

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

**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, Simona Bianchelli

Bioscience Research Center BSRC
Monia Renzi

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	16
2. Risposte ecotossicologiche	18
2.1. Risultati dei saggi ecotossicologici	18
2.2. Classificazione del pericolo ecotossicologico dei sedimenti.....	23
3. Classificazione della qualità dei sedimenti	25
4. Caratterizzazione microbiologica	31
4.1 Introduzione	31
4.2 Caratterizzazione microbiologica sedimenti.....	31
4.3 Materiali e metodi.....	32
4.4 Risultati e Discussione	35
4.5 Conclusioni.....	41
5. Caratterizzazione biologica	43
5.1 Caratterizzazione delle comunità macro-zoobentoniche	43
5.1.1 Analisi trofica	43
5.1.2 Analisi Strutturale	47
5.1.2.1 Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio	47
5.1.2.2 Area d'immersione dei sedimenti dragati	57
5.1.2.3 Aree potenzialmente impattate dalle operazioni d'immersione.....	64
5.1.3 Conclusioni.....	79
5.2 Caratterizzazione della meiofauna <i>Ante operam</i> , <i>corso d'opera</i> e <i>Post operam</i>	81
5.2.1 Abbondanza della meiofauna	81
5.2.2 Ricchezza di taxa	82
5.2.3 Struttura di comunità	83
5.2.4 Conclusioni.....	86
Bibliografia.....	86

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 settembre 2021 (6 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 27%. Per quanto riguarda il contenuto di sostanza organica totale, il valore medio si attesta al 4.0%, variando da un minimo di 0.4% per il campione A47 dell'area potenzialmente impattata dalle operazioni di immersione ad un massimo di 14.3% per il campione A11 dell'area potenzialmente impattata dalle operazioni di dragaggio.

Il peso specifico dei campioni esaminati, è risultato compreso tra 1.6 g/cm^3 (A75) e 3.0 g/cm^3 (A08).

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 oscilla tra circa 0.9 e 1.7 mg/g (ps) nei sedimenti dell'area di immersione, tra 0.9 e 1.5 mg/g (ps) in quelli delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio e tra 0.8 e 1.6 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 0.05 mg/g (ps) (A53) e massimi pari a 0.19 mg/g (ps) (A20).

Tabella 1.1.1 Contenuto d'acqua, contenuto di sostanza organica totale espressi in percentuale, peso specifico

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	38.51	6.87	1.70	1.49	0.190
	A21	38.16	5.46	1.68	1.23	0.162
	A22	38.68	3.56	1.71	1.23	0.166
	A23	32.16	4.56	2.02	0.94	0.127
	A24	33.50	3.90	1.93	1.02	0.125
	A74	39.92	6.35	1.61	1.21	0.145
	A75	42.87	5.73	1.56	1.37	0.157
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio	A76	40.58	6.28	1.65	1.73	0.102
	A08	16.30	1.21	2.95	0.92	0.165
	A11	15.05	14.29	2.62	1.52	0.183
	A14	21.58	2.00	2.26	0.85	0.057
	A17	20.94	2.00	2.62	1.06	0.186
	A72	24.85	2.21	2.22	1.14	0.055
	Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione	A47	15.22	0.35	2.89	1.36
A50		10.90	1.08	2.80	1.29	0.129
A53		22.17	6.70	2.37	1.39	0.054
A59		21.59	1.15	2.38	1.39	0.147
A62		24.76	2.41	2.34	1.38	0.182
A65		23.56	1.89	2.26	0.76	0.116
A68		24.91	1.09	2.28	1.63	0.149

 (g/cm³), azoto totale e fosforo totale (mg/g). Campagna settembre 2021.

Nella Tabella 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 (Tab. 1.1.2).

Nei campioni delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio la sabbia è generalmente la frazione dominante (generalmente compresa tra >60 e 90%) con alcune eccezioni in cui prevale la pelite (Tab. 1.1.2).

La sabbia predomina nei campioni potenzialmente impattati dalle operazioni di immersione (Fig. 1.1.1).

Tabella 1.1.2 Risultati delle analisi granulometriche. Campagna settembre 2021. In neretto è evidenziata la frazione granulometrica prevalente.

AREA POTENZIALMENTE IMPATTATA DALLE OPERAZIONI DI DRAGAGGIO									
	Unità di misura	A08	A11	A14	A17	A72			
Ghiaia	%	24.4	14.5	0	1.0	0			
Sabbia	%	74.3	37.3	95.3	92.0	62.9			
Pelite	%	1.28	48.2	4.7	7.0	37.1			
AREA DI IMMERSIONE									
	Unità di misura	A20	A21	A22	A23	A24	A74	A75	A76
Ghiaia	%	0	0	3.6	2.1	2.6	0.9	0	0
Sabbia	%	7.2	0	8.4	18.7	45.2	3.6	0.6	4.0
Pelite	%	92.8	100	88.0	79.2	52.2	95.5	99.3	96.0
AREA POTENZIALMENTE IMPATTATA DALLE OPERAZIONI DI IMMERSIONE									
	Unità di misura	A47	A50	A53	A59	A62	A65	A68	
Ghiaia	%	0	0	1.0	0	0	0	0	
Sabbia	%	92.7	83.0	95.0	72.5	66.3	60.39	58.61	
Pelite	%	7.3	17.0	4.0	27.5	33.7	39.61	41.39	

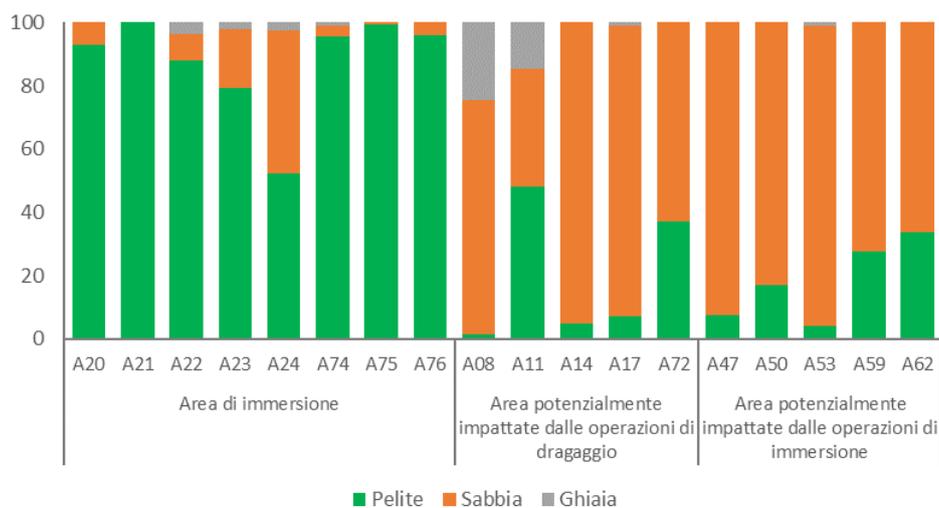


Figura 1.1.1. Risultati delle analisi granulometriche. Campagna settembre 2021.

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 settembre 2021 sono riportati nella Tabella 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 1.2.2 evidenzia inoltre i superamenti dei livelli L1 ed L2 del DM 173/2016 mentre la Figura 1.2.2 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. Solamente il nichel mostra occasionalmente livelli di poco superiori al valore L1 (DM 173/2016), che tuttavia corrisponde alle concentrazioni degli Standard di Qualità Ambientale (SQA), ovvero livelli generalmente attesi solo in siti non soggetti ad alcuna influenza di tipo antropico (Tab. 1.2.1; Fig. 1.2.2).

Anche le concentrazioni di tributilstagno (TBT) risultano talvolta maggiori di L1, ma ancora una volta si tratta di innalzamenti del tutto sporadici e puntiformi, con valori non particolarmente elevati né tali da destare preoccupazione; i livelli di composti organostannici totali sono infatti sempre largamente inferiore al limite L2, ritenuto quale soglia di attenzione per questo tipo di composti.

Gli idrocarburi alifatici totali (C10-C40) mostrano risultati piuttosto variabili, con concentrazioni che oscillano tra le poche unità e circa 44 µg/g (p.s.) nel campione A65, ma in ogni caso sempre inferiori ai limiti normativi e del tutto tipici di aree costiere mediterranee. La presenza di idrocarburi alifatici spesso è legata a fenomeni naturali di decomposizione e degradazione di alghe e piante acquatiche e tale fenomeno può essere spesso piuttosto accentuato in aree portuali o in ambienti circoscritti; per questa ragione concentrazioni come quelle osservate risultano del tutto normali e non destano alcuna preoccupazione, soprattutto considerando che la distribuzione degli idrocarburi mostra la predominanza di composti tipici di origine naturale.

Anche per quanto riguarda gli idrocarburi policiclici aromatici, i campioni di sedimento hanno mostrato sempre concentrazioni basse, con livelli mai superiori a 90 ng/g (p.s.), molto inferiori ai limiti normativi previsti per questi composti.

Dall'analisi dei numerosi pesticidi organofosfati, pesticidi clorurati, policlorobifenili ed altre sostanze



alogenate, non sono scaturite criticità di alcun tipo, considerando che tutti gli analiti hanno mostrato la sostanziale assenza di segnali osservabili e pertanto concentrazioni inferiori ai limiti di misurazione strumentale adottati.

Monitoraggio post d'opera 6 mesi – Report 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 settembre 2021.

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 A65	ST A68	ST A72	ST A74	ST A75	ST A76
<i>Elementi in traccia µg/g (ps)</i>																				
Al	346.9	4963.1	3124.4	3511.0	9920.5	10847.0	9855.0	10586.5	10156.7	1688.0	1840.0	5532.7	3229.6	2753.9	291.9	3004.7	4034.3	10141.7	11529.3	11388.0
As	4.958	6.731	5.378	4.548	5.688	6.203	10.899	6.110	8.736	1.774	1.714	2.178	4.871	5.393	5.144	3.721	5.729	6.948	9.512	6.672
Cd	0.0340	0.0628	0.0461	0.0440	0.0526	0.1138	0.0525	0.0607	0.0469	0.0332	0.0534	0.2114	0.1167	0.0754	0.0693	0.0596	0.0470	0.0684	0.0713	0.0706
Cr	3.849	7.046	5.855	6.408	16.853	14.765	15.866	4.480	3.500	2.751	3.154	7.388	8.764	11.058	5.538	4.208	13.223	12.798	13.325	8.029
Cu	2.458	16.308	1.773	2.452	20.917	22.751	22.725	28.230	1.361	1.197	4.743	5.677	8.360	3.904	4.331	23.750	20.429	19.973	19.787	3.373
Fe	9706	13113	10192	10600	22697	26722	25624	25101	23706	3547	4263	6950	12887	13792	16751	13291	11829	23128	29427	26988
Hg	0.0864	0.1128	0.0919	0.0935	0.1217	0.1175	0.1112	0.0961	0.1139	0.0662	0.0897	0.1003	0.1029	0.0888	0.0887	0.0907	0.1006	0.1221	0.1280	0.1289
Mn	124.6	269.5	356.7	379.0	528.4	678.2	1275.2	560.1	819.2	81.2	81.7	149.2	533.8	630.3	910.8	782.3	352.9	543.1	658.5	535.8
Ni	13.21	17.85	15.19	18.39	31.60	28.11	26.93	21.81	0.61	8.90	17.30	17.03	22.01	21.98	28.10	18.08	10.31	28.56	30.53	28.95
Pb	9.335	27.605	7.564	5.673	22.419	23.924	28.371	17.077	25.697	5.547	5.396	10.587	6.198	6.232	7.891	6.551	10.406	28.988	28.805	24.875
V	39.64	52.71	28.80	27.02	55.79	60.29	53.77	67.62	53.09	23.64	17.84	25.07	22.30	22.55	26.38	17.22	30.10	54.85	55.55	49.82
Zn	3.814	29.949	15.814	24.387	56.269	42.407	51.172	28.596	48.750	6.645	10.029	13.531	27.524	27.275	29.344	23.459	24.514	49.183	53.537	56.295
<i>Stagno ed organostannici µg/g (ps)</i>																				
OSn	0.0311	0.0059	0.0043	0.0230	0.0051	0.0038	0.0021	0.0096	0.0034	0.0278	0.0584	0.0025	0.0015	0.0253	0.0078	0.0031	0.0246	0.0131	0.0088	0.0386
TBT	0.0031	0.0032	0.0030	0.0040	0.0038	0.0039	0.0023	0.0051	0.0038	0.0030	0.0082	0.0030	0.0048	0.0044	0.0037	0.0042	0.0031	0.0088	0.0048	0.0144
<i>Idrocarburi alifatici µg/g (ps)</i>																				
C9	0.505	3.802	1.023	1.325	<0.026	<0.023	<0.032	<0.026	<0.023	<0.018	0.053	0.302	1.068	0.426	2.589	<0.019	<0.018	<0.031	2.168	1.814
C10	<0.018	2.540	2.093	1.799	2.703	2.246	<0.032	<0.026	<0.023	0.810	2.298	1.094	0.054	2.239	3.631	0.123	0.101	<0.031	<0.026	<0.027
C11	<0.018	3.783	1.400	0.043	<0.026	0.037	<0.032	<0.026	<0.023	1.353	0.446	1.123	0.046	0.044	<0.02	<0.019	<0.018	<0.031	0.941	1.037
C12	<0.018	<0.021	0.036	<0.018	<0.026	<0.023	<0.032	0.196	<0.023	<0.018	<0.04	0.024	<0.022	<0.017	0.029	<0.019	<0.018	0.040	0.078	0.088
C13	0.240	0.175	0.306	0.102	0.224	0.238	0.077	0.239	0.184	0.255	0.240	0.026	0.181	0.512	0.511	0.421	0.129	0.131	0.700	0.135
C14	<0.018	<0.021	<0.021	<0.018	<0.026	0.113	0.258	<0.026	<0.023	<0.018	<0.04	<0.018	0.030	<0.017	<0.02	<0.019	<0.018	<0.031	0.089	<0.027
C15	0.058	0.093	0.368	0.056	<0.026	0.256	0.116	<0.026	0.091	0.030	0.103	<0.018	0.169	0.047	0.028	<0.019	0.029	0.193	0.027	<0.027
C16	0.342	0.667	0.862	0.511	0.540	0.575	0.752	0.793	0.094	0.476	0.912	0.226	0.752	0.725	0.622	0.461	0.506	0.827	0.610	0.606

Monitoraggio post d'opera 6 mesi – Report 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 A65	ST A68	ST A72	ST A74	ST A75	ST A76
C17	0.060	0.060	0.120	0.127	0.102	0.086	<0.032	0.130	<0.023	0.091	0.146	<0.018	<0.022	0.168	0.063	0.141	0.151	0.090	<0.026	0.090
C18	0.334	0.613	2.909	2.934	0.528	0.528	3.620	3.190	1.072	0.319	0.882	0.167	2.526	0.723	0.592	1.766	0.513	3.753	2.354	2.469
C19	0.086	0.149	0.629	0.157	0.200	0.078	0.562	0.411	0.184	0.148	0.730	<0.018	0.349	0.106	0.298	0.335	0.465	0.748	0.227	0.119
C20	2.038	3.983	2.330	2.349	4.479	3.331	3.430	2.801	0.215	1.888	2.903	1.209	2.467	2.281	4.342	1.622	1.503	3.117	2.025	0.777
C21	0.653	0.507	0.431	0.535	0.297	0.793	0.569	0.260	0.786	0.842	4.262	0.211	0.283	0.416	0.544	0.051	0.322	0.523	0.229	1.597
C22	0.099	0.111	0.113	0.136	0.114	0.092	0.133	0.118	0.040	0.093	0.237	<0.018	0.100	0.120	0.095	0.067	0.071	0.180	0.133	0.097
C23	<0.018	<0.021	<0.021	<0.018	<0.026	<0.023	<0.032	<0.026	<0.023	<0.018	<0.04	<0.018	<0.022	<0.017	<0.02	<0.019	<0.018	<0.031	<0.026	0.081
C24	0.043	0.052	0.075	0.045	0.142	0.045	0.074	0.053	<0.023	0.037	0.105	<0.018	0.052	0.070	0.049	0.033	0.041	0.054	0.071	0.127
C25	<0.018	<0.021	<0.021	<0.018	<0.026	<0.023	<0.032	<0.026	<0.023	<0.018	<0.04	<0.018	<0.022	<0.017	<0.02	<0.019	<0.018	<0.031	<0.026	0.210
C26	0.160	0.243	0.409	0.344	0.732	0.236	0.053	0.353	<0.023	0.209	0.065	<0.018	0.287	<0.017	0.246	<0.019	0.449	<0.031	0.246	1.056
C27	<0.018	<0.021	<0.021	<0.018	0.348	<0.023	<0.032	<0.026	<0.023	<0.018	<0.04	<0.018	0.162	<0.017	<0.02	<0.019	0.141	<0.031	<0.026	0.342
C28	1.059	3.661	0.617	0.789	4.255	0.682	1.032	<0.026	<0.023	<0.018	<0.04	0.611	0.491	0.702	1.231	<0.019	0.122	<0.031	<0.026	<0.027
C29	0.062	0.336	2.543	2.800	2.024	0.873	0.333	<0.026	<0.023	<0.018	<0.04	0.304	2.281	1.035	3.773	<0.019	<0.018	<0.031	<0.026	0.316
C30	<0.018	<0.021	<0.021	<0.018	3.226	1.418	3.146	1.992	0.964	0.726	2.933	<0.018	<0.022	0.634	1.563	0.198	0.755	<0.031	<0.026	<0.027
C31	<0.018	<0.021	<0.021	<0.018	0.975	0.411	2.458	3.040	0.506	0.535	2.878	<0.018	<0.022	1.954	2.380	0.070	0.053	<0.031	0.172	<0.027
C32	<0.018	<0.021	<0.021	<0.018	<0.026	<0.023	0.818	0.887	0.135	0.717	<0.04	<0.018	<0.022	0.311	0.427	1.581	0.682	<0.031	<0.026	<0.027
C33	<0.018	<0.021	<0.021	<0.018	<0.026	<0.023	1.609	1.542	0.293	1.689	<0.04	<0.018	<0.022	2.034	4.039	0.901	0.642	<0.031	<0.026	<0.027
C34	<0.018	<0.021	<0.021	0.287	<0.026	<0.023	2.156	0.953	0.366	0.242	<0.04	<0.018	<0.022	<0.017	3.565	0.960	0.596	1.884	2.010	0.283
C35	<0.018	<0.021	<0.021	<0.018	<0.026	<0.023	0.339	2.360	0.978	1.421	<0.04	<0.018	<0.022	<0.017	3.505	0.819	0.222	1.522	0.714	<0.027
C36	<0.018	<0.021	<0.021	<0.018	<0.026	<0.023	<0.032	2.743	0.779	0.124	1.441	<0.018	<0.022	<0.017	4.009	0.526	1.008	2.391	2.103	<0.027
C37	<0.018	<0.021	<0.021	<0.018	<0.026	<0.023	<0.032	1.239	0.307	1.613	2.582	<0.018	<0.022	<0.017	0.848	1.588	0.754	0.249	1.981	<0.027
C38	<0.018	<0.021	<0.021	<0.018	<0.026	<0.023	<0.032	2.261	0.760	0.632	2.813	<0.018	<0.022	<0.017	2.558	0.931	0.367	0.263	1.642	<0.027
C39	<0.018	<0.021	<0.021	<0.018	<0.026	<0.023	<0.032	1.393	0.168	0.289	2.112	<0.018	<0.022	<0.017	<0.02	1.734	0.339	0.352	<0.026	<0.027
C40	<0.018	<0.021	<0.021	1.072	0.413	2.673	2.754	0.422	0.183	<0.018	<0.04	<0.018	<0.022	1.378	2.456	0.843	0.175	3.722	<0.026	<0.027
Alifatici tot (C10-C40)	5.740	20.777	16.265	15.408	21.303	14.709	24.287	27.377	8.106	14.540	28.139	5.296	11.298	15.926	43.991	15.170	10.138	20.042	18.519	11.246
<i>Idrocarburi poliaromatici ng/g (ps)</i>																				
Naftalene	9.487	6.839	9.974	7.370	10.574	6.944	15.628	6.977	9.197	7.028	17.113	7.700	10.181	14.954	11.774	20.878	9.346	6.494	7.058	5.232
Acenaftilene	10.361	13.648	17.231	3.432	11.492	7.336	10.893	3.515	3.974	8.725	22.463	8.936	5.967	<0.05	12.665	33.715	13.988	2.798	11.515	8.305

Monitoraggio post d'opera 6 mesi – Report 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 A65	ST A68	ST A72	ST A74	ST A75	ST A76
1-Metilnaftalene	7.595	<0.1	8.029	5.953	8.931	6.607	11.379	24.638	8.424	5.271	21.678	6.361	5.873	8.614	6.385	20.411	7.279	32.067	32.420	<0.1
2-Metilnaftalene	0.604	13.124	0.716	7.450	0.610	3.864	0.897	2.386	0.708	0.436	<0.1	0.519	0.135	<0.1	<0.1	<0.1	0.164	3.131	4.109	3.780
Acenaftene	<0.01	<0.01	1.134	0.113	<0.01	0.237	<0.01	0.143	<0.01	0.649	<0.01	0.831	0.611	<0.01	<0.01	1.132	<0.01	<0.01	<0.01	0.255
Fluorene	0.459	0.791	0.810	0.350	0.550	0.361	0.706	0.236	0.608	0.536	1.047	0.685	0.465	0.655	0.476	0.702	0.493	0.602	0.632	0.482
Fenantrene	5.981	6.143	6.353	2.472	5.890	2.358	8.660	2.190	6.921	3.869	13.875	4.848	3.411	7.160	4.796	1.127	4.403	3.144	3.804	3.459
Antracene	<0.01	<0.01	0.209	0.058	<0.01	<0.01	0.102	<0.01	0.101	0.163	<0.01	0.217	0.227	<0.01	0.391	0.394	0.389	<0.01	<0.01	<0.01
Fluorantene	<0.01	<0.01	0.139	0.275	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.139	<0.01	1.348	0.073	0.233	<0.01	0.273	0.588	0.098	0.073	0.118
Pirene	0.781	0.948	0.086	0.787	0.732	0.892	1.315	0.551	0.762	0.418	1.540	0.591	0.503	<0.01	0.255	0.808	0.807	0.191	0.866	<0.01
Benzo(a)antracene	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.146	<0.01	0.487	0.262	0.818	0.410	0.265	0.349	0.487	0.593	0.488
Crisene	<0.01	<0.01	<0.01	1.616	<0.01	0.780	<0.01	0.365	0.465	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.513	<0.01	0.479
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	<0.05	<0.05
Benzo(b)fluorantene	1.383	1.867	1.849	2.558	0.962	1.778	1.980	1.291	2.006	0.888	5.613	1.440	0.970	1.840	<0.001	1.066	1.154	1.625	2.030	1.484
Benzo(k)fluorantene	0.840	1.543	1.752	1.834	0.736	1.106	1.647	1.457	1.204	0.856	2.677	1.249	0.939	1.425	0.988	1.192	1.213	2.073	2.264	1.887
Benzo(a)pirene	0.611	1.218	0.053	1.509	0.656	0.858	0.993	<0.001	0.719	0.018	1.952	0.023	0.019	<0.001	<0.001	0.023	<0.001	0.091	0.091	0.059
Dibenzo(ah)antracene	0.086	0.683	1.851	1.223	0.097	0.147	0.197	<0.001	0.087	0.954	0.529	1.361	1.355	1.404	0.055	1.546	1.276	0.154	0.182	1.970
Benzo(ghi)perilene	<0.001	0.321	<0.001	0.861	0.259	0.070	0.588	1.222	0.341	<0.001	0.535	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.067	<0.001
Indeno(123cd)pirene	<0.05	<0.05	<0.05	0.123	<0.05	<0.05	<0.05	0.067	<0.05	0.103	<0.05	0.309	0.062	0.095	0.174	0.107	<0.05	0.769	0.759	0.132
IPA basso PM	34.487	40.545	44.456	27.198	38.047	27.707	48.265	40.085	29.934	26.677	76.175	30.096	26.869	31.383	36.485	78.359	36.061	48.236	59.539	21.512
IPA alto PM	3.700	6.578	5.730	10.786	3.442	5.632	6.720	4.953	5.585	3.523	12.846	6.809	4.183	5.815	1.883	5.280	5.386	6.002	6.927	6.616
IPA tot	38.187	47.123	50.186	37.984	41.489	33.339	54.985	45.038	35.519	30.201	89.022	36.904	31.052	37.198	38.368	83.639	41.448	54.238	66.466	28.129
<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	<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	<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	<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	<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	<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	<0.1	<0.1
<i>Policlorobifenili ng/g (ps)</i>																				

Monitoraggio post *d'opera* 6 mesi – Report 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 A65	ST A68	ST A72	ST A74	ST A75	ST A76	
PBDE47	<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	<0.1	<0.1	<0.1
PBDE99	<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	<0.1	<0.1	<0.1
PBDE100	<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	<0.1	<0.1	<0.1
PBDE153	<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	<0.1	<0.1	<0.1
PBDE154	<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	<0.1	<0.1	<0.1
PBDE183	<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	<0.1	<0.1	<0.1
Hexabromocyclododecane	<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	<0.1	<0.1	<0.1
Tetrabromobisphenol A	<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	<0.1	<0.1	<0.1

Monitoraggio post d'opera 6 mesi – Report Risultati Sedimenti



Figura 1.2.2 Concentrazioni di metalli pesanti, composti organostannici, idrocarburi alifatici, idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e concentrazioni di composti organici persistenti nei sedimenti. Campagna settembre 2021.

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 da Assente a Basso nei confronti di L1 (DM 173/2016) per tutti i campioni di sedimento prelevati durante la campagna settembre 2021, con l'eccezione del campione A76 dell'area di immersione che presenta un livello di pericolo Medio.

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

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 d'opera 6 mesi – Report 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 settembre 2021.

Area	Codice	L1				L2			
	campione	HQ	% max/HQ	Par non conf.	Livello Pericolo	HQ	% max/HQ	Par non conf.	Livello Pericolo
Area di immersione	A20	1.3	100 - Ni	1	TRASCURABILE	0.1		0	ASSENTE
	A21	0.17		0	ASSENTE	0.09		0	ASSENTE
	A22	0.18		0	ASSENTE	0.11		0	ASSENTE
	A23	1.43	100 - TBT	1	BASSO	0.09		0	ASSENTE
	A24	0.13		0	ASSENTE	0.06		0	ASSENTE
	A74	2.44	100 - TBT	1	BASSO	0.1		0	ASSENTE
	A75	1.28	100 - Ni	1	TRASCURABILE	0.1		0	ASSENTE
	A76	3.88	100 - TBT	1	MEDIO	0.1		0	ASSENTE
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio	A08	0.09		0	ASSENTE	0.05		0	ASSENTE
	A11	0.14		0	ASSENTE	0.08		0	ASSENTE
	A14	0.1		0	ASSENTE	0.05		0	ASSENTE
	A17	0.11		0	ASSENTE	0.06		0	ASSENTE
	A72	0.12		0	ASSENTE	0.07		0	ASSENTE
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione	A47	0.07		0	ASSENTE	0.05		0	ASSENTE
	A50	2.22	100 - TBT	1	BASSO	0.09		0	ASSENTE
	A53	0.12		0	ASSENTE	0.05		0	ASSENTE
	A59	0.13		0	ASSENTE	0.06		0	ASSENTE
	A62	0.13		0	ASSENTE	0.07		0	ASSENTE
	A65	0.12		0	ASSENTE	0.08		0	ASSENTE
	A68	0.13		0	ASSENTE	0.06		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 A24 e A75 (area di immersione) che hanno evidenziato una tossicità moderata (Tab. 2.1.1; Fig. 2.1.1).

Il saggio effettuato con l'alga *Phaeodactylum tricornutum* ha evidenziato nei campioni di sedimento una percentuale di inibizione della crescita algale compresa tra 4% (A17) e 39% (A59); tre campioni (A24, A53 e A65) hanno invece evidenziato un generale fenomeno di biostimolazione della crescita algale (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. 2.1.1), 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 35% (Tab. 2.1.3; Fig. 2.1.3).

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 settembre 2021.

Area	Codice campione	Controllo			Campione		
		U.T. (p.s.)			U.T. (p.s.)		
Area di immersione	A20	315.9	\pm	9.9	294.5	\pm	14.8
	A21	338.4	\pm	18.2	486.0	\pm	68.9
	A22	310.9	\pm	9.2	221.3	\pm	11.1
	A23	278.6	\pm	9.5	30.5	\pm	13.4
	A24	193.1	\pm	3.1	552.6	\pm	212.3
	A74	326.9	\pm	5.1	4.7	\pm	260.6
	A75	336.3	\pm	7.4	1242.7	\pm	119.1
	A76	325.9	\pm	8.3	126.0	\pm	9.5
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio	A08	30.7	\pm	0.37	0.8	\pm	1.9
	A11	201.8	\pm	6.2	1.1	\pm	19.5
	A14	40.1	\pm	1.2	8.8	\pm	1.9
	A17	47.3	\pm	1.1	1.1	\pm	25.3
	A72	141.4	\pm	3.2	4.5	\pm	5.2
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione	A47	48.3	\pm	2.7	4.2	\pm	7.4
	A50	78.4	\pm	5.2	28.2	\pm	2.7
	A53	38.1	\pm	2.2	12.0	\pm	9.0
	A59	111.5	\pm	12.6	27.4	\pm	12.6
	A62	130.8	\pm	5.7	10.1	\pm	1.9
	A65	149.3	\pm	1.6	2.2	\pm	19.0
	A68	154.9	\pm	1.9	11.1	\pm	6.5

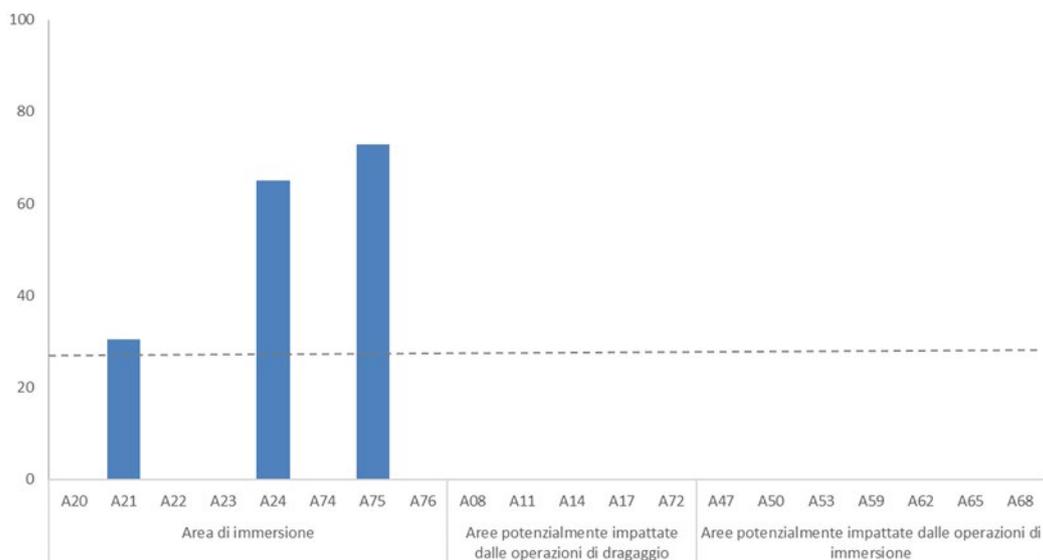


Figura 2.1.1 Risultati del saggio con *Aliivibrio fischeri* in fase solida svolto sui sedimenti prelevati a settembre 2021. Percentuale di effetto.

Tabella 2.1.2 Risultati del saggio con *Phaeodactylum tricorutum*. Valori di crescita algale espressi in cellx10³/ml (medie ± deviazioni standard. Campagna settembre 2021.

Area	Codice campione	cellx10 ³ /ml		
		Media	±	Standard Deviation
	CTRL	813.9	±	192.4
Area di immersione	A20	746.7	±	43.7
	A21	508.9	±	62.7
	A22	513.3	±	53.0
	A23	543.3	±	40.6
	A24	986.7	±	76.9
	A74	606.7	±	77.7
	A75	716.7	±	55.1
	A76	535.6	±	28.3
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio	A08	756.7	±	49.8
	A11	767.8	±	129.8
	A14	771.1	±	228.6
	A17	777.8	±	123.0
	A72	555.6	±	222.0
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione	A47	752.2	±	27.8
	A50	671.1	±	65.0
	A53	1005.6	±	62.9
	A59	493.3	±	133.2
	A62	611.1	±	300.0
	A65	906.7	±	268.9
	A68	707.8	±	62.6

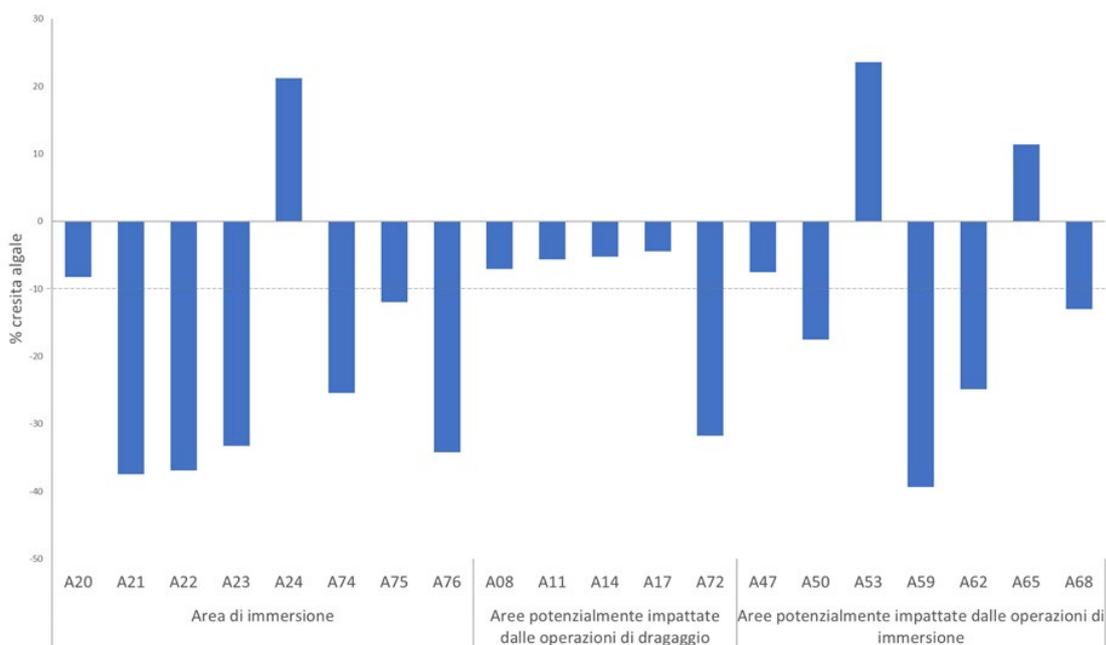


Figura 2.1.2 Risultati del saggio con *Phaeodactylum tricorutum* svolto sui sedimenti prelevati a settembre 2021. Percentuale di crescita algale.

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 settembre 2021.

Area	Codice campione	% esemplari malformati		
		Media	\pm	Standard
	CTRL	13.3	\pm	1.2
Area di immersione	A20	32	\pm	11.5
	A21	30	\pm	3.5
	A22	30.7	\pm	3.2
	A23	32.3	\pm	2.5
	A24	25.3	\pm	8
	A74	33	\pm	13.2
	A75	25.3	\pm	4
	A76	34.7	\pm	7
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio	A08	19	\pm	5.6
	A11	47.3	\pm	7.2
	A14	43.3	\pm	9.9
	A17	60.7	\pm	3.1
	A72	39.7	\pm	5.5
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione	A47	33	\pm	7.9
	A50	39.7	\pm	1.5
	A53	27.3	\pm	2.5
	A59	26	\pm	6.1
	A62	24.7	\pm	1.5
	A65	30	\pm	8.5
	A68	35.3	\pm	5.5

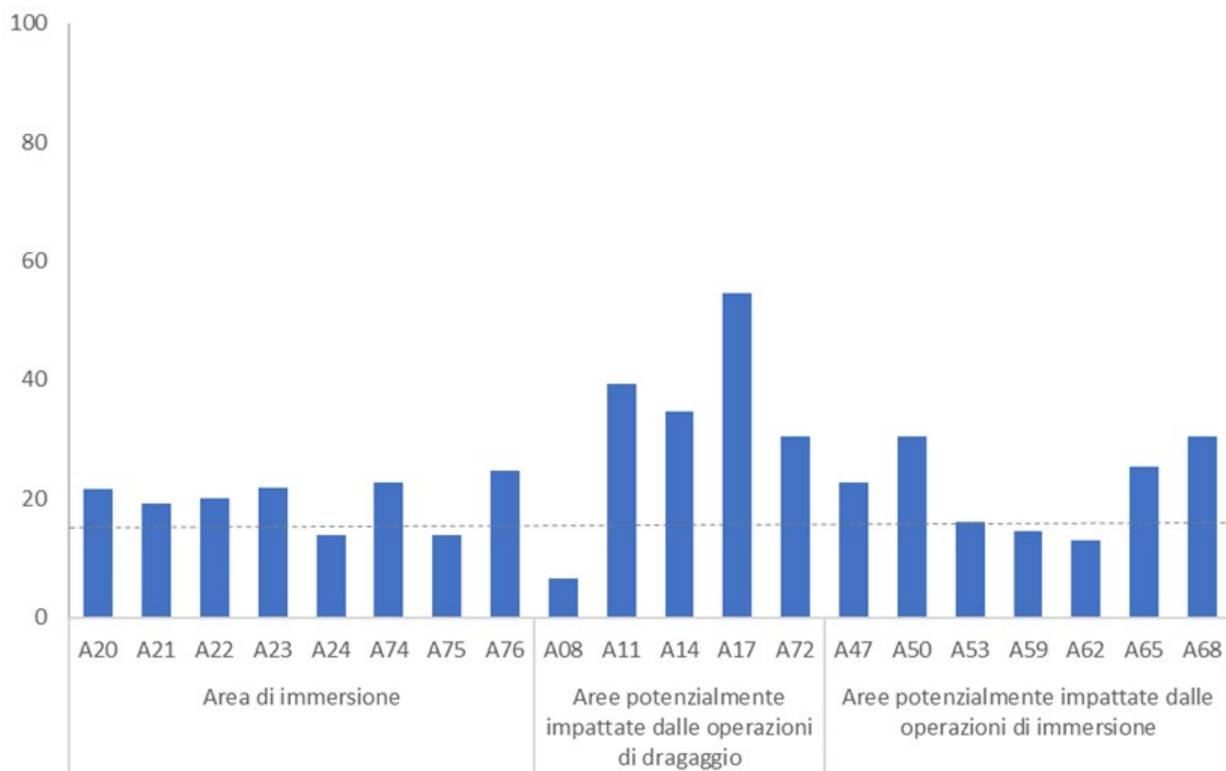


Figura 2.1.3 Risultati del saggio di embriotossicità con *Crassostrea gigas* svolto sui sedimenti prelevati a settembre 2021. Percentuale di esemplari malformati dopo correzione di Abbott.

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 settembre 2021 (Tab. 2.2.1) è risultata essere sempre Assente o Bassa, ad eccezione dei campioni A21, A24 e A75 dell'area di immersione che hanno evidenziato una classe di pericolo ecotossicologico Media.

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 settembre 2021.

Area	Campione	Specie	Contr % HQ	HQ _{batteria}	Classificazione ecotossicologica
Area di immersione	A20	<i>Crassostrea gigas</i>		0.17	ASSENTE
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>			
		<i>Aliivibrio fischeri</i>			
	A21	<i>Crassostrea gigas</i>	21%	2.49	MEDIO
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	55%		
		<i>Aliivibrio fischeri</i>	24%		
	A22	<i>Crassostrea gigas</i>		1.28	BASSO
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>			
		<i>Aliivibrio fischeri</i>			
	A23	<i>Crassostrea gigas</i>		1.17	BASSO
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>			
		<i>Aliivibrio fischeri</i>			
	A24	<i>Crassostrea gigas</i>	6%	1.92	MEDIO
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	0%		
		<i>Aliivibrio fischeri</i>	94%		
A74	<i>Crassostrea gigas</i>		0.37	ASSENTE	
	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>				
	<i>Aliivibrio fischeri</i>				
A75	<i>Crassostrea gigas</i>	11%	2,58	MEDIO	
	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	4%			
	<i>Aliivibrio fischeri</i>	85%			
A76	<i>Crassostrea gigas</i>		1,28	BASSO	
	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>				
	<i>Aliivibrio fischeri</i>				
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio	A08	<i>Crassostrea gigas</i>		0.07	ASSENTE
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>			
		<i>Aliivibrio fischeri</i>			
	A11	<i>Crassostrea gigas</i>		0.59	ASSENTE
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>			

		<i>Aliivibrio fischeri</i>			
	A14	<i>Crassostrea gigas</i>		0.52	ASSENTE
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>			
		<i>Aliivibrio fischeri</i>			
	A17	<i>Crassostrea gigas</i>		0.8	ASSENTE
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>			
		<i>Aliivibrio fischeri</i>			
	A72	<i>Crassostrea gigas</i>		0.74	ASSENTE
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>			
		<i>Aliivibrio fischeri</i>			
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione	A47	<i>Crassostrea gigas</i>		0.2	ASSENTE
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>			
		<i>Aliivibrio fischeri</i>			
	A50	<i>Crassostrea gigas</i>		0.56	ASSENTE
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>			
		<i>Aliivibrio fischeri</i>			
	A53	<i>Crassostrea gigas</i>		0.23	ASSENTE
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>			
		<i>Aliivibrio fischeri</i>			
	A59	<i>Crassostrea gigas</i>		1.05	BASSO
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>			
		<i>Aliivibrio fischeri</i>			
	A62	<i>Crassostrea gigas</i>		0.37	ASSENTE
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>			
		<i>Aliivibrio fischeri</i>			
	A65	<i>Crassostrea gigas</i>		0.12	ASSENTE
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>			
		<i>Aliivibrio fischeri</i>			
	A68	<i>Crassostrea gigas</i>		0.45	ASSENTE
		<i>Phaeodactylum tricornutum</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 sei mesi dal termine delle attività di immersione (settembre 2021), 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, A22, A23 e A74** sono risultati di **Classe A** ma con valori di pelite superiori a quanto previsto per ripascimento emerso. 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 **A76** è risultato di **Classe B** e dunque compatibile con l'immersione deliberata in aree marine non costiere o in ambiente conterminato marino-costiero.
- I campioni **A21, A24 e A75** sono risultati di **Classe C**, e sarebbero compatibili con l'immersione in ambiente conterminato.

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

- Tutti i campioni sono risultati di **Classe A**. Secondo quanto previsto dal DM 173/2016, i campioni A08, A14 e A17 hanno un contenuto di pelite tale da renderli idonei anche con il ripascimento della spiaggia emersa: tutti gli altri campioni sarebbero invece compatibili per opzioni di gestione quali il ripascimento sommerso, l'immersione deliberata in aree marine non costiere o in ambiente conterminato.

Campioni dell'area potenzialmente impattata dalle operazioni di immersione (A47, A50, A53, A59, A62, A65, A68):

- tutti i campioni sono risultati di **Classe A**. Secondo quanto previsto dal DM 173/2016, i campioni A47 e A53 hanno un contenuto di pelite tale da renderli idonei anche con il ripascimento della spiaggia emersa, mentre gli altri campioni sarebbero compatibili per ripascimento sommerso, immersione deliberata in aree marine non costiere o in ambiente conterminato.

Tabella 3.1 Classificazione di qualità dei sedimenti (classe di pericolo ecotossicologico, classificazione chimica, classe di qualità del materiale). Campagna settembre 2021.

Area	Campione	% Pelite	Classe di pericolo ecotossicologico	Contributo % elutriato	Classe di pericolo chimico	Classe di qualità del materiale	Note
Area di immersione	A20	92.8	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Valori superiori a quanto indicato per ripascimento emerso
	A21	100	MEDIO	63.4	HQc(L2) <= Basso	C	
	A22	87.9	BASSO	100	HQc(L2) <= Basso	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso
	A23	79.2	BASSO	100	HQc(L2) <= Basso	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso
	A24	52.2	MEDIO	5.1	HQc(L2) <= Basso	C	
	A74	95.5	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Valori superiori a quanto indicato per ripascimento emerso
	A75	99.3	MEDIO	14.4	HQc(L2) <= Basso	C	
	A76	96	BASSO	100	HQc(L2) >= Basso e HQc(L2) <= Medio	B	
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio	A08	1.3	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	
	A11	48.2	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso
	A14	4.7	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	
	A17	7	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	
	A72	37.1	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione	A47	7.3	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	
	A50	16.9	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso
	A53	4	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	
	A59	27.5	BASSO	100	HQc(L2) <= Basso	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso
	A62	33.7	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso
	A65	39.6	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso
	A68	41.4	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.

Analogamente la classe di pericolo ecotossicologico elaborata per i campioni di sedimento durante la campagna di settembre 2021 è risultata generalmente Assente o Bassa nei campioni dell'area di immersione e delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio o dalle operazioni di immersione, con l'unica eccezione dei campioni A21, A24 e A75 che hanno evidenziato una classe di pericolo ecotossicologico Medio.

La Tabella 3.2 mostra la classificazione della qualità dei sedimenti campionati nelle campagne di settembre 2021 mentre la Tabella 3.3 riporta la classificazione della qualità elaborata nelle stesse aree 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 nel settembre 2021 un miglioramento della classe di qualità dei sedimenti rispetto alla campagna precedente (febbraio 2021). I sedimenti risultano tutti di classe "A", con l'eccezione dei campioni A76 (classe "B"), A21, A24 e A75 (classe "C").

Per quanto riguarda i sedimenti delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio e di quelli delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione si osserva un generale miglioramento della classe di qualità dei sedimenti che risultano tutti di classe "A". 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.

Tabella 3.2 Classificazione di qualità dei sedimenti: campagna settembre 2021.

Area	Campione	Classe di qualità del materiale
		settembre 21
Area di immersione	A20	A
	A21	C
	A22	A
	A23	A
	A24	C
	A74	A
	A75	C
	A76	B
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio	A08	A
	A11	A
	A14	A
	A17	A
	A72	A
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione	A47	A
	A50	A
	A53	A
	A59	A
	A62	A
	A65	A
	A68	A

Tabella 3.3b 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)

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>	
		2018	maggio – 2020	dicembre – 2020	febbraio – 2021
Area di immersione	A20	B	A	A	D
	A21	B	C	A	B
	A22	A	B	A	C
	A23	B	B	C	C
	A24	B	A	A	C
	A74	B	C	A	A
	A75	A	B	A	B
	A76	B	A	A	C
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio	A08	A	C	A	A
	A11	A	C	A	A
	A14	C	A/B	C	A
	A17	A	A	A	A
	A72	A	A	A	C
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione	A47	A	B	A	A
	A50	A	C	A	B
	A53	A	B	A	A
	A59	A	C	A	B
	A62	A	B	A	A
	A65	C	C	-	-
	A68	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 per l'isolamento e la conta dei miceti. I miceti sono microrganismi eucariotici ampiamente diffusi negli ambienti naturali e partecipano, assieme ai batteri, 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 valutare 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 remota vengono ben documentati mediante la 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 coagulasi positivi, relativamente persistenti in ambiente marino per il loro spiccata alotolleranza. Contemporaneamente è stata valutata la contaminazione da batteri di origine 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 $\text{MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$.

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 $44,5 \pm 0,2$ °C per 24 ± 2 h. Dopo incubazione, alle brodoculture 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 $\text{MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$.

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 brodoculture 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 brodoculture 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 $\text{MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$.

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 nel corso del monitoraggio 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	<0,37	<0,37	<0,37	<0,37	5	200	37,5	assente
St. A11	10,86	5,50	2,17	<0,43	46,4	217,4	58	assente
St. A14	2,94	<0,44	<0,44	1,62	1,5	911,8	117,6	assente
St. A17	<0,38	<0,38	<0,38	<0,38	7,6	519	51	assente
St. A20	<0,46	<0,46	<0,46	<0,46	7,7	7,7	0	assente
St. A21	<0,43	<0,43	<0,43	<0,43	21,7	2,9	0	assente
St. A22	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	4,4	2,9	1,5	assente
St. A23	<0,41	<0,41	<0,41	<0,41	1,5	1,6	2	assente
St. A24	6,9	<0,45	<0,45	<0,45	22,4	6	103	assente
St. A47	1,43	<0,39	<0,39	<0,39	26	857,1	26	assente
St. A50	<0,49	<0,49	<0,49	<0,49	65,6	245,9	98,4	assente

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 olfiteo riduttori (UFC·g _{ps} ⁻¹)	Miceti (UFC·g _{ps} ⁻¹)	<i>Salmonella</i> spp. (P/A in 25 g _{ps})
St. A53	2,82	<0,42	<0,42	<0,42	29,6	704,2	14,1	assente
St. A59	4,16	<0,42	<0,42	<0,42	52,8	486,1	1944,4	assente
St. A62	9,14	1,57	<0,43	<0,43	14,3	185,7	214,3	assente
St. A65	10	4	1,47	<0,4	58,7	933,3	106,7	assente
St. A68	<0,41	<0,41	<0,41	<0,41	5,5	287,7	27,4	assente
St. A72	6,22	<0,41	<0,41	<0,41	9,5	270,3	133,1	assente
St. A74	3,13	<0,47	<0,47	<0,47	56,3	1,6	3,1	assente
St. A75	<0,45	<0,45	<0,45	<0,45	3	0	0	assente
St. A76	6,57	1,6	<0,43	2,9	25,7	7,1	0	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	Altissimon

A08 (settembre 2021) – Dalle analisi microbiologiche effettuate è emersa una bassissima contaminazione ambientale recente correlata alle concentrazioni di Coliformi totali e fecali (<0,37 MPN·g_{ps}⁻¹). Anche la contaminazione fecale umana ed animale, sia recente che pregressa, in base alle concentrazioni di *E. coli* e

Streptococchi fecali ($<0,37 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) è risultata bassissima. Riguardo alla contaminazione fecale umana ed animale di tipo remoto, è stata rilevata una moderata presenza di Clostridi solfito-riduttori ($200 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). È stata riscontrata, inoltre, una bassissima presenza di batteri del genere *Staphylococcus* in grado di produrre coagulasi ($5 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). I batteri patogeni appartenenti al genere *Salmonella* sono risultati assenti. La concentrazione dei Miceti è stata rilevata a valori molto bassi ($37,5 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$).

A11 (settembre 2021) - Dal campione di sedimento è emersa una bassa contaminazione ambientale (Coliformi totali $10,86 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), una contaminazione fecale recente molto bassa (Coliformi fecali $5,5 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$ ed *E. coli* $2,17 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) e una bassissima contaminazione pregressa (Streptococchi fecali $<0,43 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). La concentrazione dei Clostridi solfito-riduttori ($217,4 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) denota una contaminazione fecale di tipo remoto a livelli moderati. È stata rilevata una bassa presenza di *Staphylococcus* coagulasi-positivo ($46,4 \text{ UFC} \cdot \text{MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre non sono stati isolati batteri appartenenti al genere *Salmonella*. La presenza di miceti è stata riscontrata in bassa concentrazione ($58 \text{ UFC} \cdot \text{MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$).

A14 (settembre 2021) - Nel campione di sedimento è stata riscontrata una bassissima contaminazione ambientale ed animale, sia recente che pregressa: Coliformi totali $2,94 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$, Coliformi fecali $<0,44 \text{ UFC} \cdot \text{MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$, Streptococchi fecali $<1,62 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$. La contaminazione fecale di tipo remoto riferita ai Clostridi solfito-riduttori ha, invece, mostrato una concentrazione a valori moderati ($911,8 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Colonie di *Staphylococcus* coagulasi positivo sono state riscontrate in concentrazione bassissima ($1,5 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre non è stata rilevata la presenza di batteri appartenenti al genere *Salmonella*. I miceti erano presenti in concentrazione moderata ($117,6 \text{ UFC} \cdot \text{MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$).

A17 (settembre 2021) – Le analisi microbiologiche del campione di sedimento hanno messo in evidenza la presenza di una bassissima contaminazione ambientale, animale e fecale: Coliformi totali $<0,38 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$, Coliformi fecali $<0,38 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$, *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 stato rilevato un grado moderato di contaminazione fecale di vecchia data dovuto alla presenza di Clostridi solfito-riduttori ($519 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Nel campione di sedimento sono stati riscontrati valori molto bassi di *Staphylococcus* coagulasi-positivi ($7,6 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre sono risultati assenti batteri patogeni appartenenti al genere *Salmonella*. Un valore basso è stato, inoltre, riscontrato per la concentrazione dei Miceti ($51 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$).

A20 (ottobre 2021) - Dal campione di sedimento analizzato è emersa una contaminazione microbica irrilevante. 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 ($<0,46 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Anche la concentrazione dei Clostridi solfito-riduttori ($7,7 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) denota una bassissima contaminazione fecale di tipo remoto. Lo stesso valore è stato riscontrato per *Staphylococcus* coagulasi-positivo ($7,7 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Non sono stati isolati batteri appartenenti al genere *Salmonella*, né è stata riscontrata la presenza di miceti.

A21 (ottobre 2021) – Nel campione di sedimento è stata messa in evidenza una bassissima contaminazione ambientale e fecale: Coliformi totali, Coliformi fecali, *E. coli* e Streptococchi fecali sono risultati presenti in concentrazioni $<0,43 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$. Anche la concentrazione dei Clostridi solfito-riduttori ($2,9 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) denota una bassissima contaminazione fecale di tipo remoto. E' stata rilevata, inoltre, una bassa presenza di *Staphylococcus coagulasi-positivo* ($21,7 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre non sono stati isolati batteri appartenenti al genere *Salmonella*, nè miceti.

A22 (ottobre 2021) - Nel campione di sedimento è stata rilevata una bassissima contaminazione recente, pregressa e remota: Coliformi totali, Coliformi fecali, *E. coli* e Streptococchi fecali erano presenti in concentrazioni $<0,42 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$, mentre i Clostridi solfito-riduttori erano $2,9 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$. Anche *Staphylococcus coagulasi-positivi* è risultato presente in bassissima concentrazione ($4,4 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Non è stata riscontrata, invece, la crescita di batteri patogeni appartenenti al genere *Salmonella*. La presenza di Miceti si è stata riscontrata ad un valore da ritenersi bassissimo ($1,5 \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1} \text{ps}$).

A23 (ottobre 2021) – Le analisi microbiologiche del sedimento hanno messo in evidenza una contaminazione microbica di natura antropica irrilevante. Tutti i microrganismi ricercati sono risultati, infatti, in concentrazioni da ritenersi bassissime ($<0,41 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$ per Coliformi totali, Coliformi fecali, *E. coli* e Streptococchi fecali; $1,6 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$ per Clostridi solfito-riduttori; $1,5 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$ per *Staphylococcus coagulasi-positivi*). Non è stata riscontrata la presenza di *Salmonella*, mentre i miceti erano presenti in concentrazioni bassissime ($2 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$).

A24 (ottobre 2021) - Dal campione di sedimento è emersa una contaminazione ambientale molto bassa (Coliformi totali $6,9 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) e una bassissima contaminazione fecale sia recente da Coliformi fecali ed *E. coli* ($<0,45 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), sia pregressa da Streptococchi fecali ($<0,45 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) che remota da Clostridi solfito-riduttori ($6 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). E' stata rilevata, inoltre, una bassa presenza di *Staphylococcus coagulasi-positivo* ($22,4 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre non sono stati isolati batteri patogeni appartenenti al genere *Salmonella*. La presenza di Miceti è stata riscontrata in concentrazione moderata ($103 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$).

A47 (settembre 2021) – Dalle analisi del campione di sedimento è emersa la presenza di una bassissima contaminazione fecale recente, sia di origine ambientale da Coliformi totali ($<1,43 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), sia animale da Coliformi fecali ed *E. coli* ($<0,39 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) che di tipo pregresso da Streptococchi fecali ($<0,39 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Riguardo alla fecale contaminazione remota, è stata osservata un moderato contenuto in Clostridi solfito-riduttori ($857,1 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Nel campione di sedimento stati riscontrati Stafilococchi coagulasi-positivi in bassa concentrazione ($26 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre non è stata rilevata la presenza di batteri appartenenti al genere *Salmonella*. La presenza di Miceti è stata riscontrata in concentrazione molto bassa ($26 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$).

A50 (settembre 2021) - Il campione ha fatto riscontrare una bassissima contaminazione ambientale e fecale di diversa natura (Coliformi totali $<0,49 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$, Coliformi fecali $0,49 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$, *E. coli* $<0,49 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$,

Streptococchi fecali $0,49 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Per la contaminazione fecale remota sono stati riscontrati, invece, valori moderati di Clostridi solfito-riduttori ($245,9 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). È stata osservata una concentrazione bassa di *Staphylococcus* coagulasi-positivi ($65,6 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre non è stata riscontrata la crescita di batteri appartenenti al genere *Salmonella*. La presenza di Miceti è stata riscontrata in bassa concentrazione ($98,4 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$).

A53 (settembre 2021) - Nel campione di sedimento è stata riscontrata una bassissima contaminazione sia di tipo ambientale da Coliformi totali ($2,82 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), sia di tipo fecale recente da Coliformi fecali ed *E. coli* ($<0,42 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), sia di tipo fecale pregresso da Streptococchi fecali ($<0,42 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). La contaminazione fecale di tipo remoto correlata ai Clostridi solfito-riduttori, invece, è stata rilevata a valori moderati ($704,2 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Batteri identificati come *Staphylococcus* coagulasi-positivi sono stati isolati a concentrazione bassa ($29,6 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre non è stata riscontrata la crescita di batteri patogeni appartenenti al genere *Salmonella*. La presenza di Miceti si è stata riscontrata ad un valore da ritenersi molto basso ($14,1 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$).

A59 (settembre 2021) - Il campione ha mostrato una bassissima contaminazione ambientale e fecale (sia recente che pregressa): Coliformi totali $4,16 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$, Coliformi fecali $<0,42 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$, *E. coli* $<0,42 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$ e Streptococchi fecali $<0,42 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$. La concentrazione dei Clostridi solfito-riduttori ($486,1 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), tuttavia, ha messo in evidenza una moderata contaminazione fecale remota. Anche batteri *Staphylococcus* coagulasi-positivi sono stati isolati in moderata concentrazione ($52,8 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre nessun batterio patogeno del genere *Salmonella* è stato rilevato nel campione. La presenza di Miceti è stata rilevata a concentrazione relativamente alta ($1944,4 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$).

A62 (settembre 2021) – Il campione ha mostrato una contaminazione molto bassa di origine ambientale dovuta alla presenza di Coliformi totali ($9,14 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). La contaminazione fecale recente, correlata alla presenza di Coliformi fecali ($1,57 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) e di *E. coli* ($<0,43 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), e quella di tipo pregressa, dovuta agli Streptococchi fecali ($<0,43 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), sono da considerarsi di livello bassissimo. La contaminazione fecale remota da Clostridi solfito-riduttori ha fatto registrare un valore classificabile come moderato ($185,7 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Basse concentrazioni sono state rilevate per batteri *Staphylococcus* coagulasi-positivi ($14,3 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre non è stata registrata positività a batteri patogeni del genere *Salmonella*. La presenza di Miceti è stata rilevata in moderata concentrazione ($214,3 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$).

A65 (settembre 2021) - Nel campione di sedimento sono stati rilevati valori molto bassi di contaminazione ambientale recente (Coliformi totali $10 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) e valori bassissimi per batteri di origine fecale recente e pregressa (Coliformi fecali $4 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$, *E. coli* $1,47 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$, Streptococchi fecali $<0,4 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Una moderata contaminazione fecale remota è stata messa in evidenza da una concentrazione di $933,3 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$ di Clostridi solfito-riduttori. I batteri *Staphylococcus* coagulasi-positivi sono stati riscontrati in concentrazione moderata ($58,7 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre assenti sono risultati i batteri appartenenti al genere *Salmonella*. La

presenza di Miceti è stata rilevata in moderata concentrazione ($106,7 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$).

A68 (settembre 2021) - Il campione di sedimento ha evidenziato livelli bassissimi di contaminazione ambientale recente (Coliformi totali $<0,41 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) e fecale recente e pregressa (Coliformi fecali, *E. coli* e Streptococchi fecali $<0,41 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Una contaminazione fecale remota moderata è stata messa in evidenza dalla presenza di Clostridi solfito-riduttori ($287,7 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). I batteri *Staphylococcus* coagulasi positivi sono stati riscontrati in concentrazione molto bassa ($5,5 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre assenti sono risultati i batteri appartenenti al genere *Salmonella*. La presenza di Miceti è stata rilevata a concentrazione molto bassa ($27,4 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$).

A72 (settembre 2021) – Il campione ha mostrato una contaminazione ambientale recente molto bassa (Coliformi totali $6,22 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre quella di tipo fecale recente e pregressa è risultata bassissima (Coliformi fecali, *E. coli* e Streptococchi fecali $<0,41 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). La concentrazione di Clostridi solfito-riduttori ($270,3 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) ha fatto registrare, invece, una moderata contaminazione fecale remota. Sono stati riscontrati batteri *Staphylococcus* coagulasi-positivi ($9,5 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) in concentrazione molto bassa. Non è stata riscontrata positività per batteri patogeni del genere *Salmonella*. La presenza di Miceti è stata rilevata in concentrazione moderata ($133,1 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$).

A74 (ottobre 2021) - Dal campione di sedimento è emersa una contaminazione bassissima per Coliformi totali ($3,13 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), Coliformi fecali, *E. coli* e Streptococchi fecali ($<0,47 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Anche la concentrazione dei Clostridi solfito-riduttori ($1,6 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) denota una bassissima contaminazione fecale di tipo remoto. È stata messa in evidenza, invece, una moderata presenza di *Staphylococcus* coagulasi-positivo ($56,3 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Non sono stati isolati batteri appartenenti al genere *Salmonella*. La presenza di miceti è stata riscontrata in bassissima concentrazione ($3,1 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$).

A75 (ottobre 2021) – Il campione di sedimento, dalle analisi effettuate, ha messo in evidenza la presenza di una bassissima contaminazione ambientale e fecale (Coliformi totali, Coliformi fecali, *E. coli* e Streptococchi fecali $<0,45 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Non è stata rilevata, invece, la presenza di Clostridi solfito-riduttori, classici batteri indicatori di contaminazione fecale di vecchia data. Nel campione di sedimento sono stati riscontrati valori moderati di *Staphylococcus* coagulasi-positivi ($3 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre sono risultati assenti i batteri patogeni appartenenti al genere *Salmonella*. Non è stata riscontrata la presenza di Miceti.

A76 (ottobre 2021) - Dal campione di sedimento è emersa una contaminazione ambientale molto bassa (Coliformi totali $6,57 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) e una bassissima contaminazione fecale recente (Coliformi fecali $1,6 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$; *E. coli* $<0,43 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) e pregressa (Streptococchi fecali $2,9 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Anche la concentrazione dei Clostridi solfito-riduttori ($7,1 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) denota una contaminazione fecale di tipo remoto a bassissimo livello. È stata rilevata una bassa presenza di *Staphylococcus* coagulasi-positivo ($25,7 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Non sono stati isolati

batteri appartenenti al genere *Salmonella*, né è stata rilevata la presenza di miceti.

4.5 Conclusioni

Le analisi microbiologiche effettuate sui sedimenti prelevati durante il mese di settembre-ottobre 2021 non sembrano evidenziare criticità di tipo igienico-sanitario correlate alla pressione antropica insistente sulla fascia costiera considerata.

Dai risultati analitici dei parametri microbiologici relativi alla **contaminazione di origine ambientale terrestre**, emerge che le concentrazioni di Coliformi totali sono quasi sempre molto contenute, raggiungendo valori massimi non superiori a $10,86 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$. In particolare, le concentrazioni dei Coliformi totali più elevate sono state riscontrate nei sedimenti A11 ($10,86 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), A65 ($10 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) ed A62 ($9,14 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). Le concentrazioni di Coliformi totali riscontrate nei sedimenti prelevati nei mesi di settembre ed ottobre sono, pertanto, da ritenersi normali per un ambiente marino-costiero, soprattutto se trattasi di fascia costiera sottoposta a pressione antropica.

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 A11, che ha evidenziato una concentrazione classificabile come molto bassa per i Coliformi fecali ($5,5 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), è risultata bassissima; entrambi gli indicatori, infatti, per le altre stazioni di prelievo non hanno raggiunto mai concentrazioni superiori a $5 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$.

Considerando la **contaminazione fecale di origine umana ed animale di tipo pregressa**, è stato osservato che le concentrazioni degli Streptococchi fecali (Enterococchi intestinali) sono decisamente bassissime, non superando mai valori di $5 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$. In particolare, le concentrazioni più alte sono state rilevate nei campioni A76 ($2,9 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) ed A14 ($1,62 \text{ MPN} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$).

La **contaminazione di origine fecale umana ed animale di tipo remoto**, correlata alla presenza di Clostridi solfito-riduttori, ha fatto registrare valori di concentrazione moderati (non superiori a $1000 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$) nelle stazioni A08, A11, A14, A17, A47, A50, A53, A59, A62, A65, A68, A72. Nelle restanti stazioni sono state rilevate concentrazioni bassissime. La presenza di Clostridi solfito riduttori nei campioni di sedimento è correlata alla loro natura sporigena. Le spore, rispetto alle forme batteriche vegetative, consentono una più lunga persistenza anche in condizioni di stress (basse temperature ambientali, elevate concentrazioni saline, elevato pH, carenza di nutrienti, etc.). Data la natura sporigena dei Clostridi solfito-riduttori, le concentrazioni riscontrate 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. L'assenza di salmonelle, correlata anche ai bassi valori degli indici di contaminazione fecale, conferma l'assenza di criticità di natura igienico-

sanitaria.

Considerando le concentrazioni dei batteri appartenenti al genere ***Staphylococcus*** (coagulasi-positivi), 4 sono risultate moderate (A50, A59, A65, A74), 7 basse (A11, A21, A24, A47, A53, A62, A76), 4 molto basse (A17, A68, A72, A20) e 5 bassissime (A08, A14, A22, A23, A75). Complessivamente, le concentrazioni rilevate non hanno superato il livello di moderata contaminazione ($\leq 50 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$). La presenza in ambiente marino di stafilococchi, ceppi coagulasi-positivi compresi, è correlata alla loro spiccata alotolleranza, oltre che alle strette relazioni ecologiche che stabiliscono 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 un campione (A59) ha mostrato una contaminazione relativamente alta ($1944,4 \text{ UFC} \cdot \text{g}_{\text{ps}}^{-1}$), mentre 5 hanno evidenziato una contaminazione moderata (A14, A24, A62, A65, A72), 3 una contaminazione bassa (A11, A17, A50,), 4 una contaminazione molto bassa (A08, A47, A53, A68) e 3 bassissima (A22, A23, A74). Per i campioni A20, A21, A75, A76 le analisi non hanno messo in evidenza la presenza 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.

5. Caratterizzazione biologica

5.1 Caratterizzazione delle comunità macro-zoobentoniche

L'analisi dei 60 campioni di macrozoobenthos (20 stazioni per tre repliche ciascuna), ha permesso di identificare i seguenti gruppi sistematici: Anellidi Policheti, Molluschi (Bivalvi, Gasteropodi, Scafopodi), Crostacei (Decapodi, Anfipodi, Isopodi, Tanaidacei, Mysidiacei, Cumacei, Pantopodi), Echinodermi (Asteroidei, Ofiuroidei, Echinoidei e Oloturioidei), Sipunculidi.

5.1.1 Analisi trofica

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

I detritivori costituiscono di gran lunga il gruppo trofico più presente nei fondi mobili studiati, probabilmente a causa di fattori edafici, cioè relativi al substrato, il mollusco bivalve *Lucinella divaricata* è in assoluto, fra i detritivori, il più abbondante. Tale mollusco è una specie molto comune a basse profondità in presenza di sedimenti sabbiosi/fangosi. Facendo un confronto con le campagne del Corso d'Opera notiamo che la composizione degli organismi, in base alle categorie trofiche, ha subito una leggera modifica rispetto all'ultima campagna di febbraio 2021. Gli organismi prettamente detritivori continuano ad essere molto elevati, 41% ma si è verificato un aumento degli organismi sospensivori che arrivano al 20%, 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 Corso d'Opera si nota che la composizione delle specie è leggermente modificata rispetto alla campagna di febbraio 2021, con un aumento degli organismi dalle abitudini trofiche limivore che tornano ad essere il 17% della comunità come nella prima campagna di maggio 2020 (Fig. 5.1.1.2.b). Quindi, pur continuando la variazione riscontrata a partire da dicembre con una elevata presenza di detritivori, si nota una ripresa di organismi che erano in grande riduzione. 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 mentre attualmente si rileva la presenza di percentuali consistenti di sedimento sabbioso che ha reso meno adatto l'habitat per alcuni organismi favorendo i detritivori. Questi ultimi hanno trovato un ambiente idoneo con elevato quantitativo di sostanza organica, a

causa dell'apporto di materiale dragato.

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 sono il 26% del popolamento, i sospensivori il 16%, Detritivori/erbivori e Carnivori il 15% (Fig. 5.1.1.3.a). Rispetto alla campagna Corso D'Opera di febbraio 2021 ci sono differenze sostanziali 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). Tale variazione è da imputare alla stagionalità del prelievo, il periodo estivo è caratterizzato da acque mediamente più calme e con minori precipitazioni che favoriscono l'espansione dei gruppi trofici sensibili alle variazioni di salinità e temperatura ed in particolare delle specie sospensivore.

Nell'area del litorale della Piana del Sele potenzialmente impattata dall'attività di immersione dei sedimenti dragati (A59, A62, A65, A68), la composizione della comunità bentonica dal punto di vista trofico è data soprattutto da detritivori con il 52%, e in misura minore da Limivori 10%, carnivori 8%, sospensivori 8% ed organismi con abitudini trofiche miste detritivori/carnivori, detritivori/sospensivori (Fig. 5.1.1.4.a). Il confronto con le campagne Corso D'opera mostra una modifica rilevante, infatti, i detritivori sono in aumento rispetto a febbraio 2021 passando dal 29% al 52% ed i sospensivori in riduzione passando dal 38% al 8% (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 mostrato, tranne che nel sito di immersione, una variazione rispetto le precedenti campagne nella composizione trofica con riduzione degli organismi detritivori a favore di varie categorie trofiche (sospensivori, erbivori et.). Tale variazione nella composizione del popolamento è ascrivibile principalmente alla stagionalità del prelievo.

Il sito di immersione dei sedimenti dragati non mostra un grande cambiamento nella composizione del popolamento, aumentano nuovamente i Limivori ma resta una grande percentuale di detritivori confermando la tipologia di disturbo registrato, ovvero l'immissione di grandi volumi di sedimento dragato.

Nell'area di immersione dei sedimenti dragati quasi tutti i detritivori più abbondanti appartengono ai taxa dei Molluschi o dei Policheti. In particolare, sono stati rinvenuti Policheti appartenenti alle famiglie degli spionidi come *Prionospio ehlersi* che con il 21% è il taxon più abbondante. *Prionospio ehlersi* è una specie opportunistica e detritivora che in situazioni di disturbo come quelle interessate dall'immissione dei sedimenti dragati trova un habitat ideale per espandersi. Da notare, come nelle precedenti campagne, la presenza del mollusco bivalve *Mendicula ferruginosa* con il 15%, una specie detritivora cosmopolita di acque profonde, rinvenuta dalla piattaforma continentale fino a profondità abissali. È presente anche la categoria trofica dei



carnivori, in particolare da annoverare la presenza del polichete carnivoro *Paradiopatra calliopae* con il 13% del popolamento, specie già presente nelle precedenti campagne.

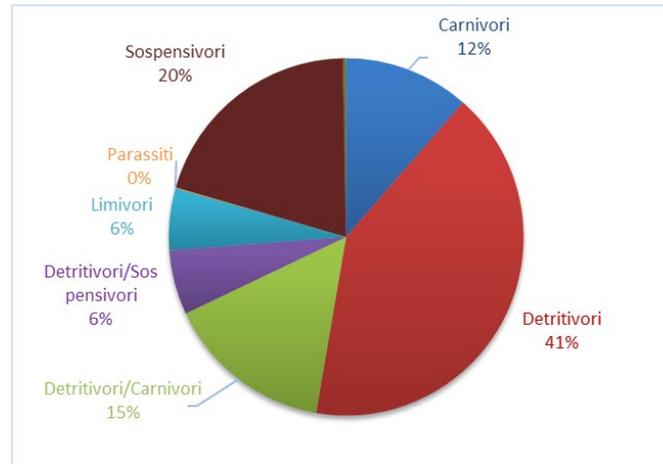


Fig. 5.1.1.1.a: Suddivisione in categorie trofiche degli organismi presenti nell'area potenzialmente impattata dall'attività di dragaggio, campagna *Post operam* di settembre 2021

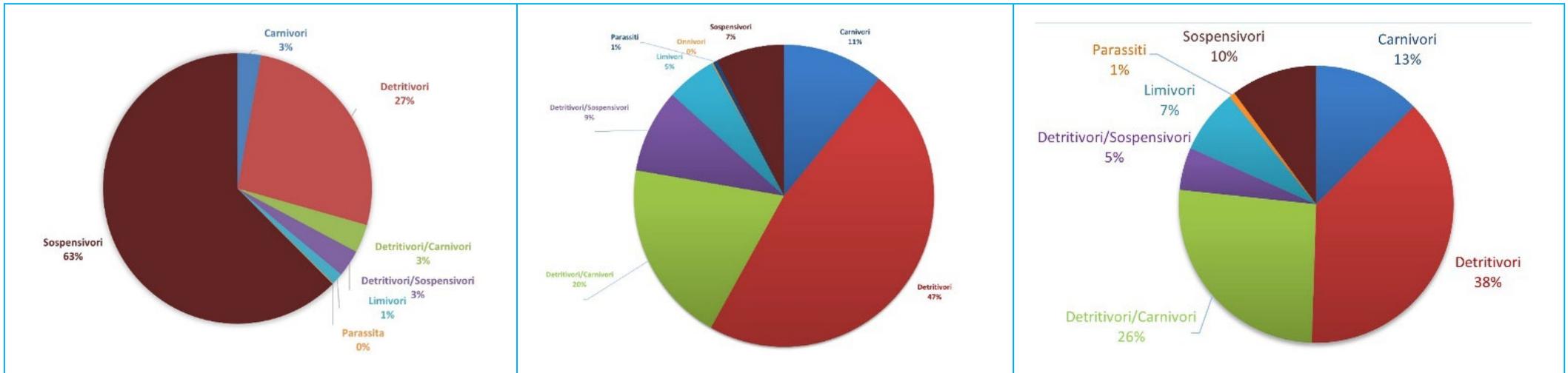


Figura 5.1.1.1.b Suddivisione in categorie trofiche degli organismi presenti nell'area potenzialmente impattata dall'attività di dragaggio e confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx.

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 1294 individui appartenenti a 127 taxa. L'area è caratterizzata da un popolamento vario, solo in pochi casi sono presenti specie con abbondanze rilevanti come nel caso dei molluschi bivalvi *Chamelea gallina* 9% del popolamento e *Lucinella divaricata* presente con il 6% del popolamento.

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 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 A72, il valore più basso in A14 (Fig. 5.1.2.1.1 b). Mettendo in confronto la campagna di settembre 2021 con le tre campagne Corso d'Opera, maggio 2020, dicembre 2020 e febbraio 2021, si nota che il popolamento è mediamente più ricco in specie, tutte le stazioni hanno valori superiori a 2.5, confermando l'aumento percentuale in specie già evidenziato nella campagna di febbraio 2021.

Valori elevati dell'indice di equiripartizione di Pielou (J) sono presenti in tutte le stazioni con valori superiori a 0.8, dimostrando un'uniforme distribuzione degli organismi, solo la stazione A17 presenta valori leggermente diversi, comunque con un valore superiore a 0,8, dovuti al picco di abbondanza di tre molluschi bivalvi *Chamelea gallina*, *Lucinella divaricata* e *Dosina lupinus*.

Il confronto con le campagne del Corso D'Opera mostra un andamento in linea con le precedenti campagne con un aumento costante nella equa distribuzione degli organismi (Fig. 5.1.2.1.2.a).

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.b. I gruppi ecologici presenti in tutte le stazioni sono il gruppo GI, GII, GIII e GIV, con i primi due che risultano essere i due gruppi più rappresentati mentre GIII e GIV sono caratterizzati da valori molto bassi (Fig. 5.1.2.1.3.b). Solo la stazione A11 presenta un valore di GV abbastanza alto, sotto il 20%. L'indice AMBI presenta invece valori inferiori o pari a 2 in tre stazioni, A08, A11, A72 (Fig. 5.1.2.1.3.b) 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 le precedenti (Corso D'Opera) mostra 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.b 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 (Corso D'Opera) mostra valori simili con un leggero miglioramento in tutte le stazioni, ad esclusione della stazione A11 che nell'M-AMBI presenta un lieve peggioramento con un valore di RQE Good (verde) (Fig. 5.1.2.1.3.a; 5.1.2.1.4.a; 5.1.2.1.5.a).

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.

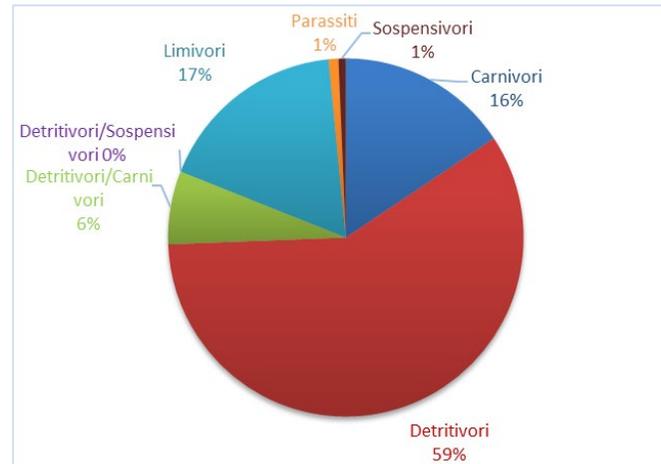


Figura 5.1.1.2.a Suddivisione in categorie trofiche degli organismi presenti nell'area di immersione dei sedimenti dragati, campagna *Post operam* di settembre 2021

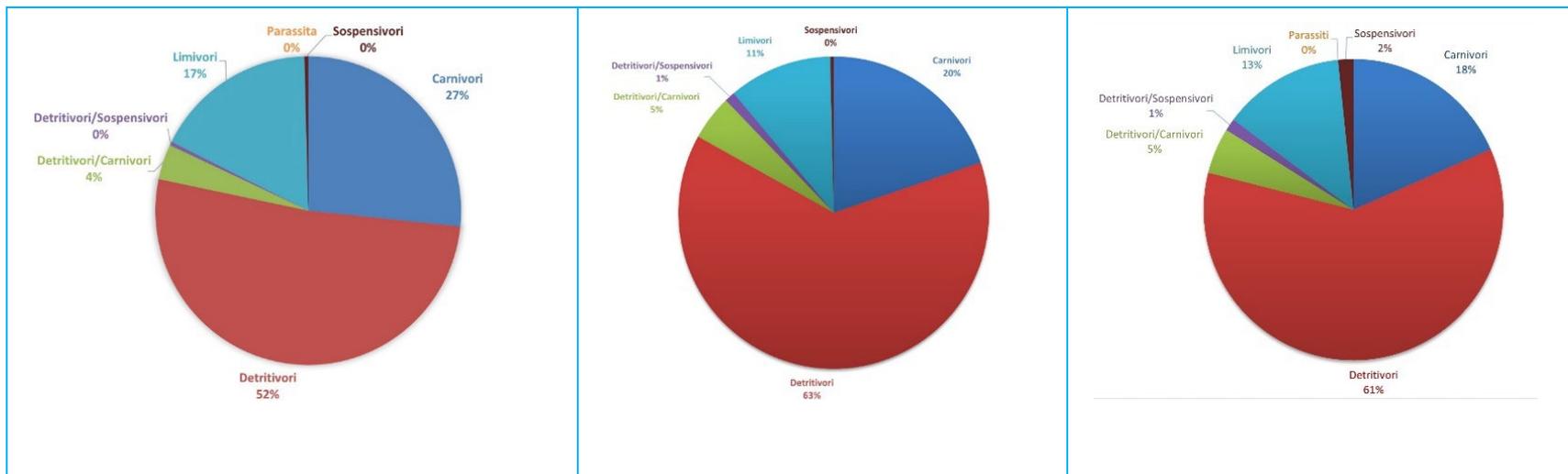


Figura 5.1.1.2.b Suddivisione in categorie trofiche degli organismi presenti nell'area di immersione dei sedimenti dragati e confronto tra le campagne

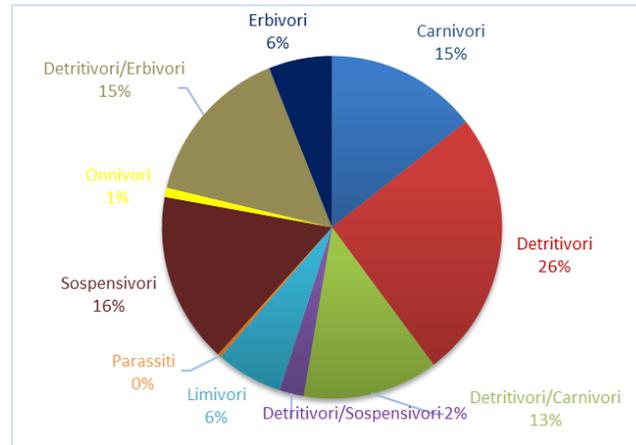


Figura 5.1.1.3.a Suddivisione in categorie trofiche degli organismi presenti nell'area della Costiera amalfitana potenzialmente impattata

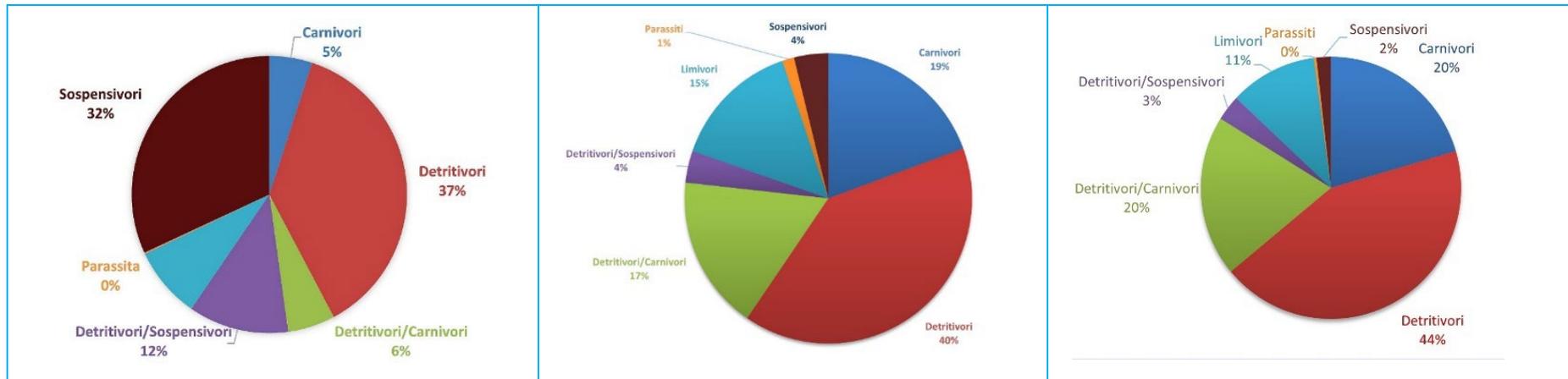


Figura 5.1.1.3.b Suddivisione in categorie trofiche degli organismi presenti nell'area della Costiera amalfitana potenzialmente impattata dall'attività di immersione dei sedimenti dragati e confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx.

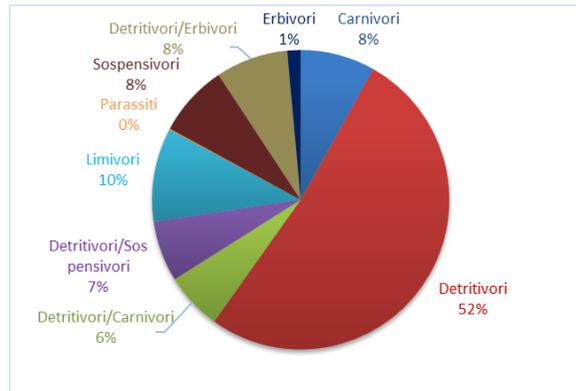


Figura 5.1.1.4.a Suddivisione in categorie trofiche degli organismi presenti nell'area della Piana del Sele potenzialmente impattata dall'attività di immersione dei sedimenti dragati nella campagna Post operam di settembre 2021

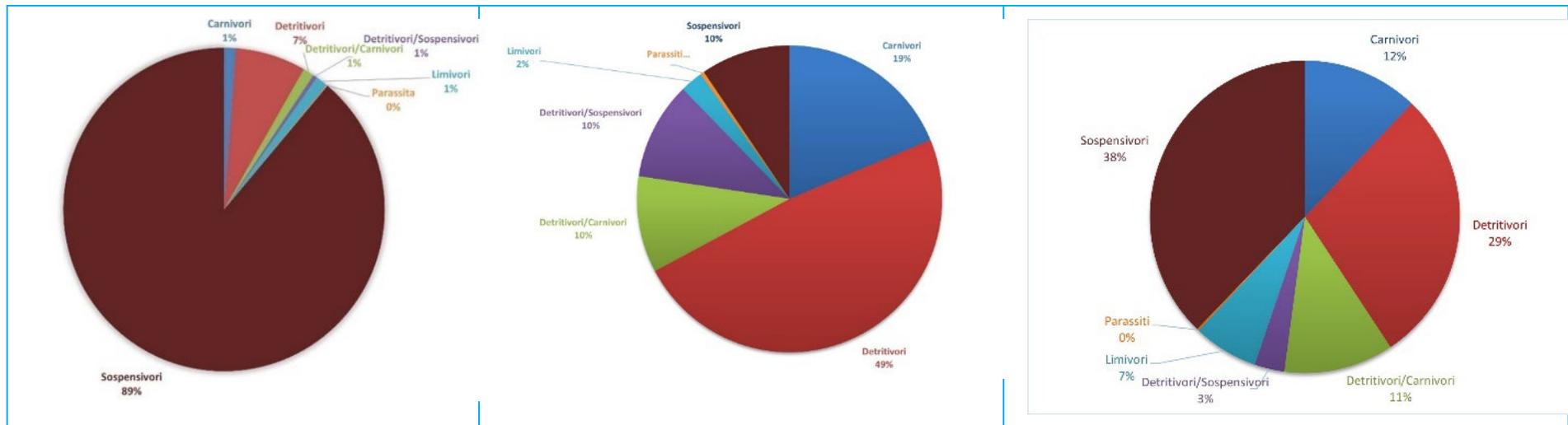


Fig. 5.1.1.4.b Suddivisione in categorie trofiche degli organismi presenti nell'area del litorale della Piana del Sele potenzialmente impattata dall'attività di immersione dei sedimenti dragati e confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx

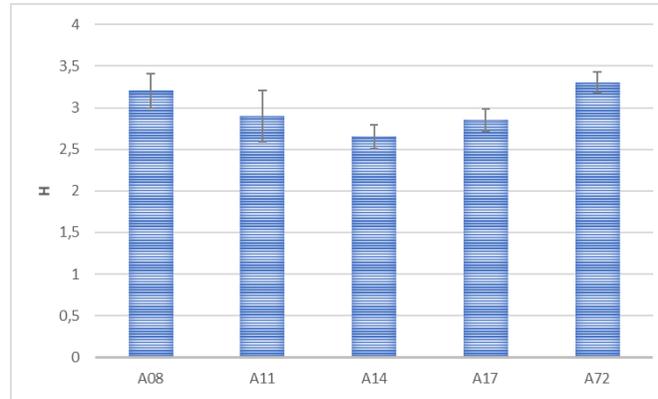


Figura 5.1.2.1.1.a Indice di diversità specifica di Shannon Weaver (media +/- deviazione standard) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio, campagna *Post operam* settembre 2021.

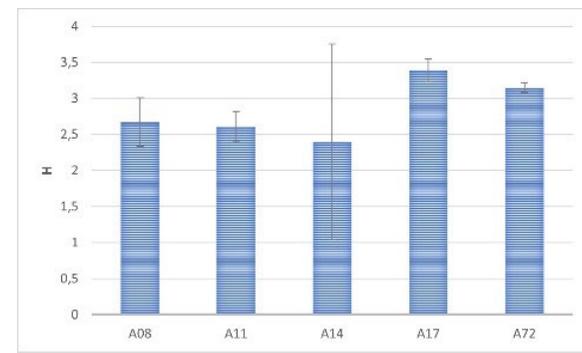
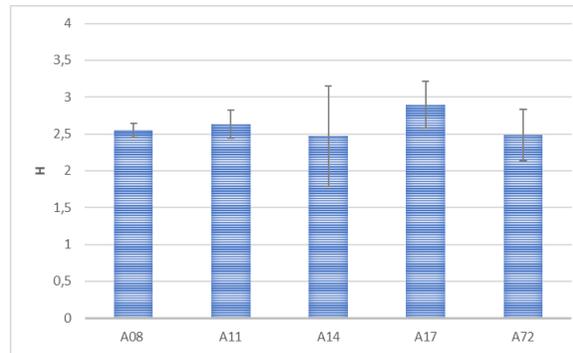
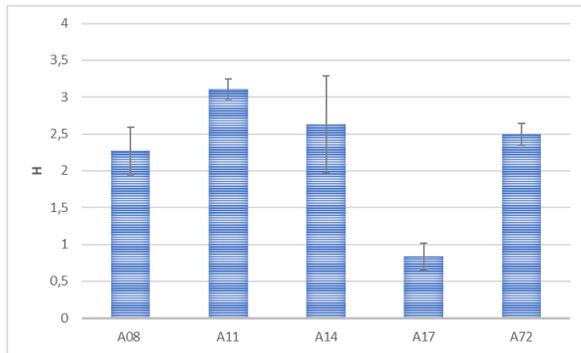


Figura 5.1.2.1.1.b Confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell'indice di diversità specifica di Shannon Weaver (media +/- deviazione standard) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio.

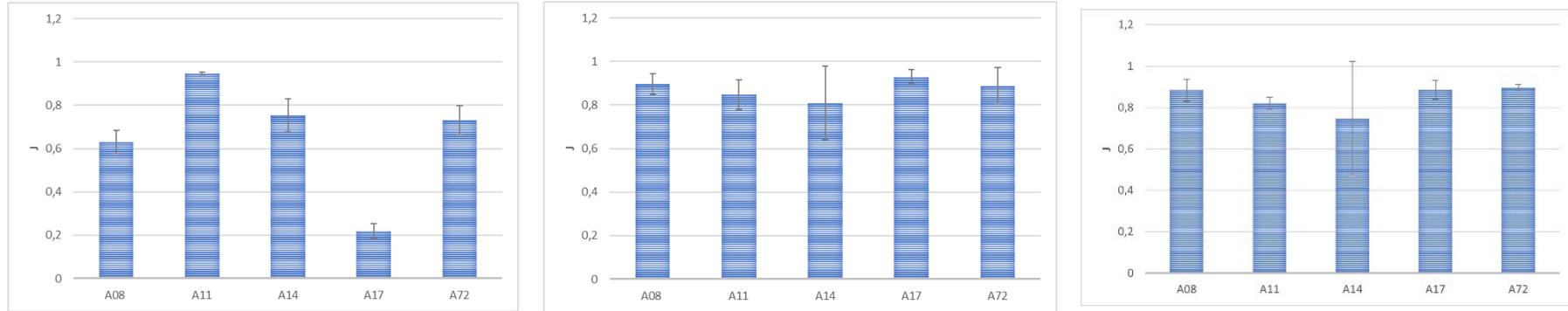


Figura 5.1.2.1.2.a Confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell'indice di equiripartizione di Pielou (media +/- deviazione standard) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio.

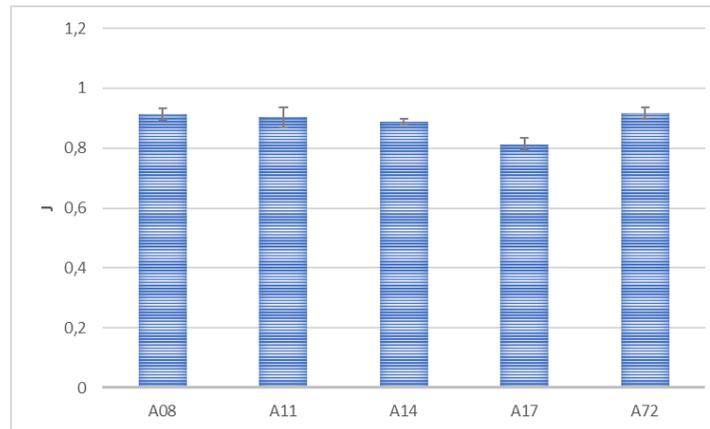


Figura 5.1.2.1.2.b Indice di equiripartizione di Pielou (media +/- deviazione standard) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio, campagna *Post operam* settembre 2021

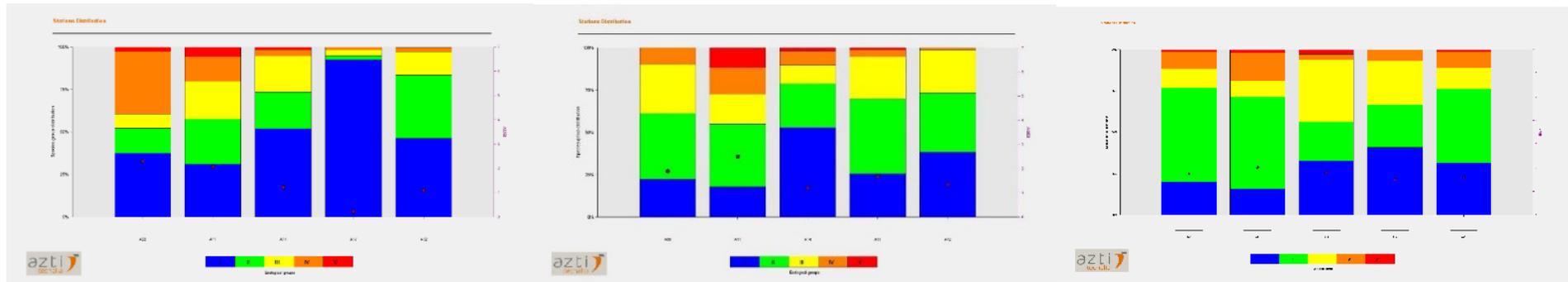


Figura 5.1.2.1.3.a Confronto dell'Indice AMBI e distribuzione delle specie nei 5 gruppi ecologici (G) all'interno di ciascuna stazione delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx

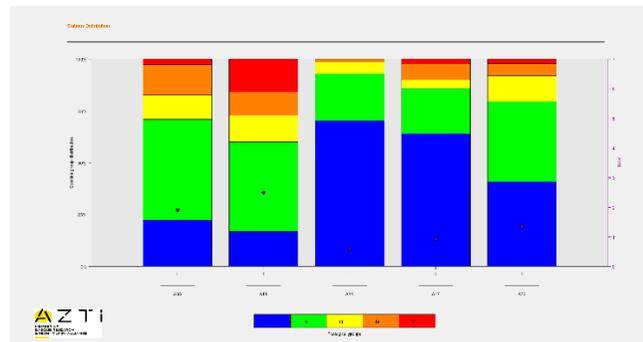


Figura 5.1.2.1.3.b Confronto dell'Indice AMBI e distribuzione delle specie nei 5 gruppi ecologici (G) all'interno di ciascuna stazione delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio campagna *Post operam* settembre 2021

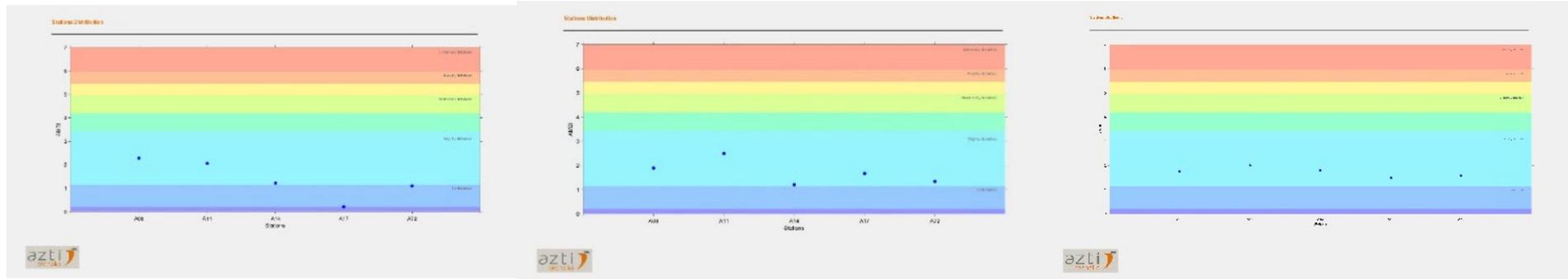


Figura 5.1.2.1.4.a Confronto dell'indice AMBI e valori di ECoQ in tutte le stazioni delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx

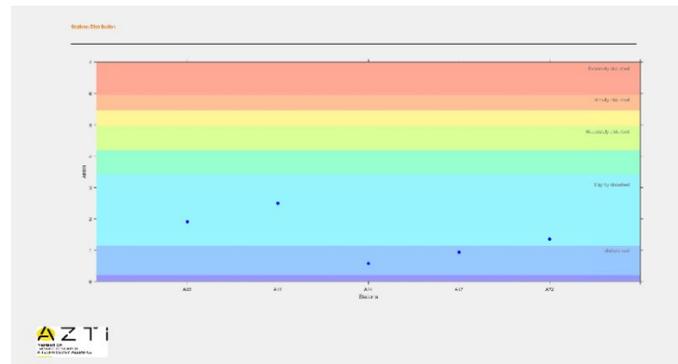


Figura 5.1.2.1.4.b Confronto dell'indice AMBI e valori di ECoQ in tutte le stazioni delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio campagna Post operam settembre 2021

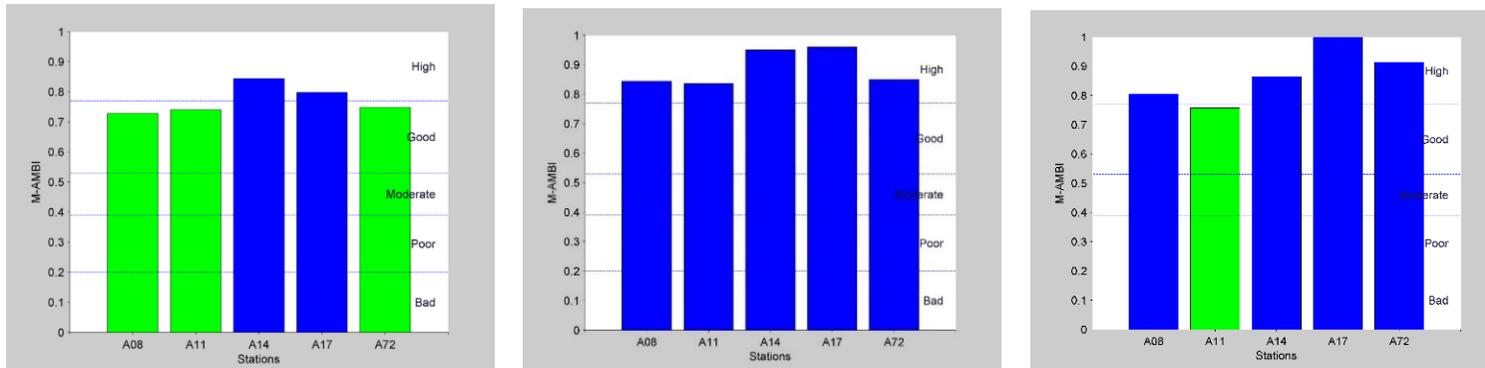


Figura 5.1.2.1.5.a Confronto dell'Indice M-AMBI nelle stazioni delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio ed il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx.

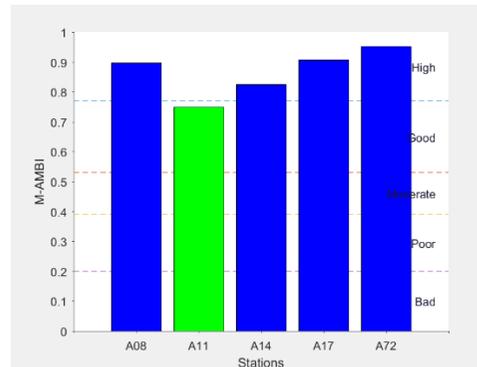


Figura 5.1.2.1.5.b Confronto dell'Indice M-AMBI nelle stazioni delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio ed il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) campagna *Post operam* settembre 2021

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 463 individui appartenenti a 60 taxa. Il 34% del popolamento è costituito da due policheti *Paradiopatra calliopae* (13%) e *Prionospio ehlersi* (21%) mentre l'15% è costituito dal mollusco bivalve *Mendicula ferruginosa*. Il restante 51% del popolamento è costituito in prevalenza da policheti e molluschi bivalvi. La composizione del popolamento in termini di preferenze ecologiche evidenzia un popolamento molto simile a quello riscontrato nelle campagne del Corso d'Opera, confermando la variazione indotta probabilmente dalla tipologia di substrato. Infatti, la tipologia di sedimento riscontrato nella campagna Post Opera 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.

L'andamento dell'indice di Shannon Weaver (H') presenta valori abbastanza elevati in tutte le stazioni, solo la stazione A22 ha una leggera riduzione nella diversità specifica, rispetto a febbraio 2021, con un valore poco al di sotto di 2. Il confronto con le campagne del Corso d'opera mostra un aumento dei valori di diversità specifica quasi in tutte le stazioni confermando il generale trend di miglioramento riscontrato nelle precedenti campagne (Fig. 5.1.2.2.1.a-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.b). Il confronto con le campagne precedenti del Corso d'opera mostra un andamento simile, in tutte le stazioni, ed in tutte le campagne i valori si assestano fra 0.8 ed 1 (Fig. 5.1.2.2.2.a).

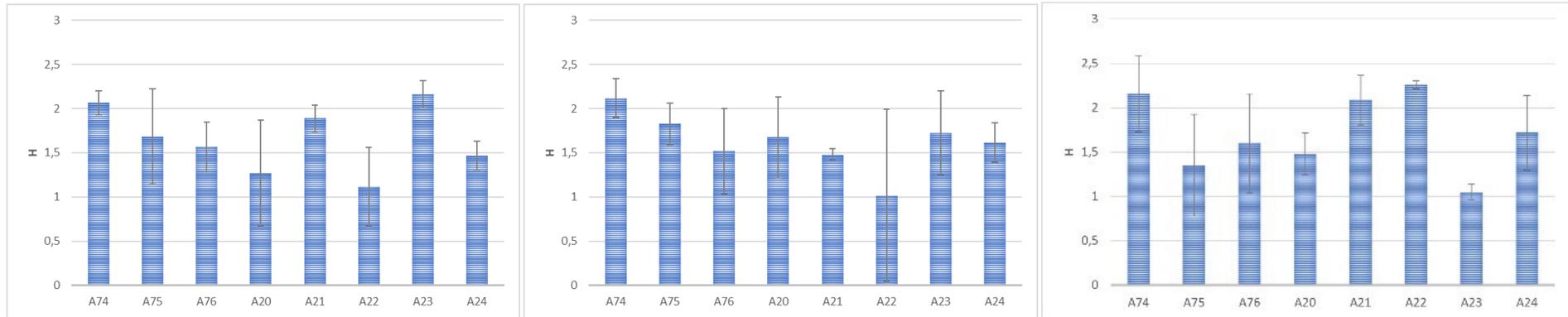


Figura 5.1.2.2.1.a. Confronto tra le campagne Corso d’Opera maggio 2020 sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell’indice di diversità specifica di Shannon Weaver (media +/- deviazione standard) nell’area di immersione.

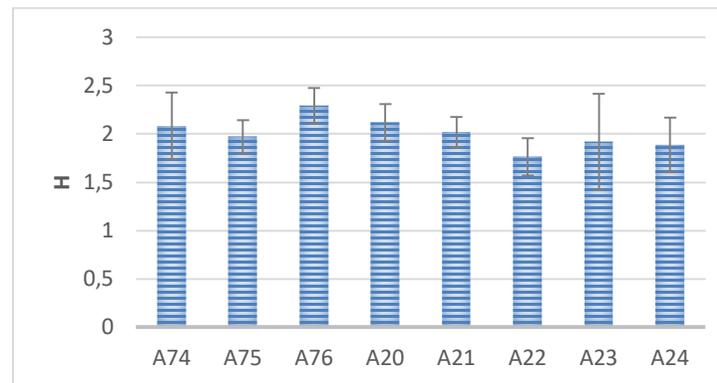


Figura 5.1.2.2.1.b. Indice di diversità specifica di Shannon Weaver (media +/- deviazione standard) nell’area di immersione, campagna *Post operam* settembre 2021.

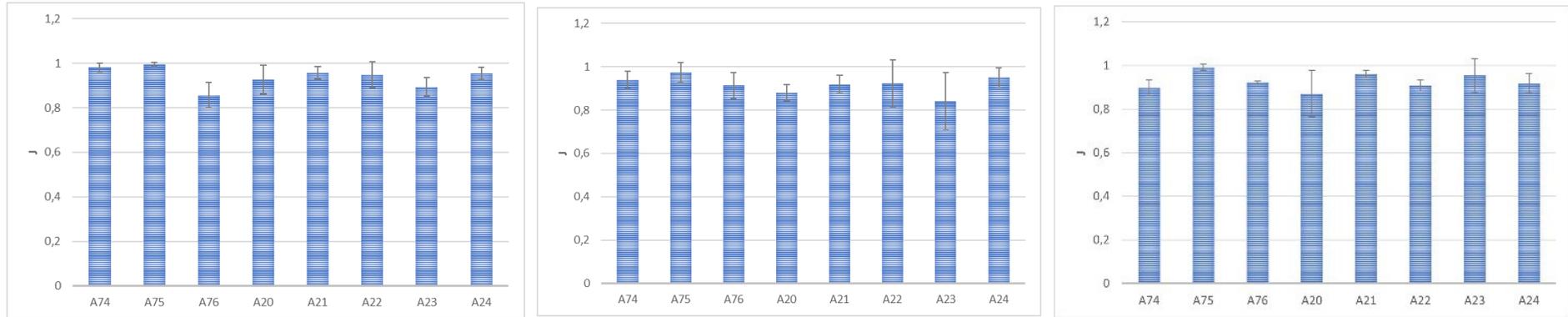


Figura 5.1.2.2.a Confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell'indice di equitabilità di Pielou (media +/- deviazione standard) nell'area di immersione

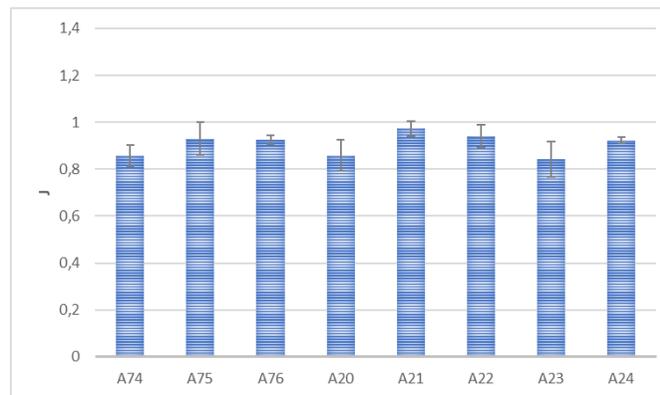


Figura 5.1.2.2.b Indice di equitabilità di Pielou (media +/- deviazione standard) nell'area di immersione campagna Post operam settembre 2021

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 nel grafico di figura 5.1.2.2.3.b. I gruppi ecologici maggiormente rappresentati sono il gruppo GI e GII, seguito dal gruppo GIV e dal GIII presente in particolare nella stazione A23. Non ci sono specie appartenenti al gruppo GV.

In tutte le stazioni l'indice ha evidenziato valori compresi $1,2 < \text{AMBI} < 3$ indicanti un ambiente leggermente disturbato ed un ECoQ buono (Fig. 5.1.2.2.4.b).

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.a; 5.1.2.2.4.a).

In figura 5.1.2.2.5.b vengono riportati i valori dell'indice M-AMBI nelle stazioni considerate e il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE). Tutte le stazioni presentano un RQE *High* (Blu), ad eccezione della stazione A22 che presenta un RQE *Good* (verde). Il confronto dei valori dell'AMBI e del M-AMBI attuali con quelli delle campagne precedenti, mostra un miglioramento generale, le stazioni A75, A76, A20, A23 e A24 sono passati ad un RQE *High* (Blu), solo la stazione A 20 ha avuto un peggioramento rispetto alla campagna di febbraio 2021 tornando ad avere il livello di RQE *Good* (verde) che aveva precedentemente (Fig. 5.1.2.2.5.a).

Il miglioramento generalizzato riscontrato può essere attribuito sia all'aumento naturale di organismi dovuto alla trasformazione del substrato che come detto in precedenza, essendo modificato in classazione, ha dato la possibilità di sviluppo a nuove specie, sia alla stagionalità di campionamento, estate/autunno, periodo di massima espansione delle specie macrozoobentoniche.

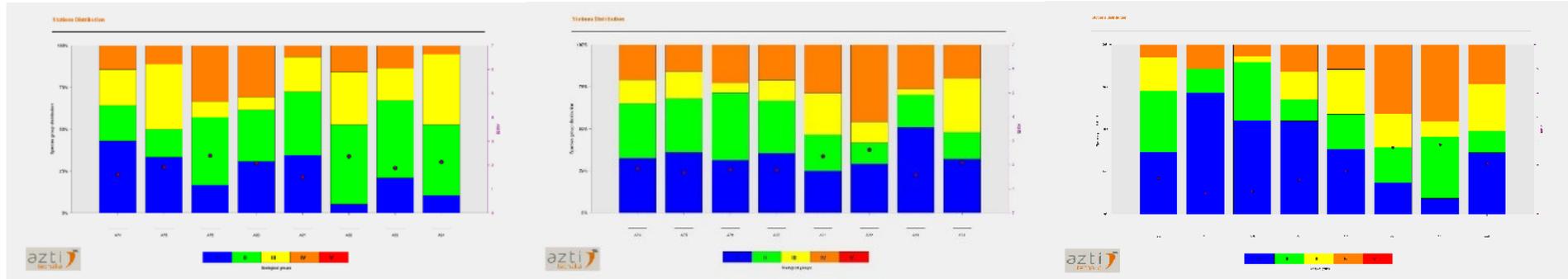


Figura 5.1.2.2.3.a Confronto tra le campagne Corso d’Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell’indice AMBI e distribuzione delle specie nei 5 gruppi ecologici (G) all’interno di ciascuna stazione nell’area di immersione.

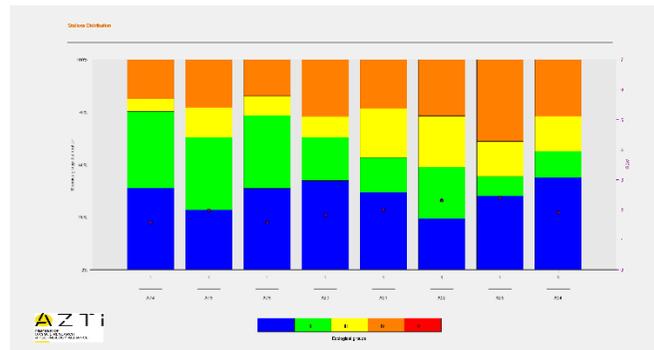


Figura 5.1.2.2.3.b Confronto dell’Indice AMBI e distribuzione delle specie nei 5 gruppi ecologici (G) all’interno di ciascuna stazione dell’area d’immersione. Campagna *Post operam* settembre 2021

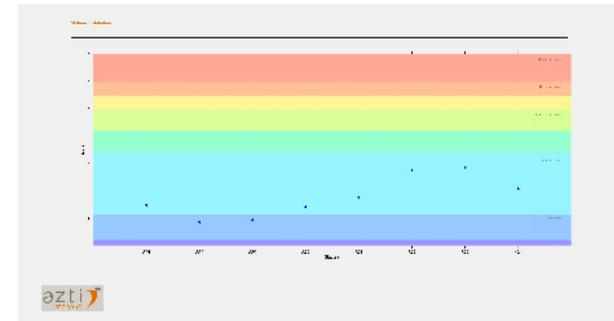
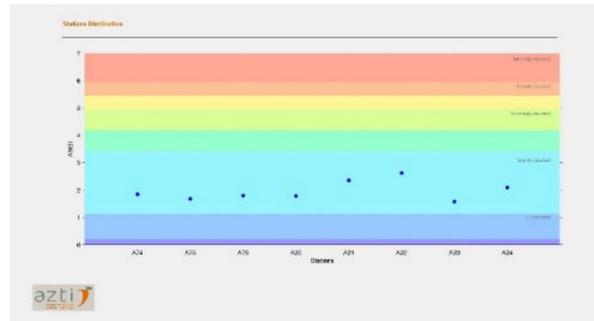
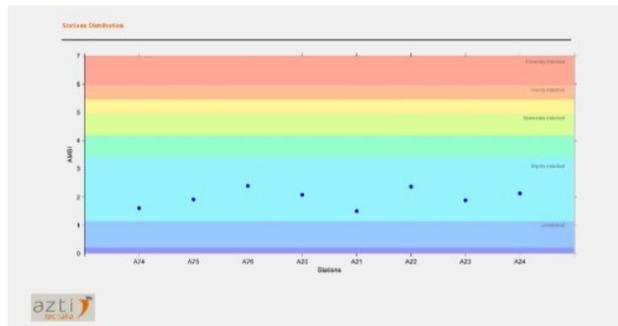


Figura 5.1.2.2.4.a Confronto tra le campagne Corso d’Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell’indice AMBI e valori di EcoQ in tutte le stazioni nell’area di immersione.

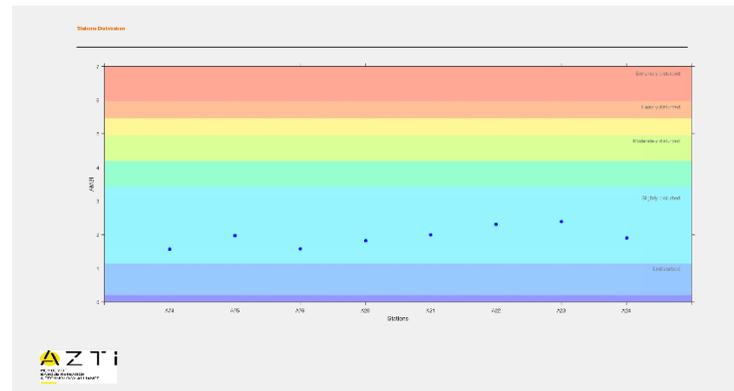


Figura 5.1.2.2.4.b. Indice AMBI e valori di EcoQ in tutte le stazioni nell’area di immersione. Campagna *Post operam* settembre 2021

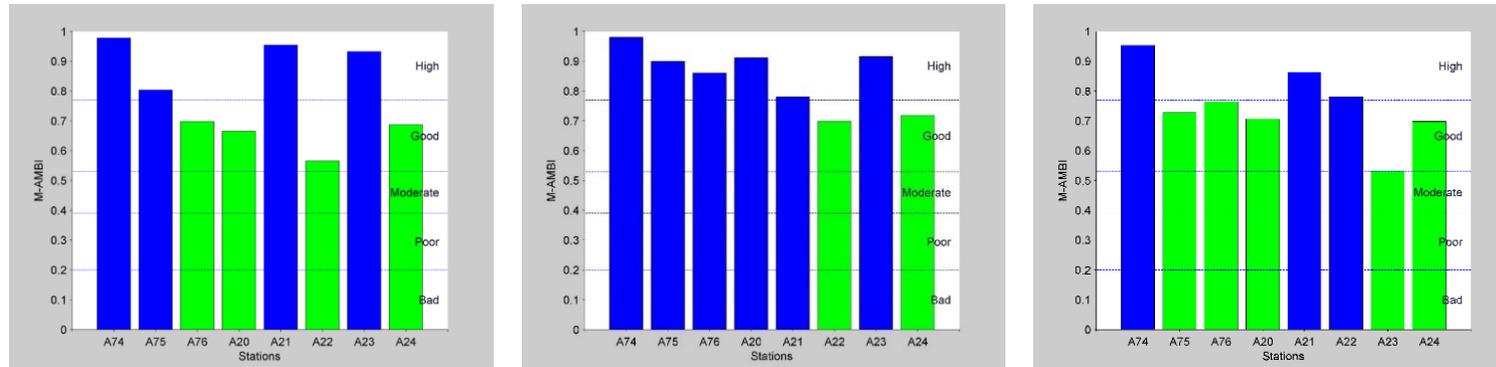


Figura 5.1.2.5.a. Confronto tra le campagne Corso d’Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell’indice M-AMBI nelle stazioni campionate ed il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) nell’area di immersione.

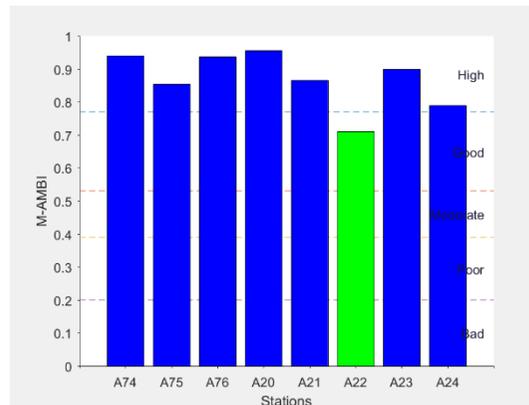


Figura 5.1.2.5.b. Indice M-AMBI nelle stazioni campionate ed il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) nell’area di immersione. Campagna *Post operam* settembre 2021

Come nelle campagne precedenti l'elaborazione dei dati ha fornito un'analisi sulla composizione e sulla struttura della comunità. La composizione bionomica ha messo in evidenza che si tratta di un popolamento 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. Dato confermato dall'espansione di specie detritivore e carnivore che dimostra sia il trasporto di nuovo materiale organico sia il disturbo sulla comunità precedente.

Nelle ultime due campagne dicembre 2020 e febbraio 2021 si riscontrano principalmente specie a larga ripartizione ecologica mentre, nella campagna di maggio 2020, il popolamento era caratterizzato dalla presenza di specie vasicole ed esclusive di particolari biocenosi tipiche delle profondità prese in analisi.

Le novità della campagna *Post operam* di settembre 2021 è rappresentato dalla nuova espansione di specie limivore con abitudini di vita vasicole che arrivano al 17% del popolamento come nella campagna di maggio 2020.

Le specie maggiormente presenti nella campagna *Post operam* settembre 2021 con il 49% del totale del popolamento sono *Paradiopatra calliopae* con il 13%, *Prionospio ehlersi* con il 21% e *Mendicula ferruginosa* con il 15% del popolamento.

La specie maggiormente presente è risultata essere il polichete *Prionospio ehlersi*, specie opportunistica e detritivora.

La seconda specie è stata *Mendicula ferruginosa*, mollusco bivalve detritivoro, una specie cosmopolita di acque profonde, rinvenuta dalla piattaforma continentale fino a profondità abissali. È considerata un elemento tipico della biocenosi VP, di fango batiale.

Il polichete *Paradiopatra calliopae*, già presente nei precedenti campionamenti e con abbondanze simili è una specie carnivora a larga ripartizione ecologica.

Si nota come nelle ultime campagne le specie maggiormente presenti sono sempre le tre summenzionate con leggere variazioni percentuali ma grosso modo nelle stesse proporzioni, confermando che il disturbo fisico dell'ambiente sedimentario, come quello avvenuto nel sito di immersione dei sedimenti, ha 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, A65, A68).

Area Costiera Amalfitana

L'analisi tassonomica del popolamento bentonico dell'area della Costiera amalfitana ha condotto all'individuazione complessiva di 1566 individui e 183 taxa. Rispetto alla Campagna Corso D'Opera febbraio 2021 c'è una grande ripresa nel numero di taxa e di individui, i valori di abbondanza raddoppiano e tornano ad essere simili a quelli della campagna di maggio 2020, aumentano anche, rispetto alla campagna di maggio 2020, i 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 superiori a 3 per le stazioni A47 e A50 e poco al di sotto di 3 per A53. Il confronto con tutte le precedenti campagne del Corso d'opera, mostra un andamento diverso, infatti la diversità è aumentata consistentemente. Il popolamento dell'area, quindi, è ben diversificato con un solo picco in abbondanza costituito dal mollusco gasteropode *Caecum subannulatum*, comune detritivoro che vive su fondi sabbiosi del piano infralitorale, presente con il 14% del popolamento (Fig. 5.1.2.3.1.a-b).

L'indice di equiripartizione di Pielou (J) mostra valori abbastanza alti, tutti superiori a 0,8, indicando una buona distribuzione delle specie all'interno delle stazioni. Il confronto con la campagna di dicembre 2020 non mostra significativi cambiamenti, confermato, rispetto alla campagna di maggio 2020, il miglioramento della diversità specifica per la stazione A53 (Fig. 5.1.2.3.2.a-b).

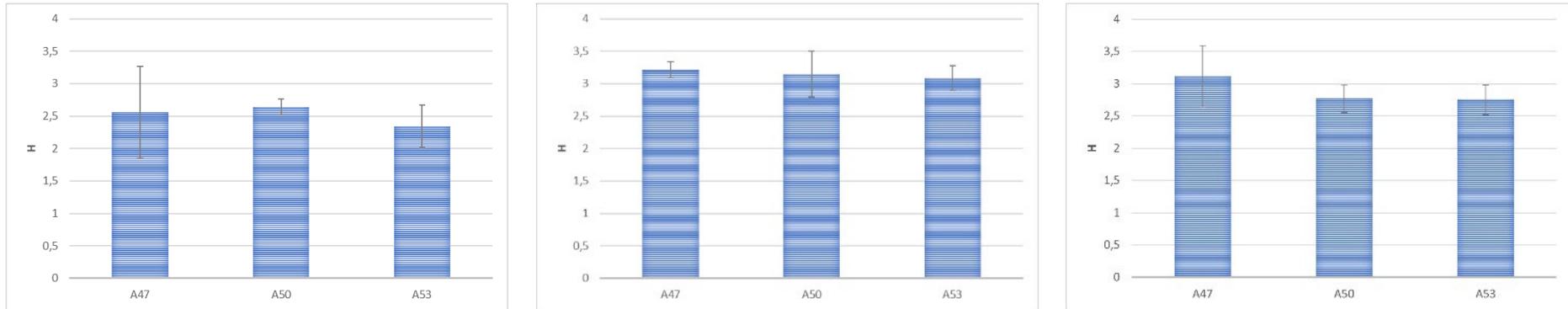


Figura 5.1.2.3.1.a. Confronto tra le campagne Corso d’Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell’indice di diversità specifica di Shannon Weaver (media +/- deviazione standard) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Costiera).

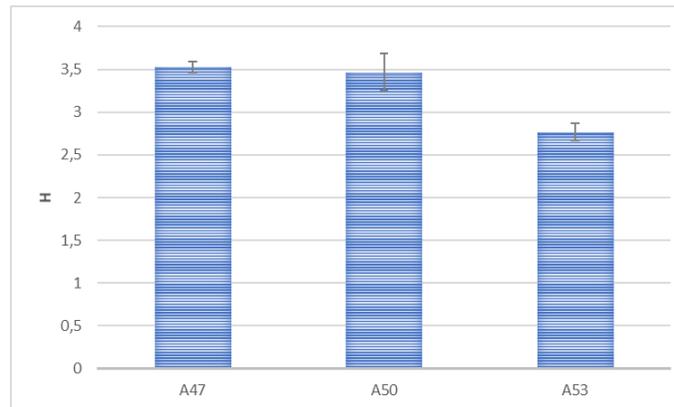


Figura 5.1.2.3.1.b. Indice di diversità specifica di Shannon Weaver (media +/- deviazione standard) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Costiera), campagna *Post operam* settembre 2021.

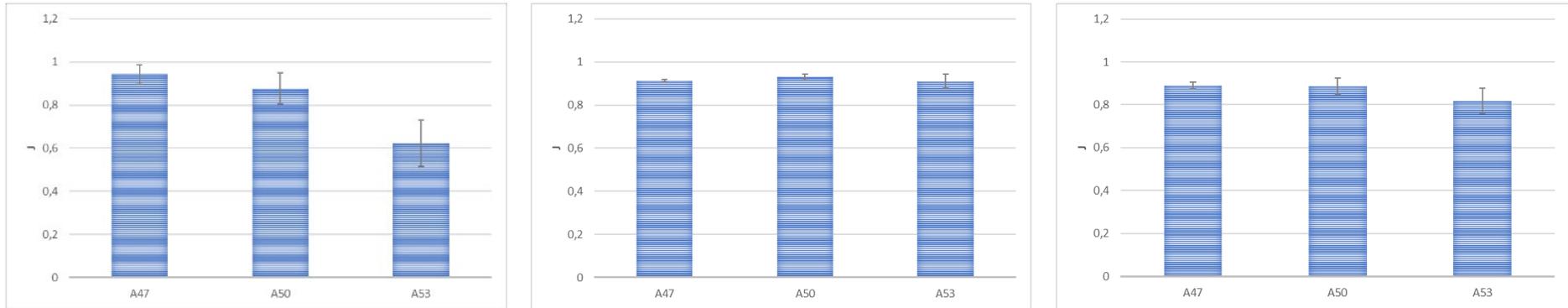


Figura 5.1.2.3.2.a Confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell'indice di equiripartizione di Pielou (media +/- deviazione standard) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Costiera).

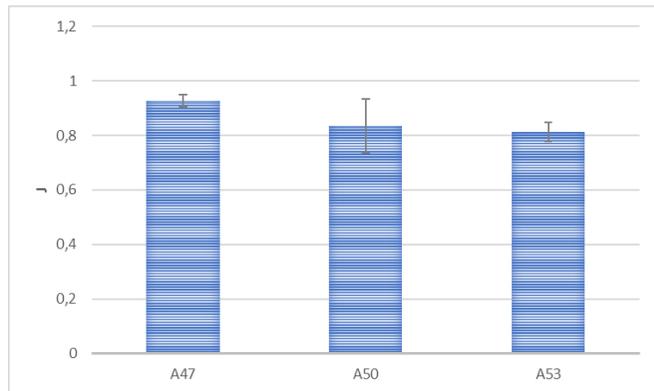


Figura 5.1.2.3.1.2.b Indice di equiripartizione di Pielou (media +/- deviazione standard) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Costiera), campagna *Post Operam* settembre 2021.

Il calcolo dell'indice AMBI, la distribuzione delle specie all'interno di ciascun gruppo ecologico ed il confronto con le precedenti campagne del Corso d'Opera, 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 superiore al 70%. I rimanenti gruppi si distribuiscono in maniera inferiore in ciascuna stazione (Fig. 5.1.2.3.3.b). 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 ed inoltre le specie appartenenti al gruppo GV sono scomparse (Fig. 5.1.2.3.3.a).

L'indice AMBI presenta valori intorno ad 1 solo 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.b 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, nella campagna *Post operam* di settembre, valori superiori o in linea con i precedenti.

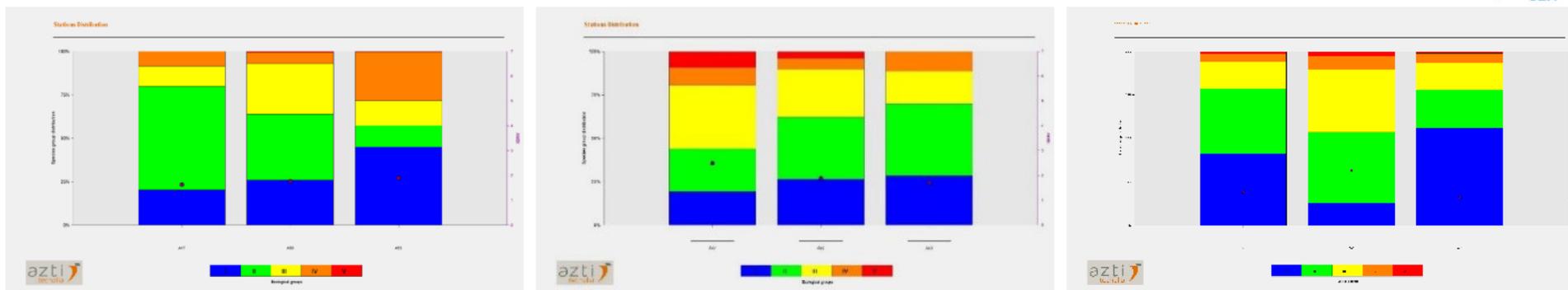


Figura 5.1.2.3.3.a Confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell'indice AMBI e distribuzione delle specie nei 5 gruppi ecologici (G) all'interno di ciascuna stazione delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Costiera).

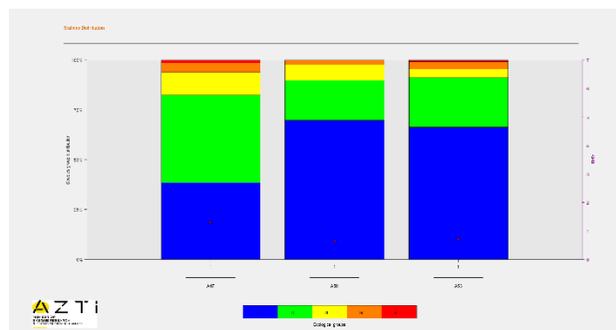


Figura 5.1.2.3.3.b Indice AMBI e distribuzione delle specie nei 5 gruppi ecologici (G) all'interno di ciascuna stazione delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Costiera), campagna Post operam settembre 2021.

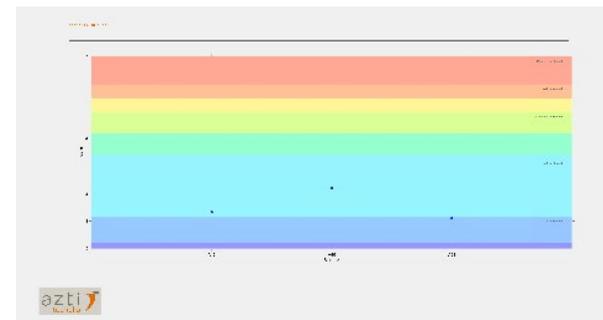
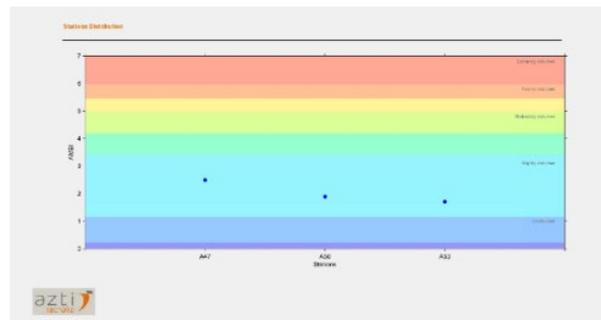
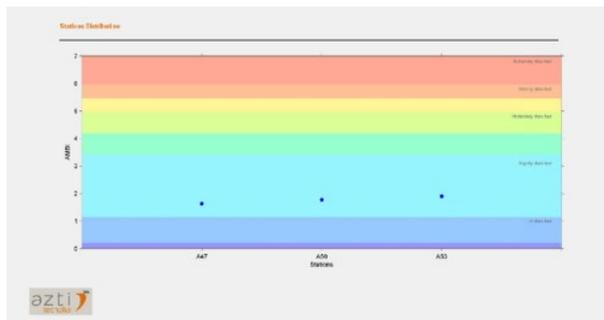


Figura 5.1.2.3.4.a Confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell'indice AMBI e valori di ECoQ in tutte le stazioni delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Costiera).

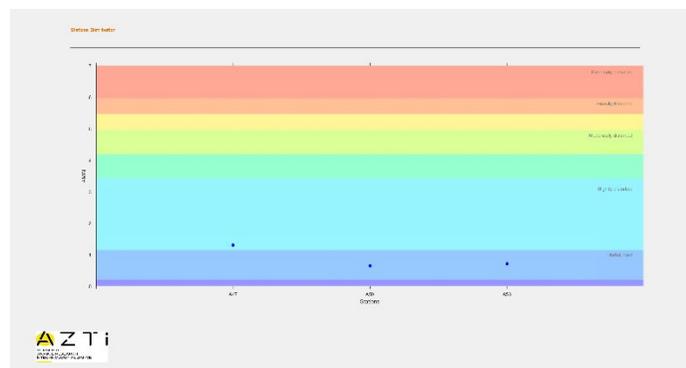


Figura 5.1.2.3.4.b Indice AMBI e valori di ECoQ in tutte le stazioni delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Costiera), campagna *Post operam* settembre 2021.

Monitoraggio post d'opera 6 mesi – Report Risultati Sedimenti

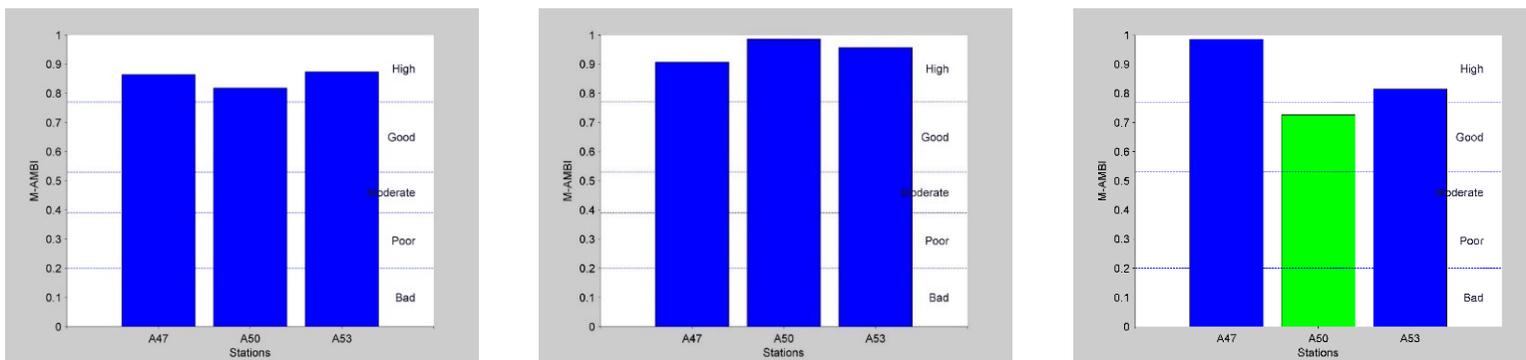


Figura 5.1.2.3.5.a Confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell'indice M-AMBI nelle stazioni campionate ed il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Costiera).

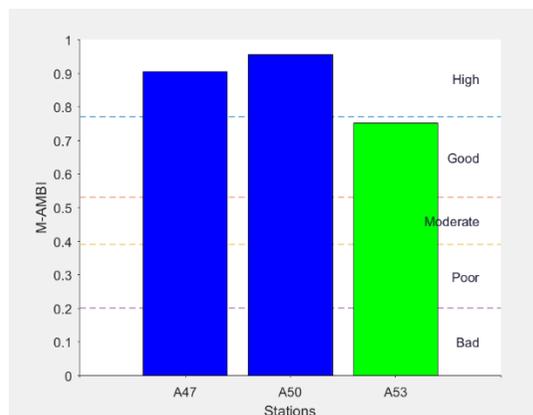


Figura 5.1.2.3.5.b Indice M-AMBI nelle stazioni campionate ed il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Costiera), campagna *Post operam* settembre 2021

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 2127 individui e 139 taxa. I valori di abbondanza sono superiori alle ultime due campagne del Corso D'opera, ricordiamo la stagionalità del campionamento ha una forte influenza su questi dati, in periodo estivo autunnale si ha un aumento dei popolamenti grazie alle condizioni climatiche più favorevoli. La differenza con la Campagna Corso D'opera maggio 2020 permane ma in quel caso le stazioni A65 ed A68 erano risultate caratterizzate da un elevato numero di un mollusco bivalve, *Spisula subtruncata*, presente con elevata abbondanza.

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 in tutte le stazioni. Confrontando i dati con le campagne precedenti del Corso d'opera si nota una sostanziale similitudine con valori di diversità specifica un po' più elevati in tutte le stazioni. In particolare, il confronto con la campagna di maggio 2020 mostra per le stazioni A65 e A68 un netto miglioramento, come detto in precedenza le due stazioni presentavano in passato valori di abbondanza molto elevati per una sola specie di mollusco (Fig. 5.1.2.3.6.a-b). Da notare la presenza del 4% del popolamento di un solo anfipode, *Dexamine spinosa*, specie vagile presente su substrati di sabbia fangosa e anche di sabbia e in associazione con *C. prolifera*.

L'indice di equiripartizione di Pielou (J) mostra valori abbastanza elevati in tutte le stazioni confermando la tendenza al miglioramento ed un'equa distribuzione delle specie. Il confronto con le campagne precedenti presenta un ulteriore miglioramento per tutte le stazioni prese in esame (Fig. 5.1.2.3.7.a-b).

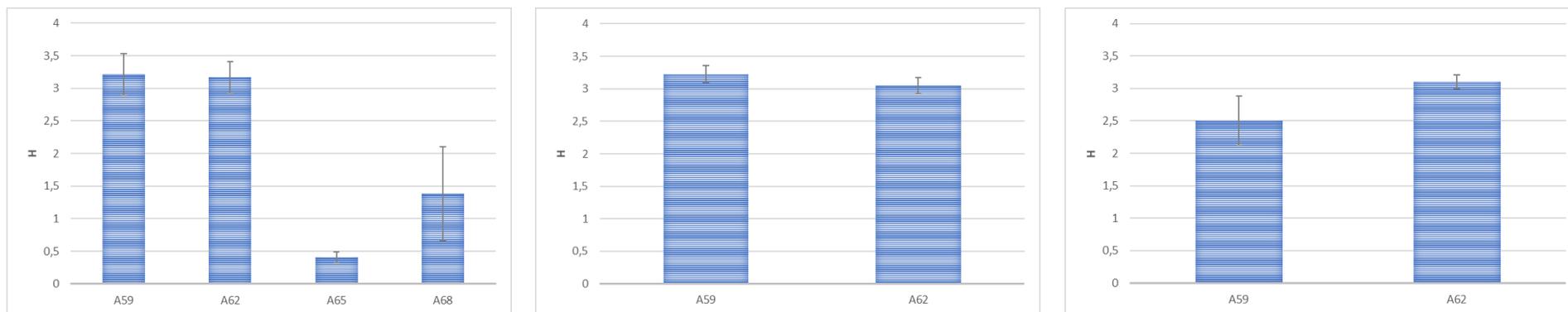


Figura 5.1.2.3.6.a. Confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell'indice di diversità specifica di Shannon Weaver (media +/- deviazione standard) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Sele).

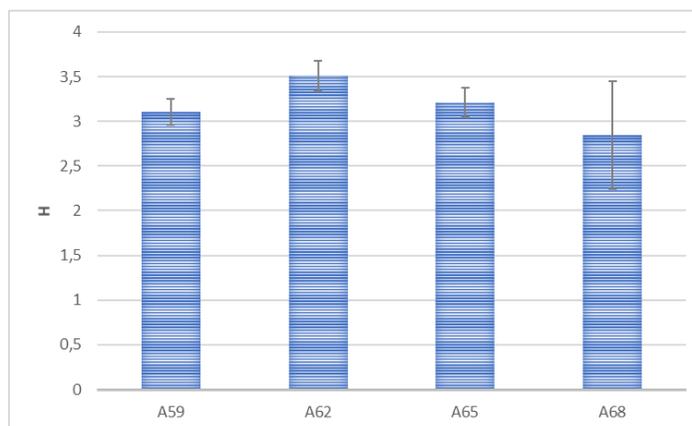


Figura 5.1.2.3.6 b Indice di diversità specifica di Shannon Weaver (media +/- deviazione standard) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Sele), campagna *Post Operam* settembre 2021.

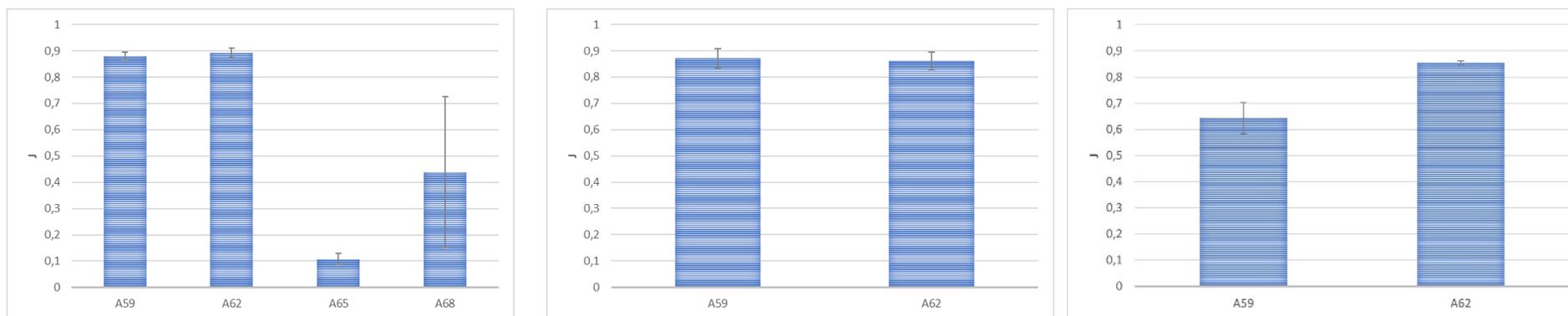


Figura 5.1.2.3.7.a Confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell'indice di equipartizione di Pielou (media +/- deviazione standard) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Sele).

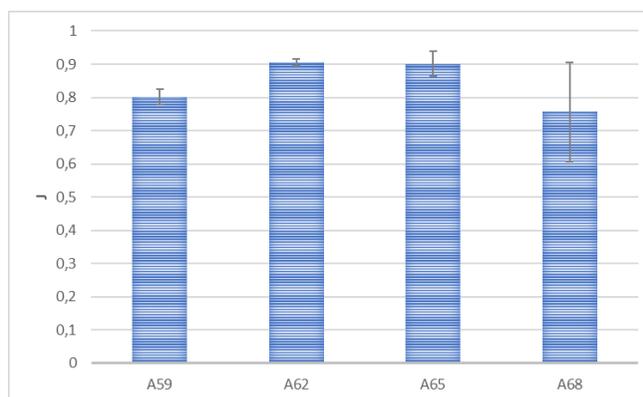


Figura 5.1.2.3.7.b Indice di equipartizione di Pielou (media +/- deviazione standard) nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Sele), campagna *Post Operam* settembre 2021

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, in particolare nella stazione A68, con valori medi superiori al 70%.

L'indice AMBI presenta valori inferiori ad 1 in A68 ed inferiore di 2 nelle altre 3 stazioni indicanti rispettivamente un ambiente non disturbato con ECoQ ottimale e leggermente disturbato con un ECoQ buono (Fig. 5.1.2.3.8.b). Il confronto con le precedenti campagne del Corso D'Opera mostra una sostanziale similarità in tutte le stazioni (Fig. 5.1.2.3.8.a).

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).

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.a).

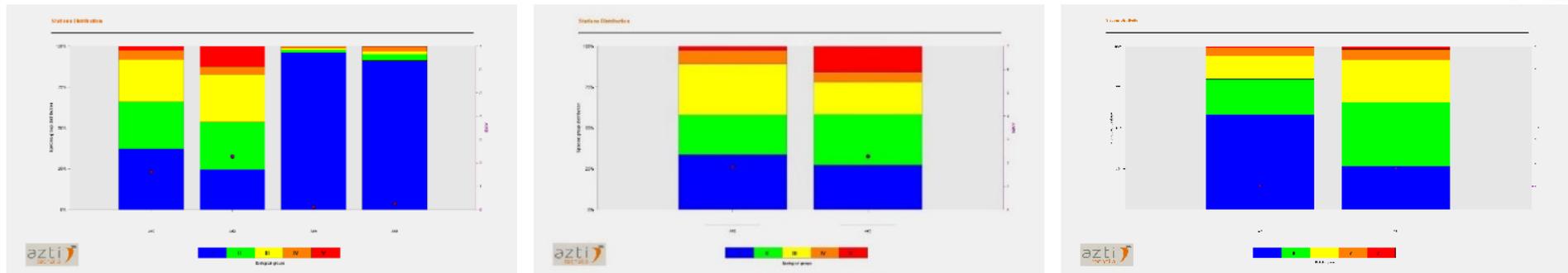


Figura 5.1.2.3.8.a Confronto tra le campagne Corso d'Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell'indice AMBI e distribuzione delle specie nei 5 gruppi ecologici (G) all'interno di ciascuna stazione delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Sele).

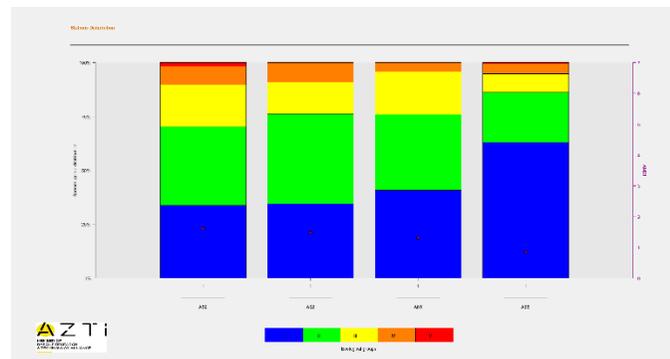


Figura 5.1.2.3.8.b. Indice AMBI e distribuzione delle specie nei 5 gruppi ecologici (G) all'interno di ciascuna stazione delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Sele), campagna *Post Operam* settembre 2021.

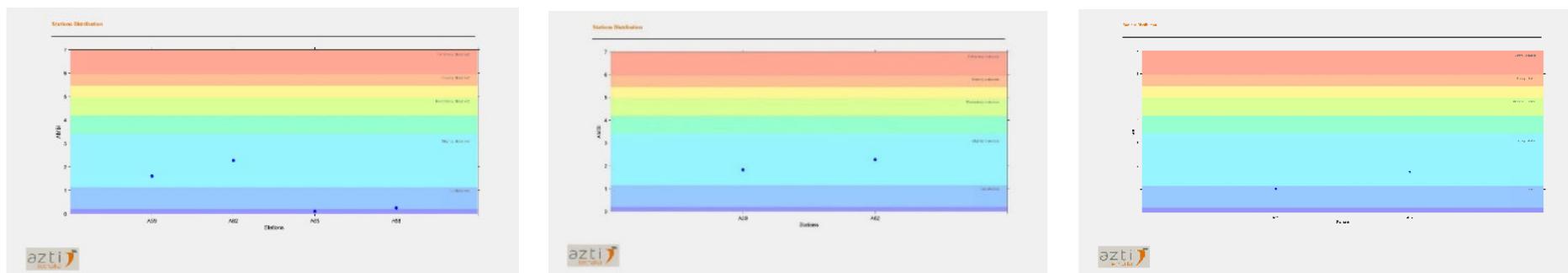


Figura 5.1.2.3.9.a. Confronto tra le campagne Corso d’Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell’indice AMBI e valori di EcoQ in tutte le stazioni delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Sele).

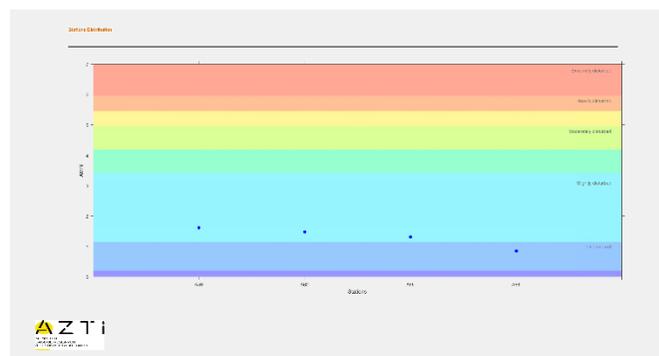


Figura 5.1.2.3.9.b Indice AMBI e valori di EcoQ in tutte le stazioni delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione (Sele), campagna *Post operam* settembre 2021.

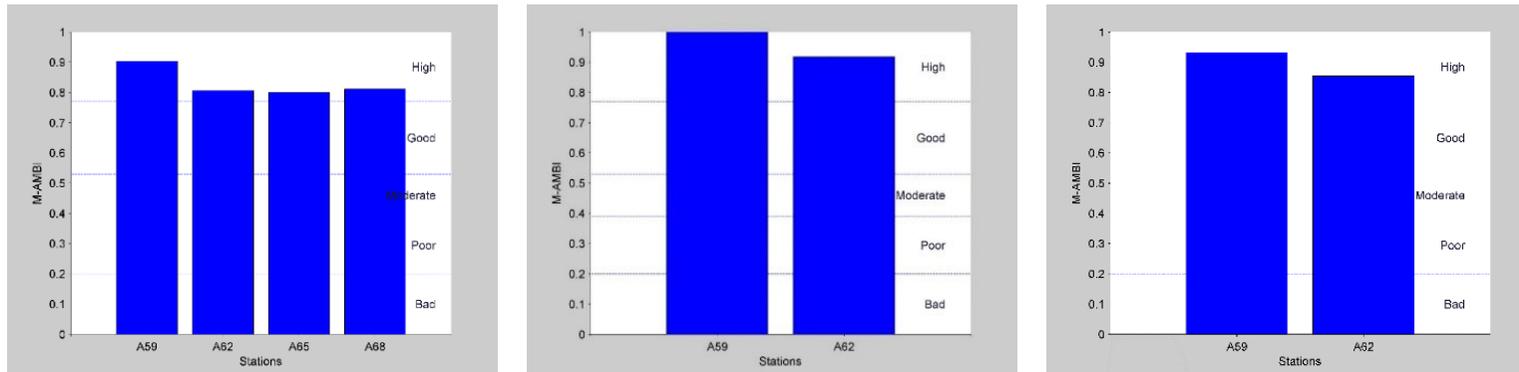


Figura 5.1.2.3.10.a. Confronto tra le campagne Corso d’Opera, maggio 2020 a sx, dicembre 2020 centro, febbraio 2021 dx dell’indice M-AMBI nelle stazioni campionate ed il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) nelle aree potenzialmente impattata dalle operazioni di immersione (Sele).

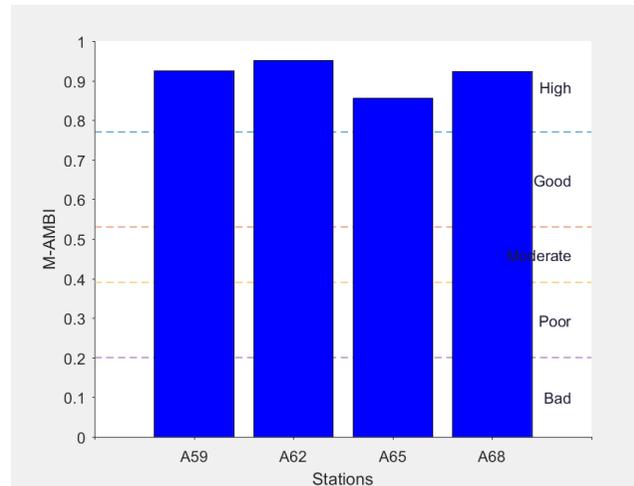


Figura 5.1.2.3.10.b. Indice M-AMBI nelle stazioni campionate ed il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) nelle aree potenzialmente impattata dalle operazioni di immersione (Sele), campagna Post operam settembre 2021

5.1.3 Conclusioni

L'analisi dei valori dell'indice AMBI e M-AMBI sui 60 campioni di macrozoobenthos (20 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 del Corso d'Opera mostra, nella campagna *Post Operam* di settembre 2021, 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, come detto in precedenza, in linea con la tipologia di disturbo registrato, l'immissione di grandi quantitativi di sedimenti con classazione diversa rispetto al substrato precedente.

Nell'area potenzialmente impattata dalle attività di dragaggio in totale sono stati rinvenuti 127 taxa e 1294 individui (media 86,27 individui +/- 41,09 SD, n =15) con una densità pari a 862,67 individui al m². Nelle due aree potenzialmente impattate dall'attività di immissione dei sedimenti dragati sono stati rinvenuti un totale 183 taxa e 1566 individui (media 174 individui +/- 172,7 SD, n =9) con una densità pari a 1740 individui al m² nell'area prospiciente la Costiera Amalfitana, e un totale di 139 taxa e 2127 individui (media 177,3 individui +/- 81,75 SD, n =22) con una densità pari a 966,8 individui al m² nell'area del Litorale della Piana del Sele. Nel sito d'immersione sono stati rinvenuti un totale di 60 taxa e 463 individui (media 19 individui +/- 10 SD, n =24) con una densità pari a 193 individui al m².

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 Corso

D'opera 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, del Corso d'Opera mostra che la modifica del popolamento, già riscontrato precedentemente permans, come era prevedibile ed in linea con la tipologia di disturbo arrecato (Tab. 5.1.3.1). L'immissione di grandi quantitativi di sedimento dragato ha favorito la biomassa di detritivori, i quali hanno trovato un ambiente con elevato quantitativo di sostanza organica a causa dell'apporto del materiale dragato stesso. In letteratura è ben documentato che il disturbo fisico dell'ambiente sedimentario, come quello avvenuto nel sito di immersione dei sedimenti, determina l'espansione di specie opportuniste. Il substrato nell'area di immissione precedentemente era costituito esclusivamente da limo mentre attualmente è stata riscontrata la presenza di sedimento sabbioso/ghiaioso, che ha reso inizialmente meno adatto l'habitat ai limivori favorendo l'espansione di organismi detritivori ed in conseguenza di carnivori. Nell'ultima campagna la percentuale di limivori è ritornata ai valori di maggio 2020 dimostrando che l'habitat sta gradualmente tornando ai valori iniziali, pur permanendo il disturbo come dimostrato dai valori di abbondanza molto alti per detritivori e carnivori.

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.

Area	Maggio 2020	Dicembre 2020	Febbraio 2021	Settembre 2021
	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
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
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
Sito di immissione dei sedimenti dragati	104 individui/m ²	119,2 individui/m ²	130,83 individui/m ²	193 individui/m ²

5.2 Caratterizzazione della meiofauna *Ante operam*, corso d'opera e *Post operam*

I campioni pervenuti presso l'Università Politecnica delle Marche, Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente, sono relativi ad 8 stazioni (A20, A21, A22, A23, A24, A74, A75 e A76), campionate in 5 tempi (febbraio 2018, settembre 2020, dicembre 2020, febbraio 2021 e settembre 2021) denominati rispettivamente T_0 , T_1 , T_2 , T_3 e T_4 . 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). 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 risultati relativi ad abbondanza, ricchezza di taxa, struttura di comunità e composizione tassonomica di tutte le stazioni in tutti i tempi, considerando lo strato di sedimento corrispondente a 0-10 cm.

Sono state condotte analisi statistiche tramite analisi permutazionale della varianza (PERMANOVA), su matrici di distanza Euclidea (per l'abbondanza totale della meiofauna, in ambito univariato) e di dissimilarità di Bray-Curtis (per la composizione tassonomica, in ambito multivariato), sui dati non trasformati. Per le analisi è stato applicato un disegno sperimentale che comprende i fattori "Stazioni" (8 livelli: A20, A21, A22, A23, A24, A74, A75 e A76) e "Tempo" (5 livelli: T_0 , T_1 , T_2 , T_3 e T_4). Per la composizione tassonomica sono stati effettuati test SIMPER per quantificare la dissimilarità % tra gli assemblaggi.

Trattamento dati e analisi statistiche sono stati condotti con il pacchetto PRIMER7 e con Excel del pacchetto Office365.

5.2.1 Abbondanza della meiofauna

L'abbondanza totale della meiofauna mostra valori maggiori al T_0 rispetto a tutti gli altri tempi di campionamento, con un intervallo di valori compreso tra 726 ± 69 e 2731 ± 421 ind. 10 cm^{-2} in A24 e A76, rispettivamente. Al tempo di campionamento T_1 sono stati osservati i valori più bassi, con valori compresi tra 65 ± 10 e 393 ± 240 ind. 10 cm^{-2} nelle stazioni A24 e A23, rispettivamente. Successivamente, al T_2 , T_3 e T_4 le abbondanze mostrano valori compresi tra gli intervalli: 140 ± 23 e 798 ± 70 ; 102 ± 4 e 593 ± 177 ; 82 ± 10 e 608 ± 42 ind. 10 cm^{-2} rispettivamente (Fig. 5.2.1.1).

Le analisi statistiche indicano un decremento significativo tra T_0 e tutti i tempi successivi, in tutte le stazioni (PERMANOVA, pair wise, $p < 0.05$), eccetto che nella stazione A74, dove non sono state rilevate differenze significative tra tempi. A partire dal T_1 e fino al T_4 , non si osservano differenze significative tra i

tempi, in tutte le stazioni (PERMANOVA, pair wise ns, Fig. 5.2.1.1).

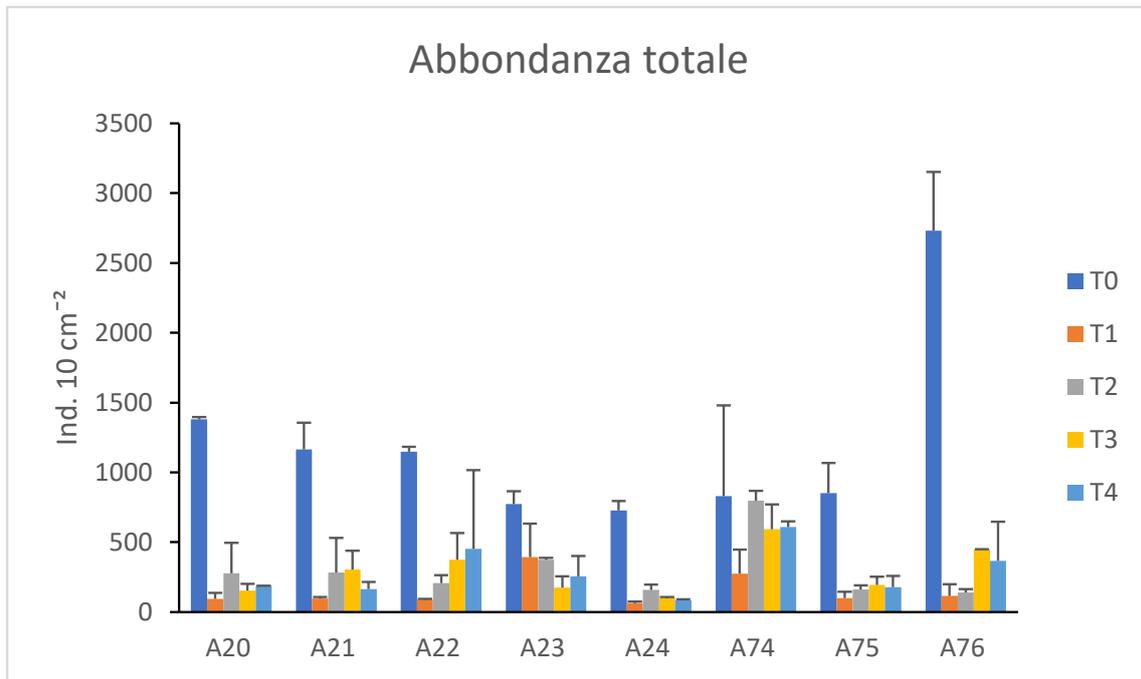


Figura 5.2.1.1 Abbondanza della meiofauna nelle 8 stazioni nei 5 tempi di campionamento (dati espressi come media \pm deviazione standard). T0 = febbraio 2018, T1 = settembre 2020, T2 = dicembre 2020, T3 = febbraio 2021 e T4 = settembre 2021.

5.2.2 Ricchezza di taxa

Anche la ricchezza di taxa mostra valori più alti al T₀ con un intervallo compreso tra 4 e 10 in A23 e A22, rispettivamente. Ai tempi T₁, T₂, T₃ e T₄ sono stati osservati valori compresi tra 2 e 5; 3 e 7; 2 e 7; 1 e 6, rispettivamente (Fig. 5.2.2.1). Similmente a quanto riportato per l'abbondanza totale, il numero di taxa ha mostrato una drastica 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 T₃ o T₄, registrata in tutte le stazioni (Fig. 5.2.2.1).

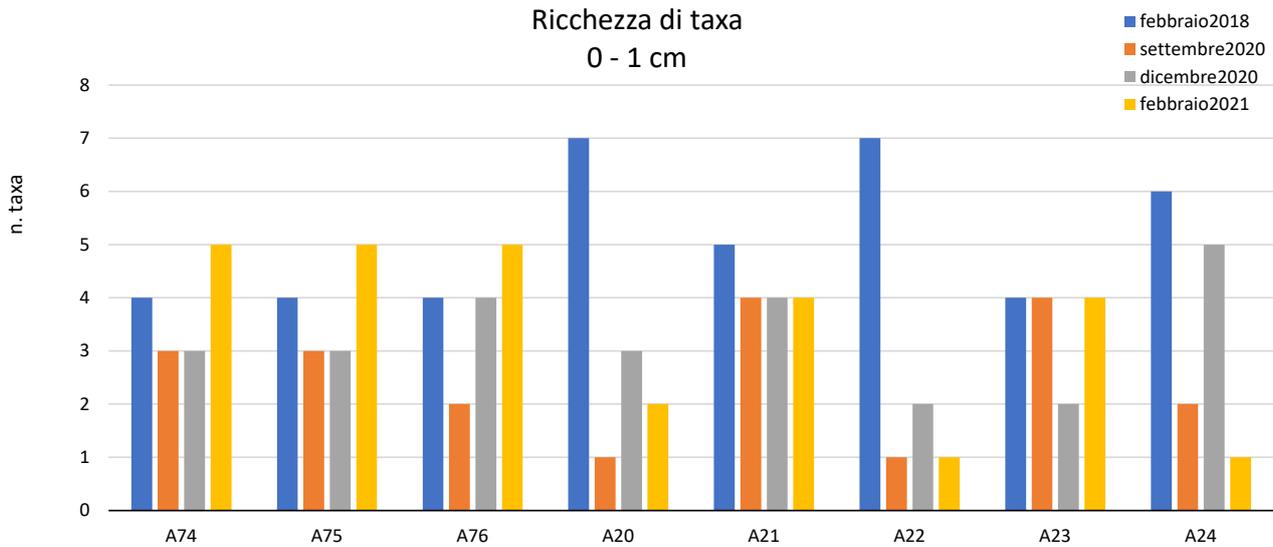


Figura 5.2.2.1 Ricchezza di taxa della meiofauna nelle stazioni analizzate in tutti i tempi di campionamento. T0 = febbraio 2018, T1 = settembre 2020, T2 = dicembre 2020, T3 = febbraio 2021 e T4 = settembre 2021.

5.2.3 Struttura di comunità

Il taxon dominante è sempre quello dei nematodi con una abbondanza relativa maggiore del 90%, seguito da quello dei copepodi (inclusi i nauplii) (Fig. 5.2.3.1). Nonostante i nematodi fossero già il taxon dominante, hanno mostrato un aumento dell'abbondanza relativa nei differenti tempi di campionamento a partire dal T₁ (ad eccezione della stazione A23); contrariamente ai copepodi che hanno evidenziato un decremento, in tutte le stazioni (Fig. 5.2.3.1).

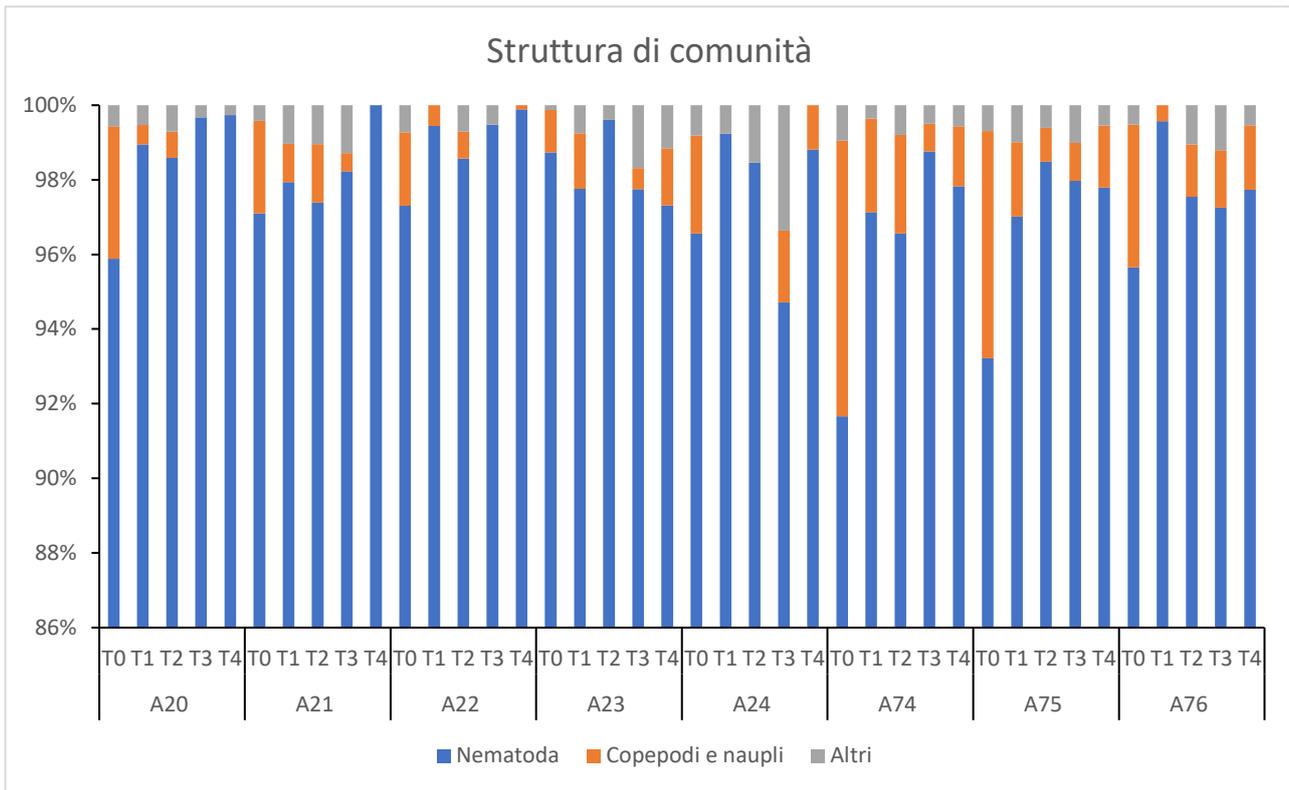


Figura 5.2.3.1 Struttura di comunità della meiofauna, dominata da nematodi e copepodi. T0 = febbraio 2018, T1 = settembre 2020, T2 = dicembre 2020, T3 = febbraio 2021 e T4 = settembre 2021.

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). Analizzando il cambiamento dell'abbondanza relativa dei taxa rari si evince come, sebbene il cambiamento dipenda fortemente dalla stazione, è chiaramente emerso come il numero dei taxa rari sia diminuito dal T₀ al T₁ e dal T₃ al T₄, scomparendo del tutto in alcune stazioni (Fig. 5.2.3.2).

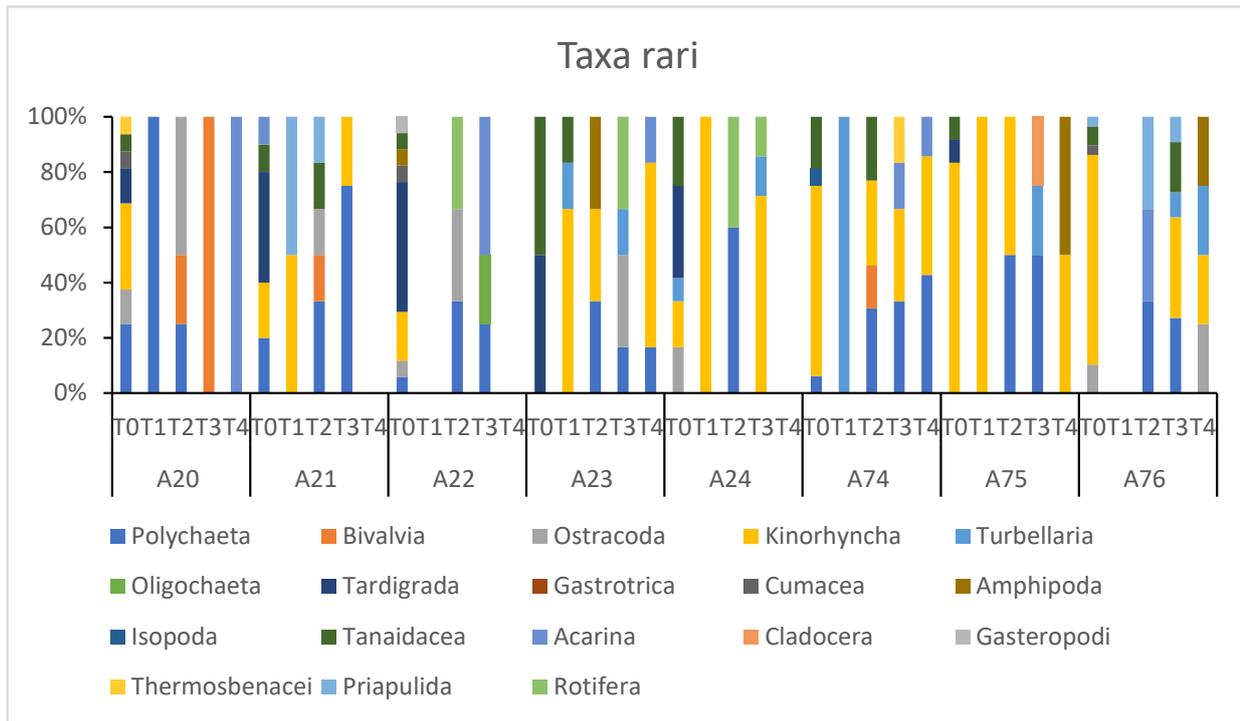


Figura 5.2.3.2 Contributo % dei taxa rari nelle stazioni analizzate in tutti i tempi di campionamento. T0 = febbraio 2018, T1 = settembre 2020, T2 = dicembre 2020, T3 = febbraio 2021 e T4 = settembre 2021.

L'analisi SIMPER condotta sulla composizione tassonomica ha indicato la percentuale elevata di dissimilarità tra il T₀ e T₁, T₂, T₃, T₄ (41.7, 37.4, 37.5, 37.3% rispettivamente), dove i taxa maggiormente responsabili sono sempre i copepodi (inclusi i nauplii) e i nematodi.

A conferma di quanto evidenziato dal SIMPER, le analisi statistiche indicano differenze significative nella composizione tassonomica della meiofauna tra T₀ e i tempi successivi, in tutte le stazioni tranne che nella A74 (PERMANOVA, pair wise $p < 0.05$; Tab. 5.2.3.1).

Tabella 5.2.3.1. Output della PERMANOVA condotta sulla composizione tassonomica dell'assemblaggio della meiofauna.

Source	df	MS	F	P
stazione	7	682.7	2.1	0.0152
tempo	4	4043.3	17.8	0.0001
stazione x tempo	28	329.1	1.4	0.0292
residui	40	227.6		

5.2.4 Conclusioni

In conclusione, le analisi mostrano che in tutte le stazioni l'abbondanza totale della meiofauna mostra un forte decremento tra il T_0 e il T_1 , dopodichè mostra valori non significativamente differenti fino al T_4 . L'unica eccezione è rappresentata dalla stazione A74, che non mostra alcuna differenza significativa tra tempi.

Similmente a quanto osservato per l'abbondanza, il numero di taxa mostra un decremento tra i tempi di campionamento T_0 e T_1 , seguito da un successivo aumento fino al T_2 - T_3 , ed una nuova diminuzione al T_3 - T_4 . In tutte le stazioni ed in tutti i tempi di campionamento il taxon dominante era quello dei nematodi, seguito da quello dei 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 T_0 e il T_1 e tra il T_3 e il T_4 , con un andamento diverso a seconda della stazione.

Complessivamente, quindi, la composizione tassonomica degli assemblaggi ha subito significative variazioni nel tempo, in tutte le stazioni analizzate tranne una (A74).

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.