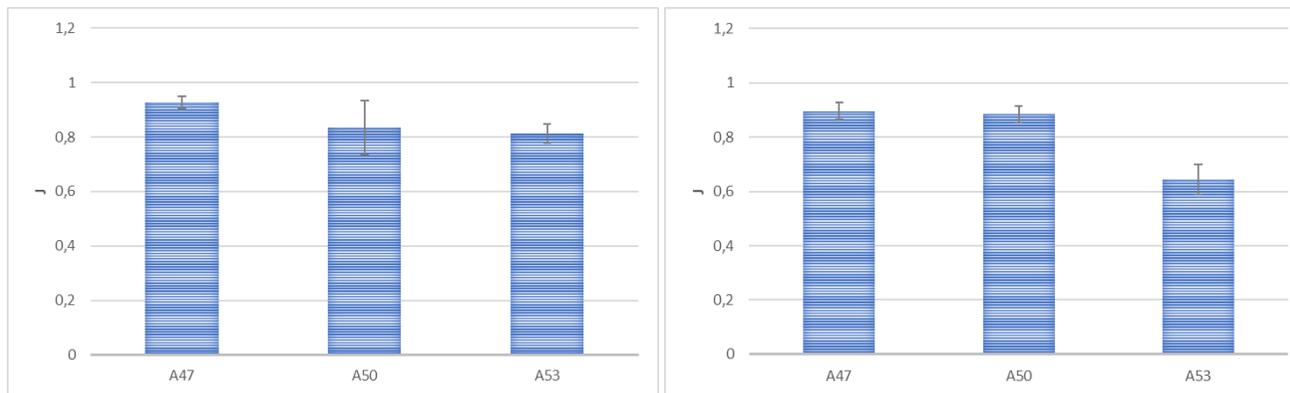


Figura 5.1.2.3.1.2.a Indice di equiripartizione di Pielou (media +/- deviazione standard) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Costiera), campagne *Post operam*: settembre 2021 sx e marzo 2022 a dx

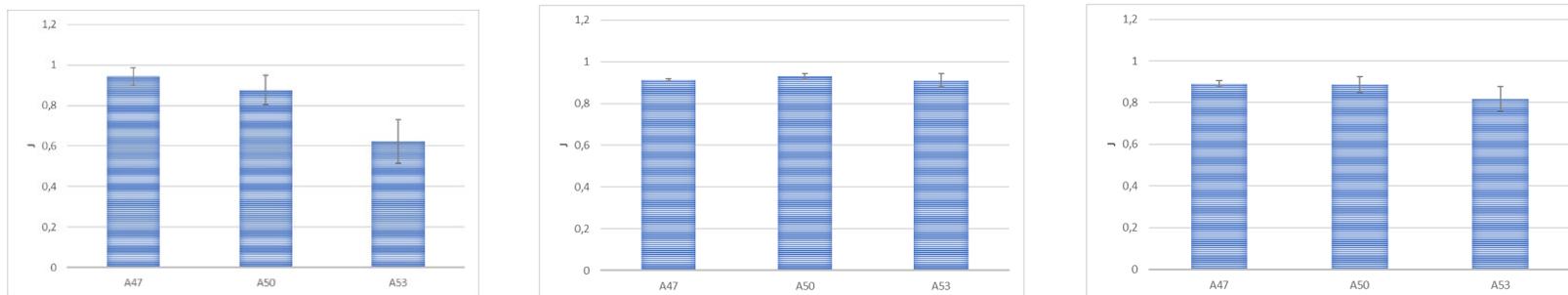


Figura 5.1.2.3.2.b Confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell'indice di equiripartizione di Pielou (media +/- deviazione standard) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Costiera).

Il calcolo dell'indice AMBI, la distribuzione delle specie all'interno di ciascun gruppo ecologico ed il confronto con le precedenti campagne, sono stati riportati nei seguenti grafici. I gruppi ecologici GI, GII hanno i più alti valori percentuali, in particolare la stazione A50 e la stazione A53 presentano una percentuale di distribuzione di specie afferenti al gruppo GI molto elevata. I rimanenti gruppi si distribuiscono in maniera inferiore in ciascuna stazione (Fig. 5.1.2.3.3.a). Da notare il valore dell'indice AMBI per la stazione A50 ed il confronto con le precedenti campagne, l'incremento delle specie GI è elevatissimo. (Fig. 5.1.2.3.3.b).

L'indice AMBI, riguardo alla distribuzione delle specie, presenta valori leggermente superiori ad 1 nella stazione A47, indicanti un ambiente leggermente disturbato, mentre presenta un ambiente non disturbato per le stazioni A50 e A53 con un ECoQ ottimale (Fig. 5.1.2.3.4.b).

In figura 5.1.2.3.5.a sono riportati i valori dell'indice M-AMBI nelle stazioni considerate e il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE). Le stazioni presentano un RQE High (blu) nella stazione A47 e A50, con valori molto alti per la stazione A50 ed un RQE Good (verde) per la stazione A53. Il confronto dei valori dell'AMBI e del M-AMBI attuali con quelli delle campagne precedenti mostra una grande similarità con la campagna *post operam* di settembre 2021 mentre presenta valori superiori rispetto alle precedenti campagne (Figura 5.1.2.3.5.a-b).

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

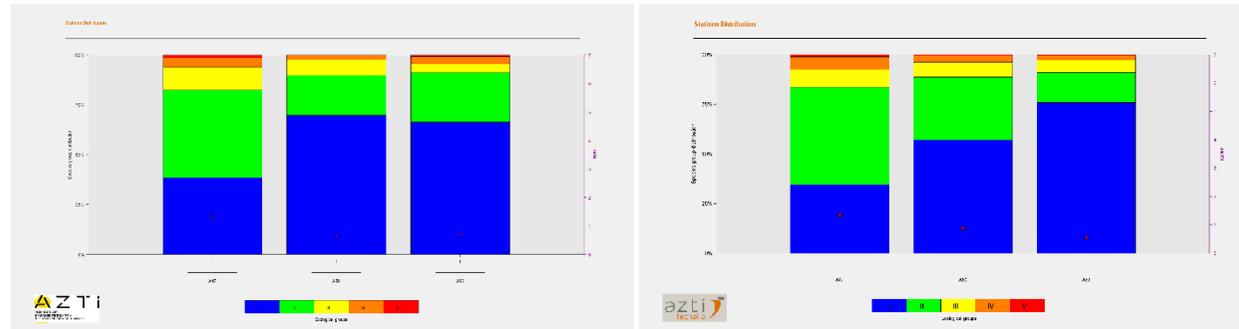


Figura 5.1.2.3.3.a Indice AMBI e distribuzione delle specie nei 5 gruppi ecologici (G) all'interno di ciascuna stazione delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Costiera), campagne *Post operam*: settembre 2021 sx e marzo 2022 a dx

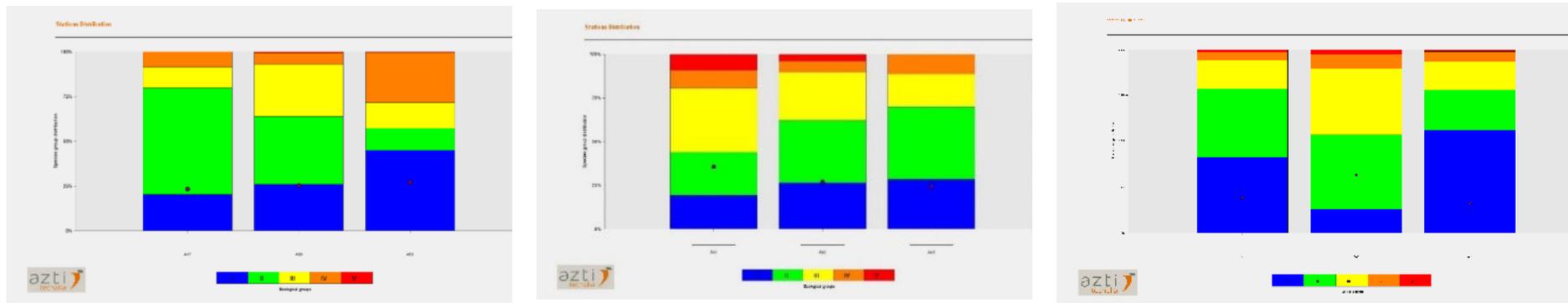


Figura 5.1.2.3.3.b Confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell'indice AMBI e distribuzione delle specie nei 5 gruppi ecologici (G) all'interno di ciascuna stazione delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Costiera).

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

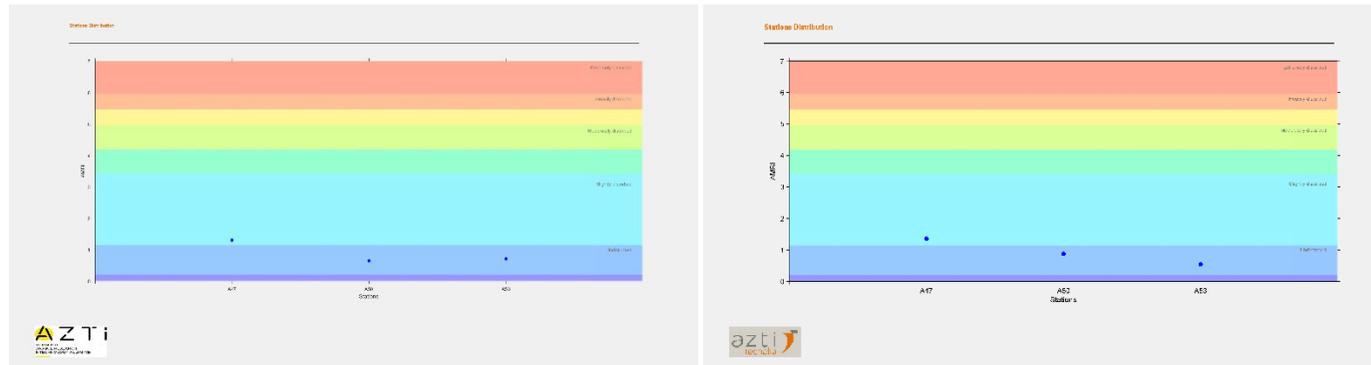


Figura 5.1.2.3.4.a Indice AMBI e valori di ECoQ in tutte le stazioni delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Costiera), campagne *Post operam*: settembre 2021 sx e marzo 2022 a dx

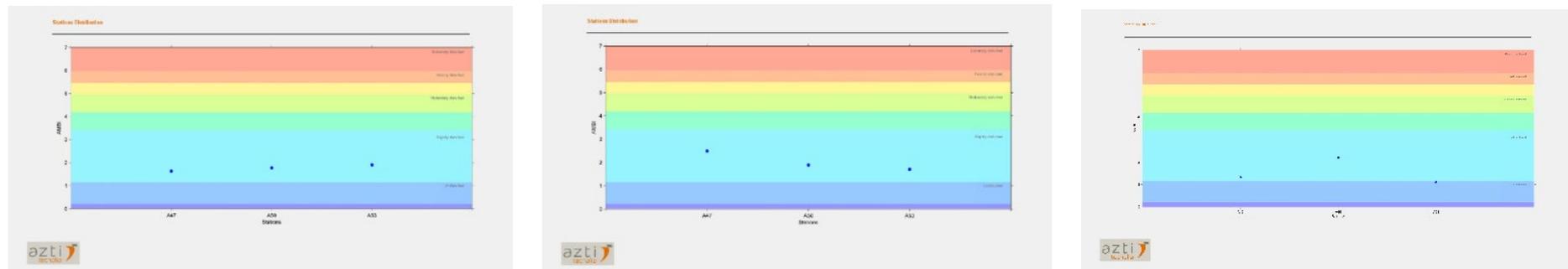


Figura 5.1.2.3.4.b Confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell'indice AMBI e valori di ECoQ in tutte le stazioni delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Costiera).

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

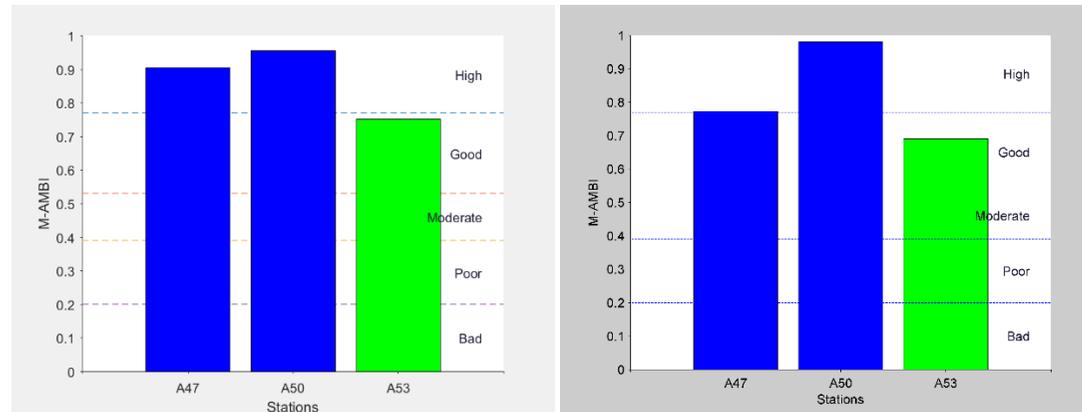


Figura 5.1.2.3.5.a Indice M-AMBI nelle stazioni campionate ed il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Costiera), campagne *Post operam*: settembre 2021 sx e marzo 2022 a dx

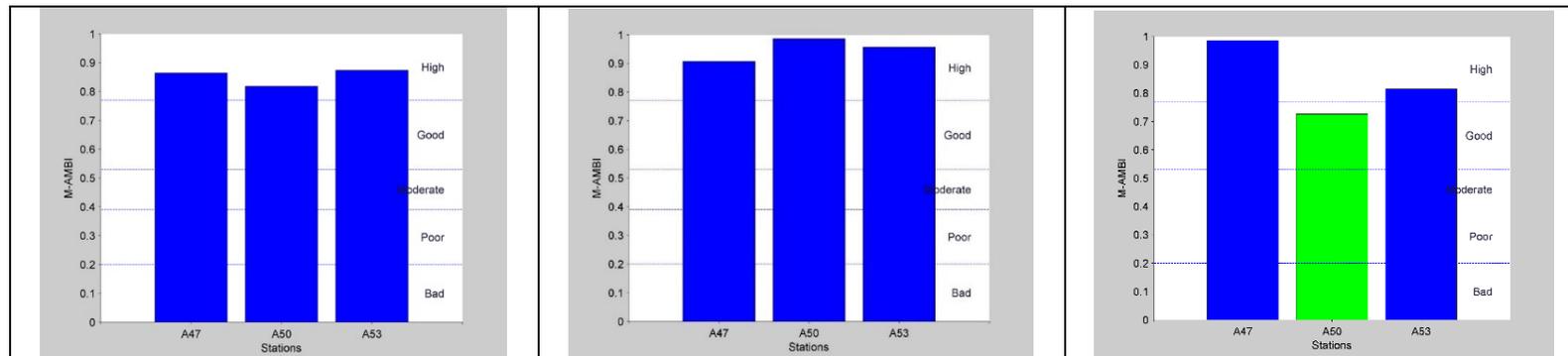


Figura 5.1.2.3.5.b Confronto tra le campagne Corso d’Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell’indice M-AMBI nelle stazioni campionate ed il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Costiera).

Area litorale della Piana del Sele

L'analisi tassonomica del popolamento bentonico dell'area del litorale della Piana del Sele ha condotto all'individuazione complessiva di 1631 individui e 114 taxa. I valori di abbondanza e di numero di taxa sono inferiori della campagna precedente *post operam* di settembre 2021 ricordiamo che le stazioni campionate sono solo 2, sono assenti le stazioni A65 ed A68, ed infatti mettendo a confronto i dati di abbondanza delle due stazioni con le stesse due stazioni precedenti troviamo molto simili.

L'analisi degli indici strutturali ha evidenziato un popolamento abbastanza ricco e diversificato. L'indice di diversità di Shannon Weaver (H') mostra valori che si assestano intorno a 3 nelle due stazioni. Confrontando i dati con le campagne precedenti del Corso d'opera si nota una sostanziale similitudine con i valori di diversità specifica. (Figura 5.1.2.3.6.a-b). Da notare il picco di abbondanza dei policheti *Galathowenia oculata*, detritivoro, con il 15% e di *Owenia fusiformis*, limivoro, con il 10 % del popolamento in entrambi i casi ritrovati nella stazione A59. Entrambe le specie prediligono substrati di sabbia fangosa e periodicamente possono andare incontro a fenomeni di riproduzione molto elevata.

L'indice di equiripartizione di Pielou (J) mostra valori abbastanza elevati nella stazione A62 con un valore vicino a 0,9 mentre presenta un valore in riduzione rispetto alle precedenti campagne per la stazione A59, questo è determinato proprio dal picco di abbondanza delle due specie di policheti *Galathowenia oculata* e *Owenia fusiformis*. (Fig. 5.1.2.3.7.a-b).

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

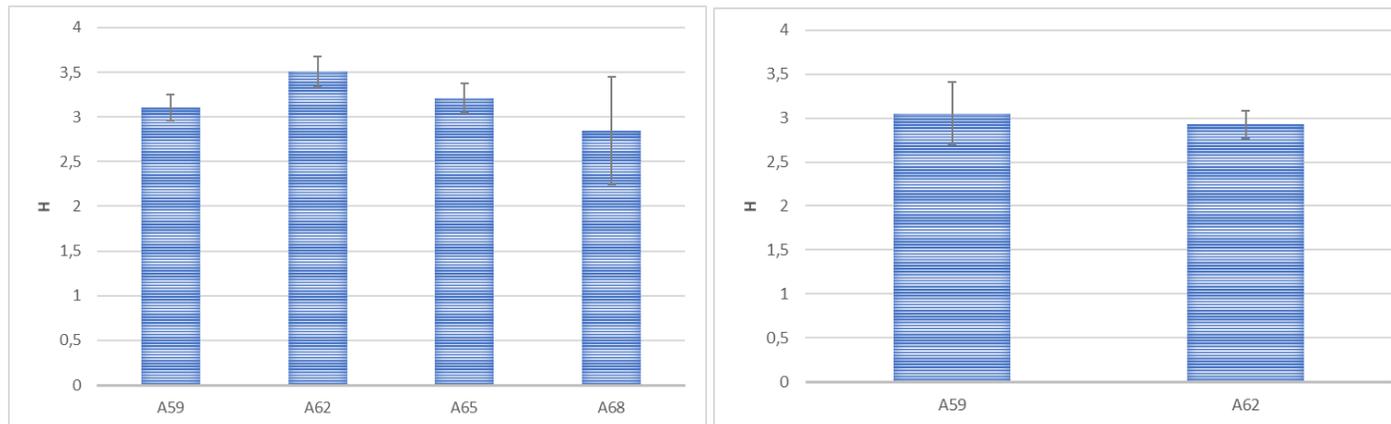


Figura 5.1.2.3.6 a Indice di diversità specifica di Shannon Weaver (media +/- deviazione standard) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Sele), campagne *Post operam*: settembre 2021 sx e marzo 2022 a dx

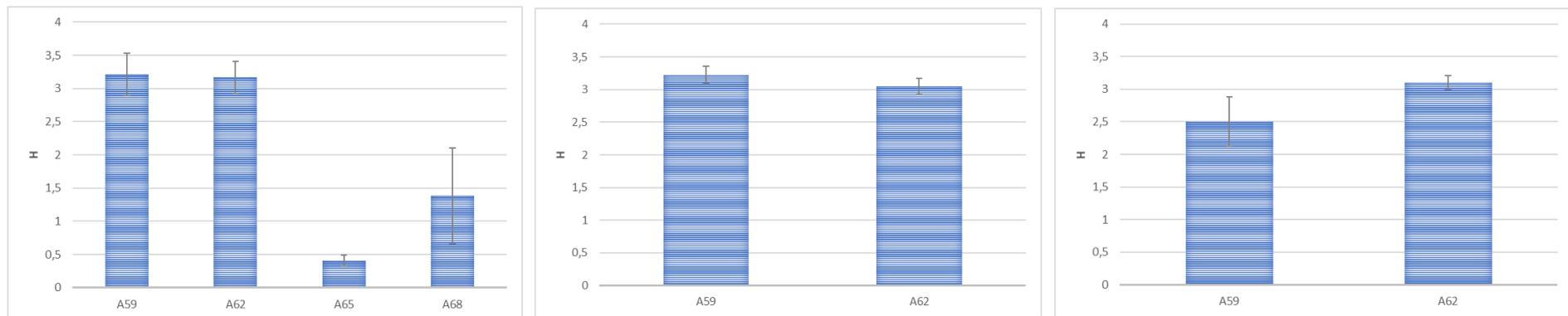


Figura 5.1.2.3.6.b. Confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell'indice di diversità specifica di Shannon Weaver (media +/- deviazione standard) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Sele).

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

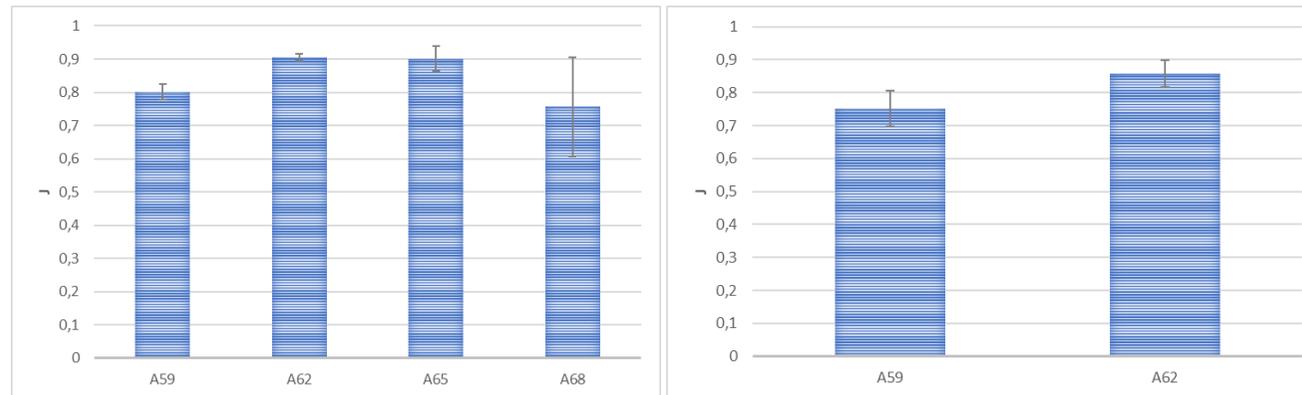


Figura 5.1.2.3.7.a Indice di equiripartizione di Pielou (media +/- deviazione standard) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Sele), campagne *Post operam*: settembre 2021 sx e marzo 2022 a dx

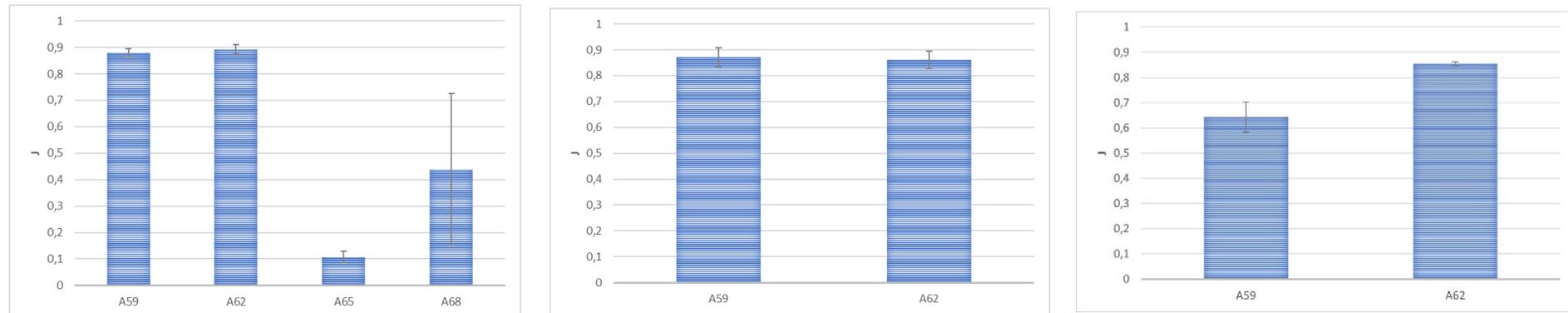


Figura 5.1.2.3.7.b Confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell'indice di equiripartizione di Pielou (media +/- deviazione standard) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Sele).

Nell'area potenzialmente impattata dalle operazioni di dragaggio (litorale Piana del Sele) il calcolo dell'indice AMBI, la distribuzione delle specie all'interno di ciascun gruppo ecologico ed il confronto con le precedenti campagne Corso D'Opera, sono stati riportati nei seguenti grafici. I gruppi ecologici GI, GII hanno i più alti valori percentuali e nella stazione A62 sono presenti tutti e 5 i gruppi ecologici, anche se il GIV e GV con valori trascurabili.

L'indice AMBI presenta valori inferiori a 2 nelle stazioni, indicanti un ambiente leggermente disturbato con un ECoQ buono (Fig. 5.1.2.3.8.a). Il confronto con le precedenti campagne del Corso D'Opera mostra una sostanziale similarità in tutte le stazioni (Figura 5.1.2.3.8.b).

In figura 5.1.2.3.9.a-b sono riportati i valori dell'indice M-AMBI nelle stazioni considerate, il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) e il confronto con le precedenti campagne. Tutte le stazioni considerate hanno un RQE High (blu), in particolare da notare l'altissimo valore della stazione A59.

Il confronto dei valori dell'AMBI e del M-AMBI attuali con quelli delle campagne precedenti del Corso D'Opera mostra valori simili con il rapporto di Qualità ecologica (RQE) che si assesta per tutte le stazioni su valori elevati con un RQE *High* (blu) (Fig. 5.1.2.3.10.b).

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

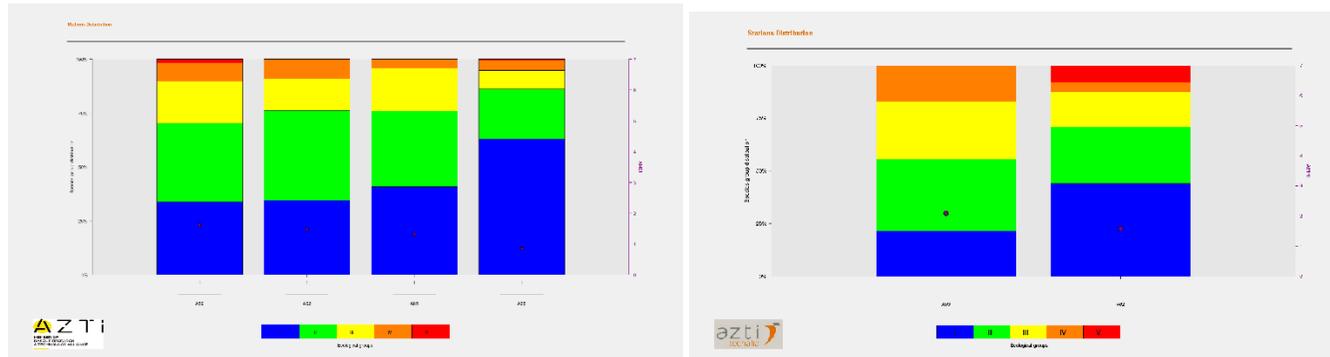


Figura 5.1.2.3.8.a. Indice AMBI e distribuzione delle specie nei 5 gruppi ecologici (G) all’interno di ciascuna stazione delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Sele), campagne *Post operam*: settembre 2021 sx e marzo 2022 a dx

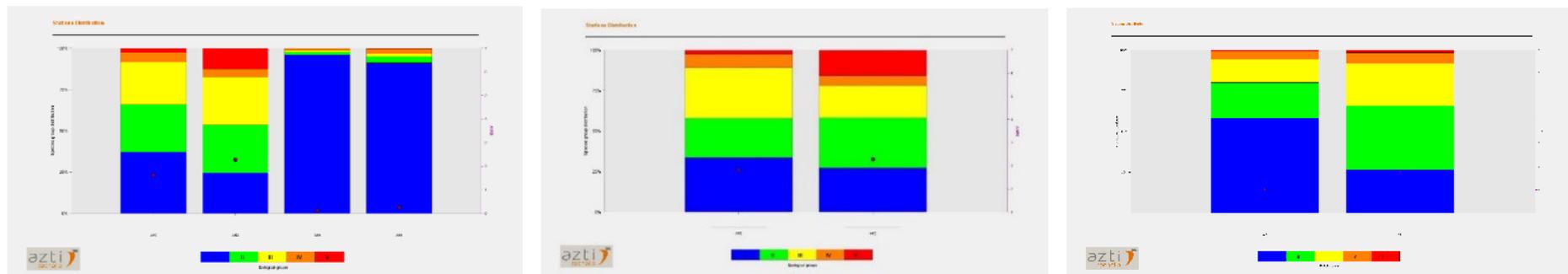


Figura 5.1.2.3.8.b Confronto tra le campagne Corso d’Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell’indice AMBI e distribuzione delle specie nei 5 gruppi ecologici (G) all’interno di ciascuna stazione delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Sele).

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

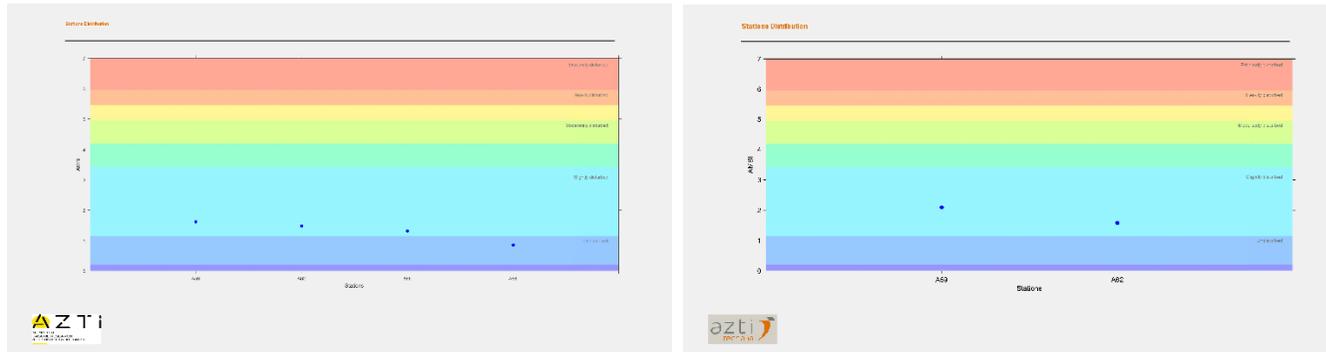


Figura 5.1.2.3.9.a Indice AMBI e valori di ECoQ in tutte le stazioni delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Sele), campagne *Post operam*: settembre 2021 sx e marzo 2022 a dx

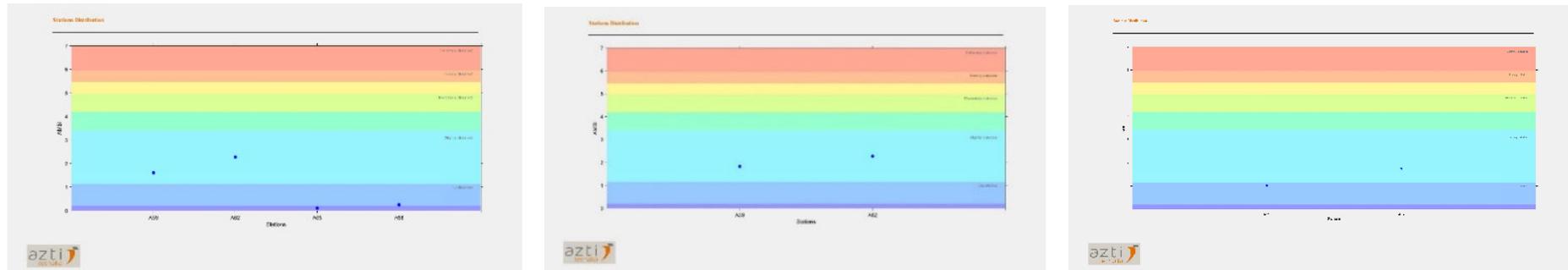


Figura 5.1.2.3.9.b. Confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell'indice AMBI e valori di ECoQ in tutte le stazioni delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Sele).

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti

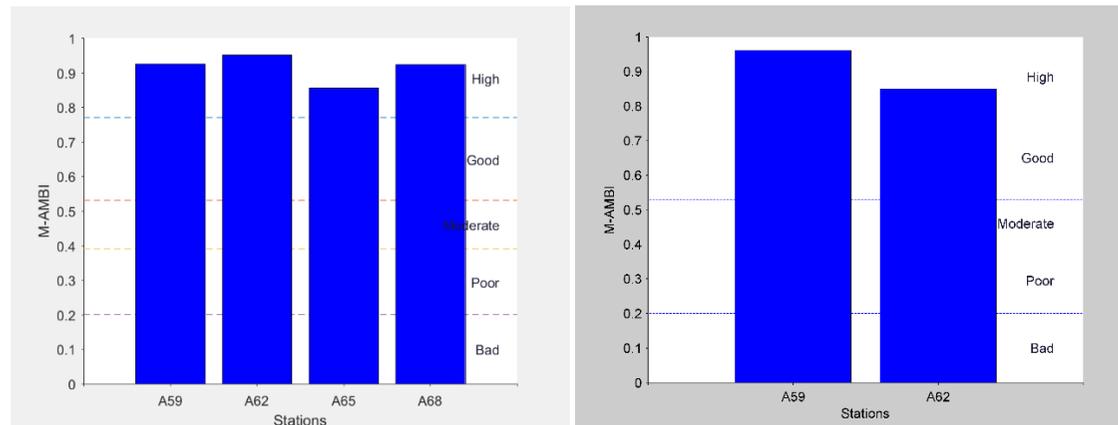


Figura 5.1.2.3.10.a. Indice M-AMBI nelle stazioni campionate ed il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) nelle aree potenzialmente impattata dalle operazioni di immersione (Sele), campagne *Post operam*: settembre 2021 sx e marzo 2022 a dx

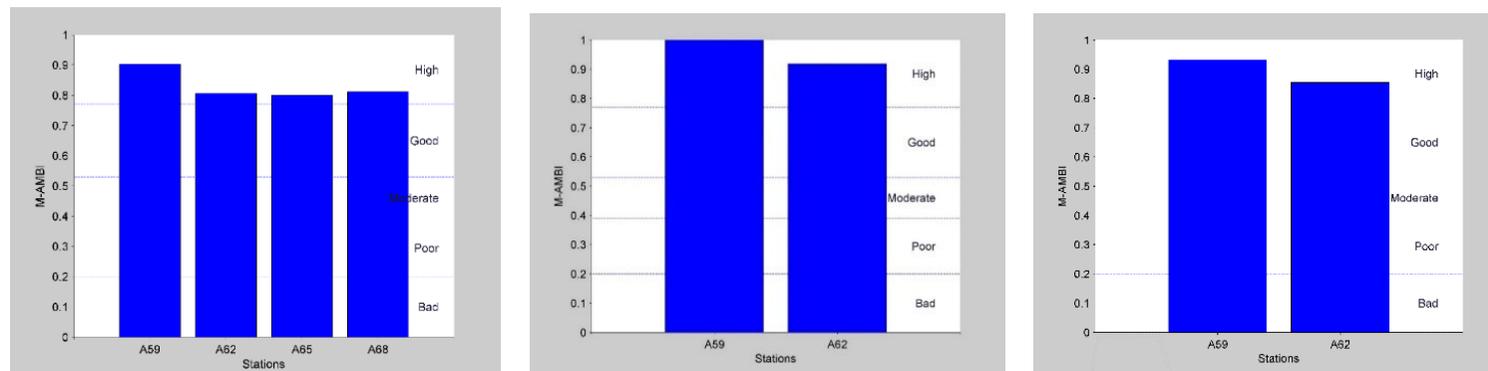


Figura 5.1.2.3.10.b. Confronto tra le campagne Corso d’Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell’indice M-AMBI nelle stazioni campionate ed il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) nelle aree potenzialmente impattata dalle operazioni di immersione (Sele).

5.1.3 Conclusioni

L'analisi dei valori dell'indice AMBI e M-AMBI sui 54 campioni di macrozoobenthos (18 stazioni per tre repliche ciascuno) non ha evidenziato particolari condizioni di stress nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio e le aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione, compreso l'area d'immersione stesso, come emerso dai livelli di *Ecological Quality Status* (ECoQ) e i Rapporti di Qualità Ecologica (RQE) riscontrati. Tutte le stazioni presentano un ECoQ che riporta ad ambienti non disturbati o leggermente disturbati ed un RQE *Hight* (Blu) oppure un RQE *Good* (Verde). Inoltre, il confronto dei valori dell'AMBI e del M-AMBI attuali con quelli delle campagne precedenti mostra, nella campagna *Post operam* di marzo 2022, valori simili o superiori in qualità.

L'analisi strutturale ha altresì evidenziato in tutte le aree una buona diversità specifica. Il numero di individui è abbastanza elevato sia nell'area potenzialmente impattata dalle attività di dragaggio sia nelle aree potenzialmente impattate dall'attività di immissione dei sedimenti dragati.

Il sito d'immersione dei sedimenti dragati presenta una ricchezza specifica ed abbondanze, non più correlate strettamente alla tipologia di disturbo registrato, ovvero l'immissione di grandi quantitativi di sedimenti con classazione diversa rispetto al substrato precedente. Infatti, i dati mostrano una riduzione delle specie detritivore ed un'espansione delle specie limivore. Tutte indicazioni che potrebbero essere giustificate dal graduale ritorno al substrato antecedente le attività di immersione. Questo è confermato anche dalle indicazioni granulometriche che mostrano un aumento del substrato limoso rispetto a quello ghiaioso e sabbioso.

Nell'area potenzialmente impattata dalle attività di dragaggio in totale sono stati rinvenuti 133 taxa e 2033 individui (media 135,5 individui +/- 132,6 SD, n =15) con una densità pari a 1355 individui al m². Nelle due aree potenzialmente impattate dall'attività di immissione dei sedimenti dragati sono stati rinvenuti un totale 163 taxa e 1177 individui (media 130,8 individui +/- 63,63 SD, n =9) con una densità pari a 1308 individui al m² nell'area prospiciente la Costiera Amalfitana, e un totale di 114 taxa e 1631 individui (media 271,8 individui +/- 185,3 SD, n =6) con una densità pari a 2718 individui al m² nell'area del Litorale della Piana del Sele. Nel sito d'immersione sono stati rinvenuti un totale di 54 taxa e 308 individui (media 13 individui +/- 7,5 SD, n =24) con una densità pari a 128 individui al m².

Tabella 5.1.3.1 Confronto delle densità per m² degli organismi nelle quattro aree interessate dallo studio nelle campagne Corso d’Opera, maggio 2020, dicembre 2020 e febbraio 2021 e *Post operam* settembre 2021 e marzo 2021.

Area	Maggio 2020	Dicembre 2020	Febbraio 2021	Settembre 2021	Marzo 2022
	Densità (Numero di individui / m ²)				
Area potenzialmente impattata dalle attività di dragaggio	3.412,7 individui/m ²	580,7 individui/m ²	828,67 individui/m ²	862,67 individui/m ²	1.355 individui/m ²
Area potenzialmente impattata dall’attività di immissione dei sedimenti dragati (Costiera Amalfitana)	1.718 individui/m ²	783,3 individui/m ²	821,11 individui/m ²	1.740 individui/m ²	1.308 individui/m ²
Area potenzialmente impattata dall’attività di immissione dei sedimenti dragati (Piana del Sele)	9.310 individui/m ²	1271,7 individui/m ²	2548,33 individui/m ²	966,8 individui/m ²	2.718 individui/m ²
Sito di immissione dei sedimenti dragati	104 individui/m ²	119,2 individui/m ²	130,83 individui/m ²	193 individui/m ²	128 individui/m ²

Per quanto riguarda le tre aree costiere (area potenzialmente impattata dalle attività di dragaggio ed area potenzialmente impattata dalle attività di immersione dei sedimenti, Costiera e Piana del Sele) il flusso di energia che sostiene la comunità bentonica di substrato mobile appare veicolato soprattutto dal detrito organogeno proveniente dalle biocenosi limitrofe delle alghe fotofile e dalle fanerogame marine, a cui si aggiungono, probabilmente, apporti alloctoni di particolato organico di origine terrigena per le stazioni a minore profondità. In queste tre aree il confronto con le precedenti campagne conferma la modifica dei popolamenti già verificata nel confronto con la campagna Corso D’Opera maggio 2020, imputabile principalmente alla stagionalità del prelievo (Tab. 5.1.3.1).

Per quanto riguarda l’area di immersione dei sedimenti dragati il confronto con le precedenti campagne mostra dati non più strettamente correlabili con il disturbo fisico arrecato dall’immissione dei sedimenti nell’area. Infatti, si nota una riduzione considerevole delle specie opportuniste e detritivore, nel contempo specie che erano scomparse, in particolare specie limivore dalle abitudini di vita vasicole stanno aumentando considerevolmente la loro presenza percentuale.

Tutte indicazioni che potrebbero essere giustificate dal graduale ritorno al substrato antecedente le attività di immersione. Confermato anche dalle indicazioni granulometriche che mostrano un aumento del substrato limoso rispetto a quello ghiaioso e sabbioso.

Questo è in accordo con la dinamica delle popolazioni. Infatti, il disturbo fisico dell’ambiente

Monitoraggio Post-Operam 12 mesi – Risultati Sedimenti



sedimentario marino determina un forte grado di dominanza di poche specie sulle altre, in particolare favorisce un incremento delle specie opportuniste. Dopo il disturbo, con il ritorno alle condizioni preesistenti, si assiste ad una riduzione delle densità degli organismi opportunisti con un progressivo aumento della diversità specifica.

5.2 Caratterizzazione della meiofauna

I campioni pervenuti presso l'Università Politecnica delle Marche, Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente, sono relativi ad 8 stazioni (A74, A75, A76, A20, A21, A22, A23 e A24), campionate in 5 tempi (febbraio 2018, settembre 2020, dicembre 2020, febbraio 2021 e marzo 2022), denominati rispettivamente T₀, T₁, T₂, T₃ e T₄.

I campioni sono stati ricevuti in carote di plexiglas congelate, che sono state estruse e sezionate in strati di sedimento (0-1, 1-3, 3-5 e 5-10 cm). I campioni sono stati poi estratti con metodologie standard (cioè gradiente di densità in Ludox, Heip 1985, Danovaro 2010), conservati in etanolo e colorati con Rosa Bengala (Danovaro 2010). Una volta estratti dal sedimento, gli organismi della meiofauna sono stati contati e identificati ad elevato livello tassonomico allo stereomicroscopio, secondo protocolli standard (Heip 1985, Danovaro 2010).

Nella presente relazione si riportano i dati relativi ad abbondanza totale, ricchezza di taxa, struttura di comunità e composizione tassonomica di tutte le stazioni in tutti i tempi di campionamento, considerando lo strato 0-10 cm.

Sono state condotte analisi statistiche tramite analisi permutazionale della varianza (PERMANOVA), su matrici di dissimilarità di Bray-Curtis (per la composizione tassonomica, in ambito multivariato), testando i fattori "Stazioni" (8 livelli: A74, A75, A76, A20, A21, A22, A23 e A24) e "Tempo" (5 livelli: T₀, T₁, T₂, T₃ e T₄). Quando i fattori "Stazioni", "Tempo" e/o "Stazione × Tempo" risultavano essere significativi, sono stati condotti anche test pair-wise per verificare tra quali livelli di ciascun fattore erano osservate le differenze significative. Per la composizione tassonomica sono stati effettuati test SIMPER per quantificare la dissimilarità % tra gli assemblaggi e plot nMDS per visualizzare tali differenze. Trattamento dati e analisi statistiche sono stati condotti con il pacchetto PRIMER7 e Excel del pacchetto Office365.

5.2.1 Abbondanza della meiofauna

L'abbondanza totale della meiofauna mostra valori maggiori al T0 con un range compreso fra 736 ± 49 e 2731 ± 297 ind. 10 cm^{-2} in A24 e A76, rispettivamente (media \pm deviazione standard). Al tempo di campionamento T1 si sono registrati i valori più bassi, con valori compresi tra 65 ± 7 e 393 ± 169 ind. 10 cm^{-2} in A24 e A23, rispettivamente. Successivamente, al T2, T3 e T4, i valori mostrano intervalli di variabilità pari a: 140 ± 16 e 798 ± 49 ; 102 ± 3 e 593 ± 125 ; 98 ± 45 e 361 ± 46 ind. 10 cm^{-2} , rispettivamente nei tre tempi (Fig. 1). Nel complesso si è potuto osservare un andamento generale di un aumento nell'abbondanza dal T1 al T3, con un successivo decremento al T4 (Fig. 1).

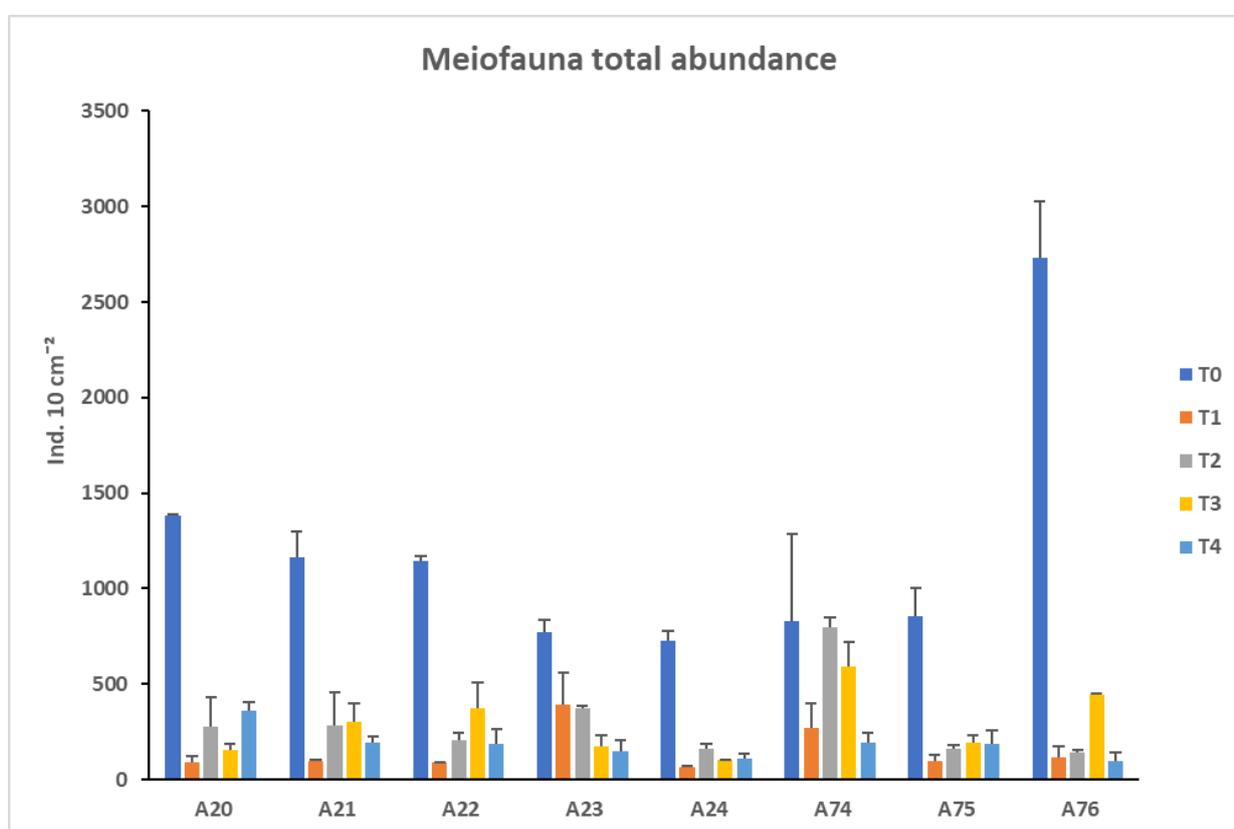


Figura 1. Abbondanza della meiofauna nelle 8 stazioni nei 5 tempi di campionamento (dati espressi come media \pm deviazione standard). T0 = febbraio 2018, T1 = settembre 2020, T2 = dicembre 2020, T3 = febbraio 2021 e T4 = marzo 2022.

5.2.2 Ricchezza di taxa

Anche il numero di taxa riscontrati mostra valori più alti al T0 con un range compreso tra 4 e 10 in A23 e A22, rispettivamente; mentre ai tempi T1, T2, T3 e T4 sono stati osservati range tra 2 e 5; 3 e 7; 2 e 7; 2 e 3, rispettivamente nei 4 tempi (Fig. 2). Similmente a quanto riportato per l'abbondanza totale, il numero di taxa ha mostrato una riduzione dal T0 al T1, seguita da un aumento durato fino al T2 o T3 (a seconda della stazione), per mostrare un'ulteriore diminuzione al T4, registrata in tutte le stazioni.

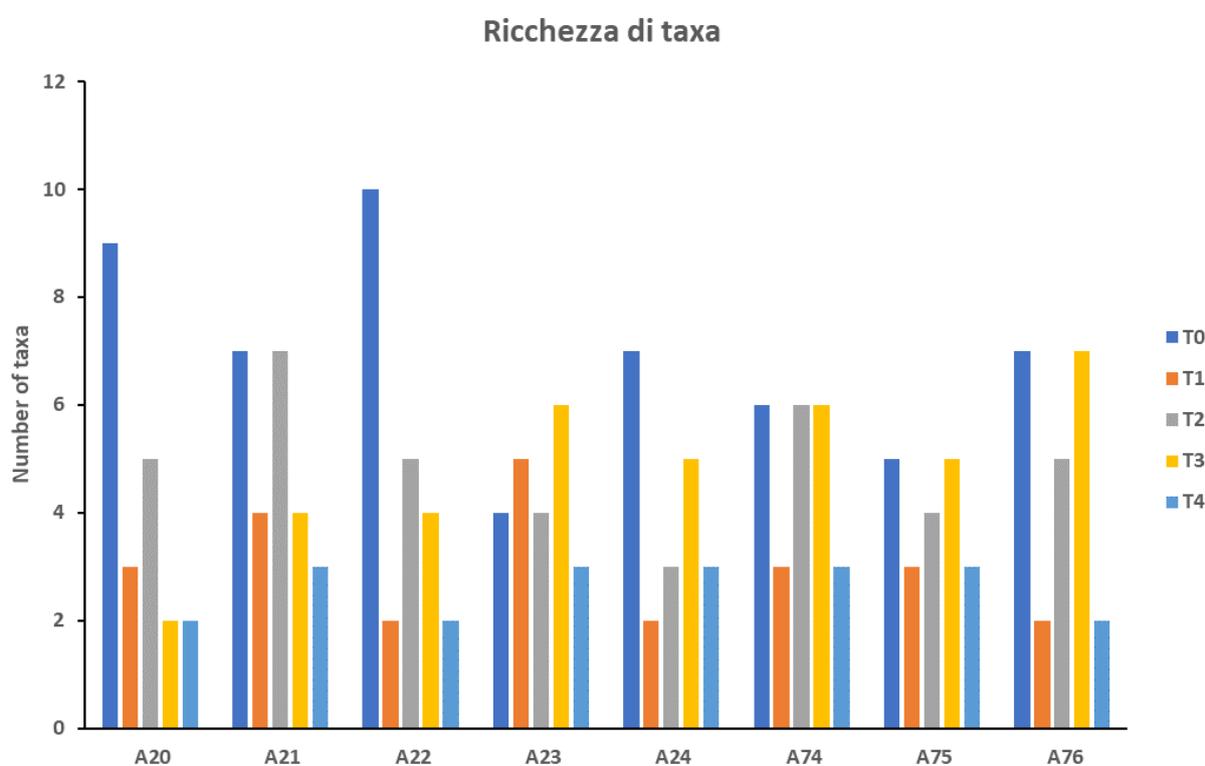


Figura 2. Ricchezza di taxa della meiofauna nelle stazioni analizzate in tutti i tempi di campionamento. T0 = febbraio 2018, T1 = settembre 2020, T2 = dicembre 2020, T3 = febbraio 2021 e T4 = marzo 2022.

5.2.3 Struttura di comunità

Il taxon dominante sono sempre i nematodi con una abbondanza relativa maggiore del 90%, seguiti dai copepodi (inclusi i nauplii) (Fig. 3). Nonostante i nematodi fossero già il taxon dominante, hanno mostrato un aumento dell'abbondanza relativa nei differenti tempi di campionamento; contrariamente ai copepodi che hanno evidenziato un decremento (Fig. 3).

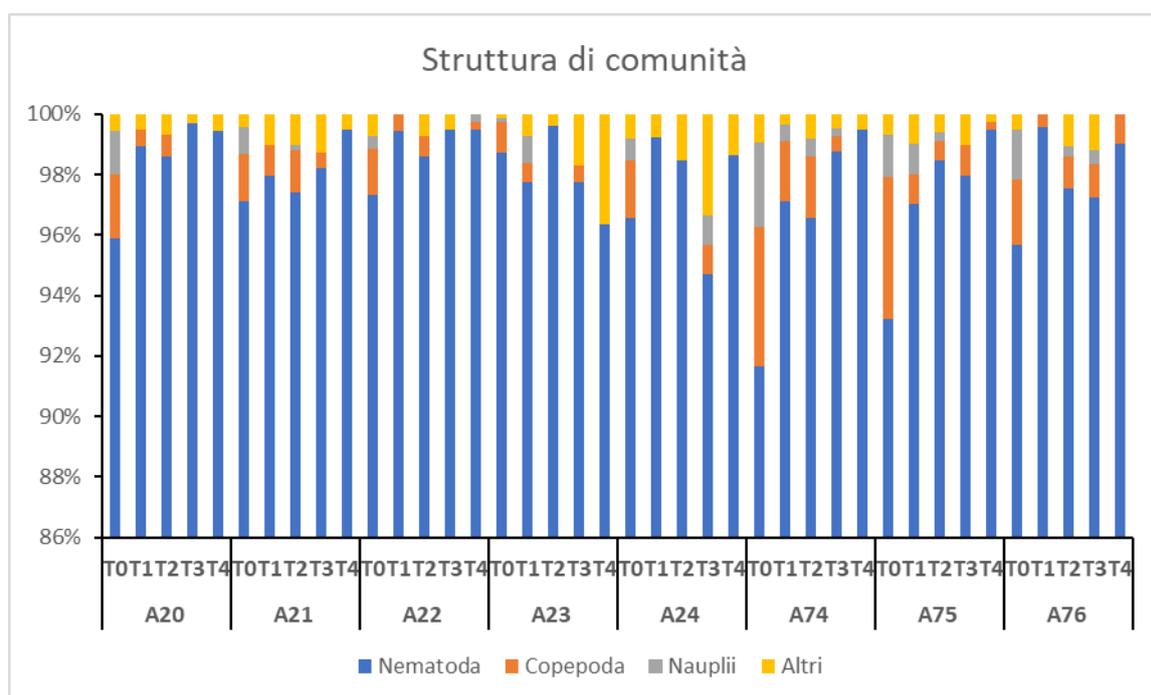


Figura 3. Struttura di comunità della meiofauna, dominata da nematodi e copepodi. T0 = febbraio 2018, T1 = settembre 2020, T2 = dicembre 2020, T3 = febbraio 2021 e T4 = marzo 2022.

Tutti gli altri taxa possono essere considerati taxa rari, dal momento che rappresentano <1%, ciascuno (in alcuni casi, circa l'1%; Bianchelli et al. 2010). Dai dati emerge come il numero dei taxa rari sia diminuito dal T0 al T1 e dal T3 al T4, scomparendo del tutto in due stazioni sia al T1 sia al T4 (Fig. 4).

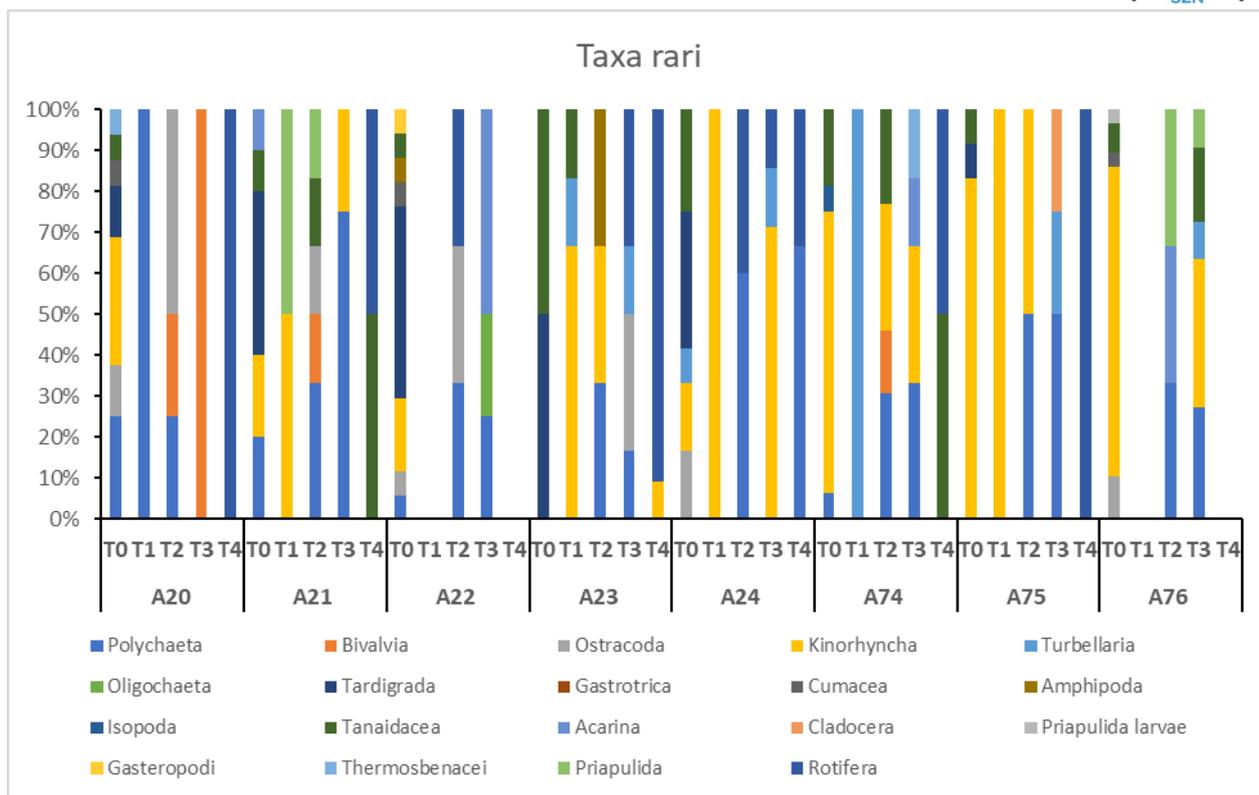


Figura 4. Contributo % dei taxa rari nelle stazioni analizzate in tutti i tempi di campionamento. T0 = febbraio 2018, T1 = settembre 2020, T2 = dicembre 2020, T3 = febbraio 2021 e T4 = marzo 2022.

L'analisi SIMPER condotta sulla composizione tassonomica ha indicato la percentuale maggiore di dissimilarità tra il T0 e T1, T2, T3, T4 (41.44, 36.93, 37.20, 44.69% rispettivamente), dove i taxa maggiormente responsabili sono sempre i nematodi e i copepodi (inclusi i nauplii). Il grafico nMDS condotto sulla composizione tassonomica della meiofauna ha evidenziato come gli assemblaggi campionati al T0 siano separate da quelli del T1, mentre gli assemblaggi corrispondenti al T2 e T3 sono localizzate in una posizione intermedia tra il T0 e il T1. Infine, gli assemblaggi appartenenti al T4 mostrano una similarità maggiore con quelli del T1, che riflette anche la diminuzione della ricchezza di taxa riscontrata al T4 (Fig. 5). A conferma di quanto evidenziato graficamente dall'nMDS, la PERMANOVA ha indicato l'interazione dei fattori "stazione × tempo" come significativa (Tab. 1; $p < 0.001$), suggerendo un diverso andamento temporale a seconda della stazione. Il pair-wise test conferma che gli assemblaggi della meiofauna al T0 sono sempre significativamente diversi rispetto agli altri tempi ($p < 0.05$), in tutte le stazioni (eccetto che nella A23).

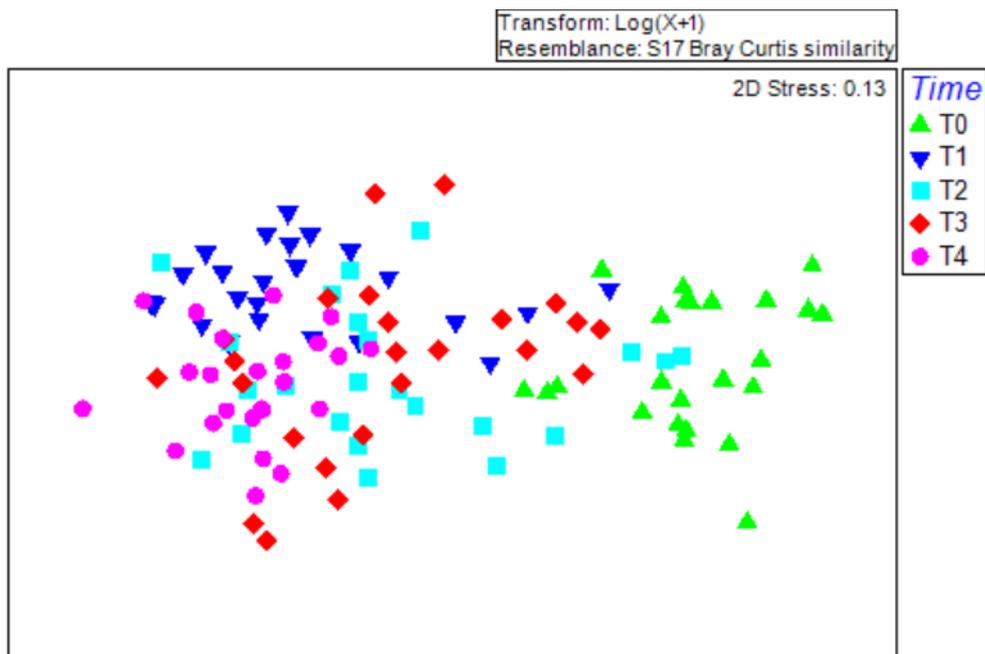


Figura 5. Plot nMDS che illustra la differenza nella composizione tassonomica della meiofauna tra stazioni e tempi di campionamento.

Table 1. Output della PERMANOVA Condotta sull'assemblaggio meiobentonico.

Source	df	MS	F	P
Stazione	7	666.35	1.1363	0.3227
Tempo	4	7361.7	69.784	0.0001
Stazione x Tempo	28	586.39	5.5586	0.0001
Res	80	105.49		

5.2.4 Conclusioni

In conclusione, dai dati risulta che in tutte le stazioni l'abbondanza totale della meiofauna mostra un forte decremento tra il T0 e il T1, per poi mostrare un successivo aumento fino al T3. Successivamente, al T4, in tutte le stazioni si è osservata un ulteriore decremento dei valori di questa variabile. Similmente a quanto osservato per l'abbondanza, il numero di taxa ha mostrato un decremento tra i tempi di campionamento T0 e T1, seguito da un successivo aumento fino al T3, ed una nuova diminuzione al T4.

In tutte le stazioni ed in tutti i tempi di campionamento il taxon dominante era quello dei nematodi, seguito dai copepodi. La dominanza dei nematodi è aumentata nel tempo, in tutte le stazioni. Andamento opposto si è osservato nei taxa rari, che sono diminuiti o addirittura scomparsi tra il T0 e il T1 e tra il T3 e il T4, con un andamento diverso a seconda della stazione.

Complessivamente, quindi, la composizione tassonomica degli assemblaggi ha subito significative variazioni nel tempo, in ciascuna stazione analizzata.

In conclusione, si può affermare che seppure i cambiamenti siano strettamente dipendenti dalla stazione considerata, si è registrato un declino generale sia in termini di abbondanza che diversità al T1 di campionamento; seguito da un successivo aumento e da un ulteriore declino registrato nell'ultimo campionamento.

Bibliografia

- Bianchelli S., Gambi C., Zeppilli D., Danovaro R. (2010) Metazoan meiofauna in deep-sea canyons and adjacent open slopes: A large-scale comparison with focus on the rare taxa. *Deep-Sea Research I* 57, 420–433.
- Coull B.C., Palmer M.A., Myers P.E. (1989) Controls on the vertical distribution of meiobenthos in mud: field and flume studies with juvenile fish *Marine Ecology Progress Series* 55, 2/3, 133-139.
- Danovaro R. (2010) Methods for the study of deep-sea sediments, their functioning and biodiversity (eds. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton).
- Heip C., Vincx M., Vranken G. (1985) The ecology of marine nematodes. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 23, 399-489.