

Prog. 1716
**SERVIZIO DI AGGIORNAMENTO DELLA CARATTERIZZAZIONE DEI
FONDALI CANDIANO E BAIONA**

PIANO DI CARATTERIZZAZIONE

Relazione tecnica

Committente:

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico centro settentrionale

Dicembre 2019

A cura:

Revisione	Data	Progetto	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato
0	Dicembre 2019		Prima emissione	L. Bignotti	L. Bignotti	Moschini



SOMMARIO

1.	INTRODUZIONE	3
2.	MODALITÀ OPERATIVE DI ESECUZIONE SONDAGGI	12
2.1	INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DI PRELIEVO E POSIZIONAMENTO CON IMBARCAZIONE	13
2.2	MODALITÀ DI PRELIEVO SEDIMENTI	13
2.3	MODALITÀ DI PRELIEVO SEDIMENTI TRAMITE SONDA DI PERFORAZIONE	15
2.4	RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA	16
3.	OPERAZIONI DI CAMPIONAMENTO	16
4.	DETERMINAZIONI ANALITICHE DI LABORATORIO	17
4.1	INTERPRETAZIONE DELLE RISULTANZE ANALITICHE, CLASSIFICAZIONE DI QUALITÀ DEI SEDIMENTI E OPZIONI DI GESTIONE	20
4.1.1	<i>Premessa metodologica</i>	<i>20</i>
4.1.2	<i>Classificazione di qualità dei sedimenti</i>	<i>20</i>
4.1.1	<i>Elaborazione dei dati chimici ed ecotossicologici</i>	<i>21</i>
5.	CONCLUSIONI.....	22

ALLEGATI

ALLEGATO 1: Schede stratigrafiche punti di campionamento e documentazione fotografica

ALLEGATO 2: Certificati analitici di laboratorio

ALLEGATO 3: File di elaborazione dati chimici ed ecotossicologici

TAVOLE

TAVOLA 1: Ubicazione sondaggi

TAVOLA 2: Planimetrie con classi di qualità del sedimento

TAVOLA 3: Sezioni geologiche

1. INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce report tecnico descrittivo delle indagini di caratterizzazione eseguite presso il Porto Canale di Ravenna in particolare sia all'interno dei canali Candiano e Baiona.

Il Piano di caratterizzazione ha previsto una ripartizione delle attività in due parti:

- Area i cui sedimenti sono destinati alla deposizione in ambiente terrestre: dalla Darsena San Vitale ai Moli Guardiani (Area destinata a terra);
- Area i cui sedimenti sono potenzialmente destinati all'immissione in mare: dai Moli Guardiani alla batimetria -13,5 m s.l.m.m. del Canale Marino, compresa l'area antistante alla Darsena Crociere (Area potenzialmente destinata a mare).

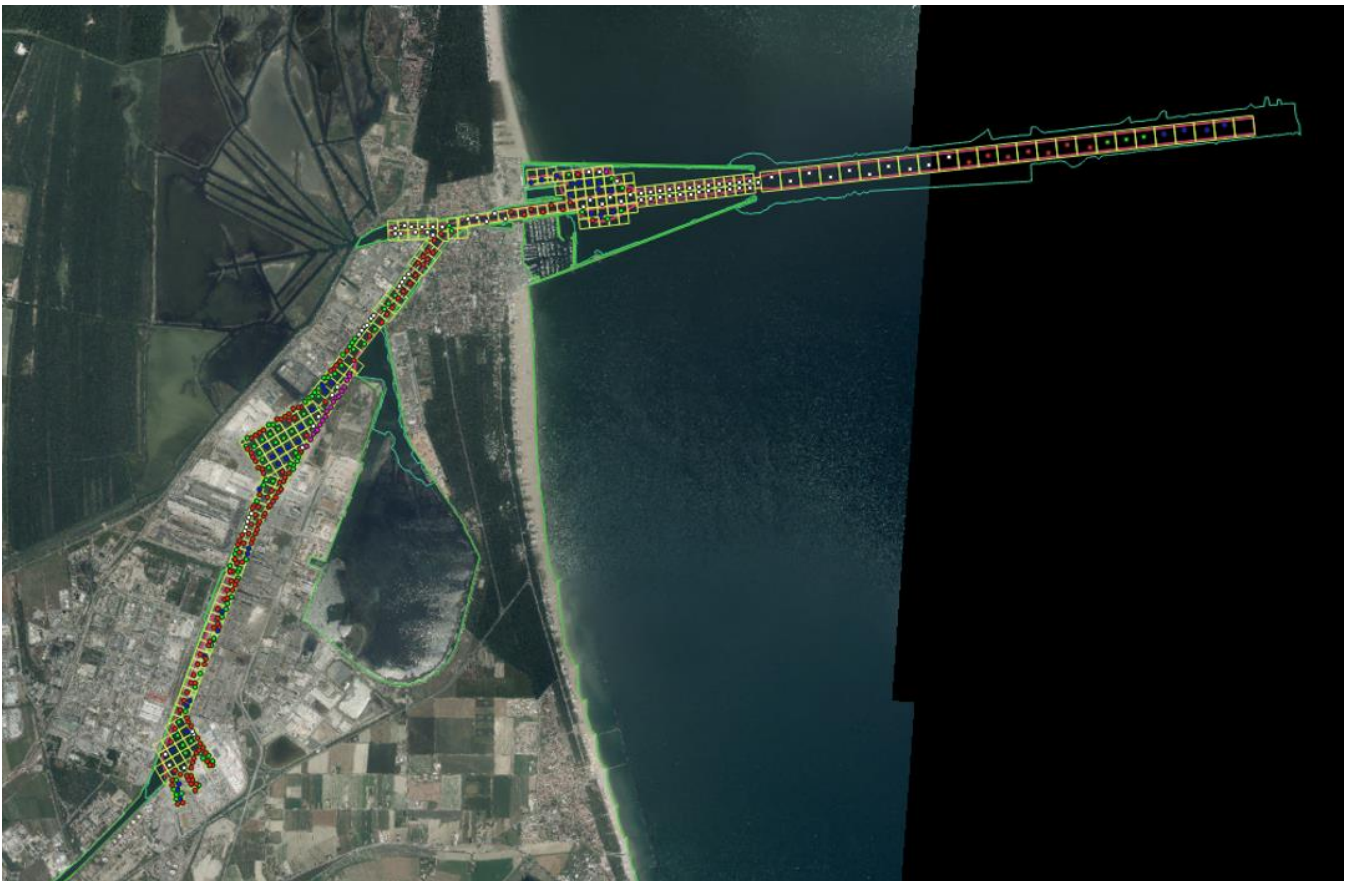


Figura 1 – Canale Candiano e Baiona - Area di intervento

La caratterizzazione dei sedimenti è stata eseguita conformemente a quanto stabilito dall'allegato tecnico al D.M. Ambiente n.173 del 15 Luglio 2016 mediante l'individuazione di n. 3 tipologie di aree unitarie: tipologia 1 (maglia 50x50m) a ridosso dei manufatti interni al porto, tipologia 2 (maglia 100x100) nelle zone centrali del porto; tipologia 3 (maglia 200x200) nelle zone esterne alle dighe foranee.

Sono state quindi individuate 403 maglie unitarie, ognuna delle quali è stata interessata da un punto di prelievo. In particolare:

- 316 maglie posizionate nell'Area destinata a terra;
- 87 maglie posizionate nell'Area potenzialmente destinata a mare.

Le maglie unitarie posizionate delle aree potenzialmente destinate a mare (da n. 317 a n. 402) sono state campionate a partire dal giorno 18/10 fino al giorno 23/10: in questo caso l'attività della società ambiente spa si è limitata al prelievo delle carote di sedimento e trasporto in banchina a terra dove sono campionate unicamente da tecnici dell'ARPAE.

Le maglie posizionate nelle aree destinate a terra (da n.1 a n. 317) sono state campionate dal giorno 25/10 al giorno 9/11, mentre i n. 18 sondaggi eseguiti lungo l'argine a terra con sonda rotazione (da n.171 a n.182, da n.236 a n.239, n.247, n.248) sono stati eseguiti e campionati dal 4/12 al 10/12/2019.

I punti delle aree destinate a terra sono stati prelevati e campionati da personale della Società Ambiente S.p.A. immediatamente dopo l'estrazione dal carotiere ed inviati in giornata al laboratorio per le analisi previste.

Le tabelle seguenti riportano per ciascun sondaggio le informazioni relative alla data di esecuzione, coordinate effettive e batimetria, mentre in Tavola 1 è riportata l'ubicazione dei punti di sondaggio.

n° Carota	Data esecuzione	Latitudine	Longitudine	batimetria (m)
1	09/11/2019	4924289,89	280651,68	8,5
2	09/11/2019	4924278,08	280688,13	10,1
3	09/11/2019	4924325,29	280637,1	10,1
4	09/11/2019	4924328,07	280685,36	10,1
5	09/11/2019	4924371,81	280624,95	9,9
6	09/11/2019	4924382,57	280666,96	9,9
7	09/11/2019	4924406,52	280625,65	9
8	09/11/2019	4924423,19	280661,06	10,2
9	09/11/2019	4924462,44	280610,72	9,3
10	09/11/2019	4924474,56	280645,09	9,6
11	09/11/2019	4924512,43	280590,36	8,6
12	09/11/2019	4924528,37	280636,76	9
13	09/11/2019	4924583,21	280695,08	8,5
14	09/11/2019	4924529,76	280757,21	8,5
15	09/11/2019	4924495,74	280782,21	8,5
16	09/11/2019	4924458,59	280808,24	8,5
17	09/11/2019	4924426,66	280830,81	8,5
18	08/11/2019	4924452,77	280852,02	9
19	09/11/2019	4924480,47	280837,4	9,5
20	09/11/2019	4924520,04	280825,43	9,4
21	09/11/2019	4924565,34	280800,43	9,4
22	08/11/2019	4924628,77	280764,54	9
23	08/11/2019	4924696,81	280785,02	9
24	08/11/2019	4924740,55	280804,81	9
25	08/11/2019	4924788,8	280836,74	9,1
26	08/11/2019	4924787,41	280905,48	9,3
27	08/11/2019	4924743,63	280908,25	9,3
28	08/11/2019	4924673,2	280954,77	9,2
29	08/11/2019	4924667,65	280977,68	9
30	08/11/2019	4924664,18	281002,33	9
31	08/11/2019	4924699,24	280978,52	9
32	08/11/2019	4924733,6	280958,59	9,3
33	08/11/2019	4924791,29	280923,25	9,3
34	08/11/2019	4924833,29	280905,2	9,3
35	08/11/2019	4924894,73	280861,11	9,5
36	08/11/2019	4924938,13	280844,1	9,5
37	08/11/2019	4924973,53	280814,95	9,5
38	08/11/2019	4925007,21	280797,93	9,5
39	08/11/2019	4925037,75	280775,72	9,5
40	08/11/2019	4925093	280743,08	9,5
41	08/11/2019	4925124,23	280736,26	9,5
42	09/11/2019	4924616,89	280645,26	9,4
43	09/11/2019	4924639,54	280699,68	9
44	09/11/2019	4924675,47	280566,9	9
46	09/11/2019	4924780,9	280555,18	9
47	08/11/2019	4924784,68	280638,2	10,8
48	07/11/2019	4924806,13	280732,94	10,8
49	07/11/2019	4924835,64	280839,98	9,9
50	07/11/2019	4924885,39	280657,15	9,9
51	07/11/2019	4924897,53	280593,51	9,9
52	07/11/2019	4924943,83	280675,66	9,9
53	07/11/2019	4924890,6	280808,15	9,9
54	07/11/2019	4925000,52	280724,26	10,4
55	07/11/2019	4925039,87	280616,65	9,9
56	07/11/2019	4925115,08	280687,81	10,5
57	07/11/2019	4925217,04	280742,64	9,5
58	06/11/2019	4925229,64	280706,95	11,4
59	07/11/2019	4925265,64	280765,52	9,5
60	06/11/2019	4925293,86	280731,25	11,4
61	07/11/2019	4925307,55	280778,12	9,9

n° Carota	Data esecuzione	Latitudine	Longitudine	batimetria (m)
63	06/11/2019	4925413,63	280778,85	11,4
65	07/11/2019	4925455,15	280818,23	9,5
66	06/11/2019	4925472,59	280798,35	10,5
67	07/11/2019	4925511,98	280839,58	9,5
69	06/11/2019	4925581,94	280849,84	10,4
70	07/11/2019	4925586,29	280868,38	9,5
72	06/11/2019	4925662,94	280879,35	10,4
73	07/11/2019	4925674,32	280910,66	9,7
74	07/11/2019	4925709,04	280919,66	9
75	06/11/2019	4925752,68	280955,81	11,4
76	06/11/2019	4925769,81	280906,77	10,4
78	06/11/2019	4925858,31	280972,96	11,4
79	06/11/2019	4925858,49	280940,58	10,4
80	06/11/2019	4925904,01	280989,16	11,4
81	06/11/2019	4925947,79	281006,13	10
82	06/11/2019	4925960,98	280988,97	10,4
83	06/11/2019	4926005,26	281030,43	10,8
84	06/11/2019	4926056,95	281045,47	10,5
85	06/11/2019	4926061,26	281020,21	10,4
86	06/11/2019	4926090,89	281063,21	9,4
87	06/11/2019	4926131,77	281077,87	9,4
88	06/11/2019	4926155,76	281047,6	10,4
89	06/11/2019	4926176,13	281093,68	10,2
90	06/11/2019	4926234,13	281122,54	9
91	06/11/2019	4926237,45	281086,33	10,4
92	06/11/2019	4926274,63	281132,95	9,4
93	06/11/2019	4926291,84	281109,08	9,4
94	06/11/2019	4926333,65	281161,11	9,8
95	06/11/2019	4926386,1	281180,4	9,8
96	06/11/2019	4926416,04	281161,15	9,7
97	07/11/2019	4926435,91	281194,2	9,7
98	07/11/2019	4926490,42	281216,06	9
99	07/11/2019	4926524,11	281233,8	9
100	06/11/2019	4926519,4	281195,1	9,7
101	07/11/2019	4926574,76	281253,61	9
102	07/11/2019	4926622,59	281272,38	9
103	06/11/2019	4926619,3	281233,67	9,7
104	07/11/2019	4926613,24	281178,98	9
105	07/11/2019	4926683,95	281209,84	9,5
106	05/11/2019	4926707,12	281275,78	10,2
107	07/11/2019	4926669,39	281287,8	9
108	06/11/2019	4926722,44	281303,74	9,7
109	07/11/2019	4926732,03	281215,34	9,5
110	05/11/2019	4926752,28	281236,49	10,1
111	05/11/2019	4926829	281275,52	9,6
112	05/11/2019	4926797,15	281312,25	10,2
113	06/11/2019	4926772,31	281323,69	9,7
114	05/11/2019	4926810,45	281340,36	10,2
115	05/11/2019	4926849,19	281363,91	9,6
116	05/11/2019	4926884,9	281345,68	10,3
117	05/11/2019	4926869,75	281289,92	10
118	05/11/2019	4926908,71	281306,51	10
119	05/11/2019	4926903,2	281378,35	10,2
120	05/11/2019	4926936,63	281397,59	9,5
121	05/11/2019	4926949,86	281365,43	10,2
122	05/11/2019	4926955,77	281322,71	10
123	05/11/2019	4927010,57	281340,83	9,5
124	05/11/2019	4926980,69	281419,88	10,2
125	04/11/2019	4927036,81	281447,25	10,2
126	04/11/2019	4927069,15	281392,37	10,6

n° Carota	Data esecuzione	Latitudine	Longitudine	batimetria (m)
127	05/11/2019	4927060,45	281352,65	9,5
128	05/11/2019	4927102,11	281373,48	9,5
129	04/11/2019	4927085,18	281469,28	10,2
130	04/11/2019	4927130,26	281486,76	10,2
131	04/11/2019	4927183,11	281453,34	10,6
132	05/11/2019	4927145,57	281396,37	10,1
133	05/11/2019	4927198,28	281414,37	10,1
134	05/11/2019	4927239,74	281433,84	9,5
135	04/11/2019	4927239,52	281471,58	10,6
136	04/11/2019	4927169,32	281512,4	10,2
137	04/11/2019	4927204,08	281536,9	10,2
138	04/11/2019	4927243,11	281566,72	10,1
139	05/11/2019	4927299,27	281447,45	9,7
140	05/11/2019	4927339,64	281475,23	9,5
141	04/11/2019	4927340,94	281509,09	10,6
142	04/11/2019	4927283,57	281593,5	10,2
143	04/11/2019	4927319,47	281615,72	10,2
144	05/11/2019	4927389,85	281490,11	9,5
145	05/11/2019	4927435,42	281512,35	9,5
146	04/11/2019	4927464,01	281521,62	10,6
147	04/11/2019	4927419,57	281574,61	10,6
148	04/11/2019	4927362,39	281636,05	10,1
149	04/11/2019	4927415,57	281666,06	10,1
150	30/10/2019	4927533,06	281523,79	10,5
151	29/10/2019	4927551,16	281600,92	10,6
152	29/10/2019	4927471,31	281696,84	9,8
153	29/10/2019	4927510,31	281717,86	9,8
154	30/10/2019	4927598,11	281531,52	11
155	30/10/2019	4927636,08	281503,04	10,7
156	30/10/2019	4927670,33	281465,74	10,5
157	30/10/2019	4927718,47	281441,67	10,5
158	30/10/2019	4927765,6	281414,41	11,3
159	30/10/2019	4927799,5	281384,57	11,3
160	30/10/2019	4927853,07	281366,94	11,3
161	30/10/2019	4927875,79	281355,07	11,3
163	29/10/2019	4927570,66	281742,61	9,6
164	29/10/2019	4927596,42	281761,26	9,6
165	29/10/2019	4927655,37	281801,04	9,6
166	29/10/2019	4927676,06	281810,87	9,6
167	29/10/2019	4927740,47	281846,48	10,5
168	29/10/2019	4927781,57	281874,04	10
169	30/10/2019	4927816,82	281906,12	10,6
170	30/10/2019	4927839,62	281917,14	10,6
171	04/12/2019	4927868,73	281965,17	0
172	05/12/2019	4927937,16	282006,51	0
173	05/12/2019	4927980	282031,57	0
174	05/12/2019	4928017,93	282057,54	0
175	05/12/2019	4928039,66	282070,64	0
176	05/12/2019	4928085,3	282100,68	0
177	06/12/2019	4928126,3	282124,65	0
178	06/12/2019	4928167,11	282151,31	0
179	06/12/2019	4928210,58	282176,94	0
180	10/12/2019	4928255,81	282204,35	0
181	10/12/2019	4928312,84	282241,24	0
182	10/12/2019	4928355,72	282269,55	0
183	30/10/2019	4927927,33	281362,53	11
184	30/10/2019	4927962,58	281404,96	10,5
185	30/10/2019	4927991,74	281460,91	10,6
186	30/10/2019	4928021,91	281494,81	10,6
187	30/10/2019	4928050,4	281542,62	10,5

n° Carota	Data esecuzione	Latitudine	Longitudine	batimetria (m)
188	29/10/2019	4928080,78	281582,58	10,9
189	29/10/2019	4928086,54	281600,21	10,9
190	30/10/2019	4928121,94	281669,09	10,7
191	30/10/2019	4928151,44	281698,58	10,5
192	30/10/2019	4928170,37	281764,7	10,5
193	30/10/2019	4928201,56	281803,01	10,5
194	30/10/2019	4928222,58	281848,78	10,5
195	30/10/2019	4928247,67	281892,18	10,5
196	30/10/2019	4928275,47	281933,21	10
197	29/10/2019	4927871,5	281422,18	10,5
198	29/10/2019	4927795,79	281490,55	10,5
199	29/10/2019	4927693,57	281531,24	10,6
200	29/10/2019	4927627,45	281571,92	10,6
201	30/10/2019	4927526,98	281683,9	10,5
202	30/10/2019	4927609,04	281728,34	10,6
203	29/10/2019	4927695,86	281625,33	9,9
204	29/10/2019	4927795,03	281589,47	10,4
205	29/10/2019	4927885,81	281576,5	10,1
206	29/10/2019	4927946,54	281475,77	10,5
207	29/10/2019	4927957,98	281570,36	10,5
208	29/10/2019	4927908,78	281672,6	10,3
209	29/10/2019	4927806,17	281702,86	10,6
210	29/10/2019	4927698,14	281722,46	10,6
211	29/10/2019	4927701,65	281788,24	9,8
212	29/10/2019	4927813,54	281857,91	9,8
213	29/10/2019	4927880,42	281741,52	10,6
214	29/10/2019	4927943,87	281751,43	10,8
215	29/10/2019	4928034,27	281680,22	10,5
216	28/10/2019	4928096,44	281745,51	9,8
217	29/10/2019	4927976,16	281800,25	10,8
218	29/10/2019	4927911,96	281842,72	10,6
219	28/10/2019	4927889,38	281908,82	9,5
220	28/10/2019	4928158,25	281801,27	9,8
221	29/10/2019	4928032,99	281906,29	10,09
222	28/10/2019	4928014,35	281968,63	9,8
223	28/10/2019	4928214,25	281937,27	9,6
224	28/10/2019	4928131,38	281939,06	10,1
225	28/10/2019	4928053,88	282000,43	9,7
226	28/10/2019	4928286,37	281994,07	10,6
227	28/10/2019	4928318,92	281961,81	10,6
228	28/10/2019	4928360,43	281997,65	10,6
229	28/10/2019	4928406,72	282018,26	10,6
230	28/10/2019	4928445,54	282049,02	10,6
231	28/10/2019	4928479,88	282078,58	10,6
232	28/10/2019	4928518,7	282105,16	10,6
233	28/10/2019	4928177,96	282064,93	9,6
234	28/10/2019	4928348,83	282099,74	10,9
235	28/10/2019	4928332,7	282152,89	10,6
236	10/12/2019	4928377,79	282281,15	0
237	10/12/2019	4928419,21	282304,49	0
238	10/12/2019	4928459,65	282331,58	0
239	09/12/2019	4928527	282375,62	0
240	28/10/2019	4928558,46	282145,42	10,1
241	28/10/2019	4928599,68	282181,86	9,8
242	28/10/2019	4928424,68	282096,15	9,9
243	28/10/2019	4928632,82	282210,53	9,5
244	28/10/2019	4928670,26	282238,75	9,5
245	28/10/2019	4928709,98	282276,08	9,5
246	27/10/2019	4928396,43	282189,22	9,7
247	09/12/2019	4928558,34	282394,93	0

n° Carota	Data esecuzione	Latitudine	Longitudine	batimetria (m)
248	09/12/2019	4928564,5	282410,53	0
249	28/10/2019	4928757,16	282299,07	9,5
250	28/10/2019	4928787,33	282333,71	9,8
251	28/10/2019	4928835,11	282365,66	9,5
252	27/10/2019	4928874,49	282393,93	9,7
253	27/10/2019	4928899,19	282419,45	9,6
254	28/10/2019	4928551	282181,26	10,4
255	27/10/2019	4928463,43	282248,93	9,8
256	27/10/2019	4928614,07	282258,49	9,9
257	27/10/2019	4928941,91	282458,29	9,6
258	27/10/2019	4928976,46	282477,25	9,5
259	27/10/2019	4929007,81	282513,59	9,6
260	27/10/2019	4928692,3	282301,75	10,1
261	27/10/2019	4929068,01	282541,05	9,5
262	27/10/2019	4929087,43	282573,24	9,5
263	27/10/2019	4928746,05	282428,84	9,5
264	27/10/2019	4929128,84	282621,39	9,9
265	27/10/2019	4928828,45	282490,01	9,5
266	27/10/2019	4929179,33	282655,8	9,6
267	27/10/2019	4928875,26	282525,59	9,5
268	27/10/2019	4929001,35	282589,26	10
269	27/10/2019	4929069,39	282653,55	10
270	27/10/2019	4929118,08	282677,27	10,5
271	27/10/2019	4929200,93	282740,6	10,7
272	27/10/2019	4929267,1	282738,73	9,5
273	27/10/2019	4929312,66	282841,72	9,5
274	27/10/2019	4929347,62	282799,9	9,6
275	27/10/2019	4929368,22	282818,01	9,7
276	27/10/2019	4929376,96	282879,18	9,5
277	26/10/2019	4929451,19	282954,95	9,7
278	26/10/2019	4929496,13	282984,91	9,5
279	26/10/2019	4929500,84	282908,23	9,5
280	26/10/2019	4929532,82	282940,14	9,6
281	26/10/2019	4929567,78	282965,11	9,6
282	26/10/2019	4929598,36	282990,7	9,8
283	26/10/2019	4929609,74	283063,56	9,7
284	26/10/2019	4929716,86	283103,77	9,9
285	26/10/2019	4929691,51	283121,61	9,6
286	26/10/2019	4929796,76	283157,45	9,9
287	26/10/2019	4929784,27	283174,51	10,1
288	26/10/2019	4929873,54	283239,22	10,4
289	26/10/2019	4929854,81	283232,98	10,4
290	26/10/2019	4929935,59	283310,14	10,8
291	26/10/2019	4930050,09	282851,43	9,7
292	26/10/2019	4930024,29	282805,1	9,5
293	26/10/2019	4930053,98	282907,47	9,6
294	26/10/2019	4930034,92	282903,29	9,5
295	26/10/2019	4930085,41	283037,84	9,5
296	26/10/2019	4930037,14	282991,23	9,6
297	26/10/2019	4930073,9	283109,83	9,5
298	26/10/2019	4930039,36	283096,52	9,6
299	25/10/2019	4930073,65	283234,56	9,7
300	25/10/2019	4930031,2	283267,85	9,6
301	25/10/2019	4930048,26	283308,22	9,5
302	26/10/2019	4929993,85	283363,96	10,6
303	25/10/2019	4930071,15	283434,72	10
304	25/10/2019	4930052,42	283433,89	9,8
305	25/10/2019	4930146	283574,14	11,9
306	25/10/2019	4930128,94	283617,42	11,6
307	25/10/2019	4930173,05	283706,06	11,5

n° Carota	Data esecuzione	Latitudine	Longitudine	batimetria (m)
308	25/10/2019	4930154,95	283865,23	9,6
309	25/10/2019	4930166,47	283963,61	9,8
310	14/10/2019	4930199,01	284033,59	11
311	14/10/2019	4930200,48	284148,84	11
312	14/10/2019	4930218,09	284233,99	10,9
313	14/10/2019	4930230,65	284351,64	10,8
314	14/10/2019	4930254,14	284441,93	11
315	14/10/2019	4930249,33	284520,37	11
316	14/10/2019	4930266,94	284651,76	10,5
317	21/10/2019	4930544,58	284219,9	11,5
319	21/10/2019	4930553,64	284320	11
323	21/10/2019	4930592,34	284477,61	11,3
324	21/10/2019	4930594,72	284605,29	11,1
325	21/10/2019	4930605,52	284709,12	9,7
326	22/10/2019	4930605,07	284825,15	10,8
327	22/10/2019	4930618	284879,09	10,6
328	08/11/2019	4930619,73	284968,61	6
329	21/10/2019	4930518,35	284642,79	11,5
330	21/10/2019	4930513,11	284701,86	11,2
331	21/10/2019	4930542,65	284804,3	11
332	21/10/2019	4930520,56	284907,52	11,1
333	21/10/2019	4930570,72	285006,9	11,2
334	22/10/2019	4930530,74	285084,85	11,2
335	21/10/2019	4930406,09	284605,2	11
338	21/10/2019	4930447,42	284906,42	10,9
339	21/10/2019	4930444,46	285024,63	10,7
340	22/10/2019	4930437,69	285135,18	10,9
341	22/10/2019	4930447,63	285201,78	10,6
342	21/10/2019	4930229,61	284737,36	12
343	21/10/2019	4930227,4	284830,45	10,9
344	21/10/2019	4930197,47	284928,71	10,8
345	22/10/2019	4930166,6	284977,71	10,8
345bis	22/10/2019	4930158,09	284818,68	10,8
346	22/10/2019	4930234,39	285045,83	10,7
347	22/10/2019	4930250,1	285115,4	11,5
348	22/10/2019	4930333,68	284741,07	12,2
349	21/10/2019	4930310,89	284814,94	12,1
350	22/10/2019	4930303,75	284928,92	12,3
351	22/10/2019	4930382,85	285046,26	12
352	22/10/2019	4930333,53	285127,16	12
353	22/10/2019	4930386,09	285221,78	11,5
354	21/10/2019	4930411,42	285338,34	11,3
355	23/10/2019	4930354,43	285358,01	10,7
356	23/10/2019	4930358,23	285440,45	11,8
357	23/10/2019	4930428,77	285430,45	10,9
359	23/10/2019	4930373,84	285512,23	11
360	23/10/2019	4930596,75	285600,07	11,3
361	23/10/2019	4930394,44	285633,33	11,2
362	23/10/2019	4930405,36	285701,67	11,4
363	23/10/2019	4930451,75	285690,33	10,7
364	23/10/2019	4930484,62	285852,2	10,9
365	23/10/2019	4930402,23	285845,96	11,4
366	23/10/2019	4930437,15	285944,48	11,5
367	23/10/2019	4930472,95	285950,31	11,6
368	22/10/2019	4930490,8	286030,13	11,8
369	23/10/2019	4930440,43	286035,9	11,2
370	22/10/2019	4930449,43	286129,5	11,1
371	22/10/2019	4930502,62	286095,14	11,9
372	22/10/2019	4930497,45	286214,46	11,6
373	22/10/2019	4930458,66	286221,85	11,9

n° Carota	Data esecuzione	Latitudine	Longitudine	batimetria (m)
374	22/10/2019	4930462,03	286352,68	11,8
375	22/10/2019	4930532,95	286327,74	12,2
376	22/10/2019	4930526,31	286406,98	11,7
377	22/10/2019	4930483,08	286442,44	11,3
378	23/10/2019	4930535,62	286488,87	12,2
379	23/10/2019	4930545,35	286641,23	12,5
380	23/10/2019	4930573,19	286839,17	12
381	23/10/2019	4930629,37	286975,41	12,1
382	23/10/2019	4930601,16	287285,95	12,3
383	23/10/2019	4930625,19	287484,25	12,2
384	23/10/2019	4930673,88	287628,44	12,3
385	18/10/2019	4930713,74	287817,89	12,3
386	18/10/2019	4930696,37	288014,23	12,4
387	18/10/2019	4930731,5	288203,13	12,5
388	18/10/2019	4930789,81	288447,93	12,5
389	18/10/2019	4930782,35	288599,67	12,8
390	18/10/2019	4930809,28	288802,61	12,8
391	18/10/2019	4930770,19	289004,51	12,6
392	18/10/2019	4930811,89	289231,03	12,6
393	18/10/2019	4930821,19	289494,73	12,8
394	18/10/2019	4930891,11	289605,69	12,8
395	18/10/2019	4930892,14	289846,42	13,1
396	18/10/2019	4930942,8	290027,82	13,1
397	18/10/2019	4930953,68	290210,07	13,2
398	18/10/2019	4931000,12	290412,39	13,5
399	18/10/2019	4931023,2	290604,68	13,4
400	18/10/2019	4931066,15	290834,8	13,4
401	18/10/2019	4931073,85	291021,6	13,3
402	18/10/2019	4931083,77	291226,4	13,5

Tabella 1: Dettaglio dei sondaggi realizzati

2. MODALITÀ OPERATIVE DI ESECUZIONE SONDAGGI

I lavori di indagine sono stati eseguiti con due differenti mezzi navali:

- imbarcazione "Rocco uno" nella prima fase indagine (28/10-23/10) in cui sono stati campionati i sedimenti di destinazione prevista a mare dai tecnici ARPAE
- imbarcazione "Grecale Primo" nella seconda fase di indagine (25/10-9/11) in cui sono stati campionati i sedimenti di destinazione prevista a terra da tecnici della Soc. ambiente spa

E' stata invece utilizzata una sonda di rotazione terrestre per l'esecuzione dei n.18 sondaggi ubicati lungo l'argine nel periodo dal 4/12 al 10/12/2019.



Figura 2: Imbarcazione "Grecale primo" attrezzato con carotiere SHSBD-A

2.1 Individuazione dei punti di prelievo e posizionamento con imbarcazione

Per l'esecuzione dei carotaggi è stata utilizzato il carotiere SHSBD-A, (brevetto labromare) che è stato assemblato sulle imbarcazioni utilizzate ed equipaggiate con gru per la movimentazione dello stesso, è stata inoltre dedicata un'area specifica riservata alle operazioni di campionamento.

Lo spostamento sui punti di campionamento è stato eseguito utilizzando per la georeferenziazione un GPS differenziale ed un apposito software di navigazione (Navpro), il sistema ha permesso di pilotare l'imbarcazione direttamente sui i punti di carotaggio le cui coordinate, sono state precedentemente caricate sul software: il pilota dell'imbarcazione viene guidato sul punto desiderato tramite la funzione di tracking del sistema stesso. Sia la registrazione delle coordinate reali che la misura del battente d'acqua in ciascuna stazione di campionamento è stata effettuata nel momento di posizionamento della strumentazione di campionamento sul fondale.

Le posizioni finali delle stazioni di prelievo sono state comunque registrate dal software di navigazione e riportate nelle schede stratigrafiche allegate.



Figura 3: Interfaccia grafica sistema di posizionamento imbarcazione

Il Software di navigazione è stato inoltre condiviso su apposita applicazione smartphone consentendo alla stazione appaltante e alla direzione lavori di controllare in continuo la posizione dell'imbarcazione e l'andamento delle operazioni.

2.2 Modalità di prelievo sedimenti

Le attività di perforazione sono state eseguite con le seguenti modalità:

- Posizionamento sul punto di carotaggio tramite GPS differenziale.
- Misurazione della profondità riferita al livello medio mare.
- Varo del carotiere mediante gru e verricello a raggiungimento del fondale.
- Azionamento della vibro infissione fino alla penetrazione richiesta.
- Azionamento del meccanismo di auto-estrazione a penetrazione raggiunta.
- Recupero a bordo del carotiere mediante gru e verricello.
- Messa in sicurezza del carotiere a poppavia.
- Apertura delle aste e recupero della carota contenuta all'interno di un liner in Policarbonato.

- Apertura longitudinale del liner contenente il sedimento con cesoia elettrica che non rilascia nel campione materiale estraneo.
- Compilazione del Log di carotaggio in contemporanea al trasferimento su nuovo punto e caricamento nuovo liner.

L'utilizzo del carotiere SHSBD-A ha permesso di ottenere una carota continua di materiale a debole grado di disturbo su cui eseguire le analisi ambientali, garantendo un'alta percentuale di recupero.

Durante le fasi di campionamento il dispositivo permetteva inoltre il controllo dei seguenti dati di perforazione:

- Misura continua della spinta applicata;
- Misura continua della penetrazione;
- Registrazione del tempo di infissione/estrazione;
- Elementi necessari alla compilazione della scheda carota (coordinate, profondità, nome punto etc.).

Una volta recuperato a bordo il sistema, il liner contenente la carota è stato posto nelle cassette catalogatrici in materiale plastico atossico, dotate di separatori interni, su cui sono state apposte le informazioni relative a: (a) nome del sito, (b) numero del sondaggio, (c) profondità dell'intervallo di carota contenuto nella cassetta.



Figura 4 – Operazioni di apertura carotiere ed estrazione liner



Figura 5 – Posizionamento carota in cassetta catalogatrice

2.3 Modalità di prelievo sedimenti tramite sonda di perforazione

I n.18 sondaggi posizionati lungo l'argine a terra del Canale Candiano ed ubicati nelle celle da n.171 a n.182, da n.236 a n.239, n.247, n.248 sono stati eseguiti e campionati dal 4/12 al 10/12/2019 con sonda terrestre a rotazione tipo Comacchio GEO 405.

I sondaggi ambientali sono stati eseguiti a carotaggio continuo a secco, ossia senza circolazione di fluidi nelle aste di perforazione per evitare l'innescò di fenomeni di diffusione dell'eventuale inquinamento per dilavamento e/o percolazione.

Il metodo a carotaggio continuo consiste nella perforazione del terreno mediante un carotiere avvitato all'estremità inferiore della batteria di perforazione, formata da una serie di aste avvitate tra loro. Il carotiere taglia una corona di terreno lasciandone intatta la parte cilindrica centrale (carota) che viene distaccata dal sottostante terreno e portata alla superficie ed alloggiata in apposite cassette catalogatrici. La perforazione è stata caratterizzata da basso numero di giri utilizzando un carotiere semplice di diametro 101 mm con, eventuale, rivestimento metallico a seguire di diametro 178 mm per evitare il crollo delle pareti del foro. Il carotaggio a basso numero di giri ha consentito di ottenere carote di terreno indisturbate riducendo l'attrito tra aste e terreno ed evitando perciò il surriscaldamento e la conseguente perdita di contaminanti volatili eventualmente presenti nel terreno.

Le carote estratte sono state alloggiare in cassette catalogatrici in materiale plastico atossico dotate di separatori interni su cui è stato apposto, in maniera chiara ed indelebile, le informazioni relative a: nome del sito, numero del sondaggio, profondità dell'intervallo di carota contenuto nella cassetta. Le carote così

disposte sono state fotografate e successivamente campionate con le modalità dettagliate nei paragrafi seguenti.

Durante la fase di realizzazione dei sondaggi ambientali sono state adottate tutte le cautele necessarie ad evitare fenomeni di contaminazione incrociata, pulendo il carotiere utilizzato con apposite spazzole e tenendo i carotieri e le aste di raccordo su cavalletti per impedirne il contatto diretto con sostanze potenzialmente inquinanti.

2.4 Ricostruzione stratigrafica

In seguito alla realizzazione dei sondaggi è stato possibile ricostruire il profilo stratigrafico dell'intero orizzonte litologico attraversato dall'utensile come riportato sul Log di perforazione.

La sequenza stratigrafica, per ogni punto di campionamento, è stata redatta da un geologo qualificato, è riportata in Allegato 1, mentre in Tavola 3 sono riportate delle sezioni stratigrafiche ubicate trasversalmente il Canale Candiano.

3. OPERAZIONI DI CAMPIONAMENTO

Per ogni sondaggio eseguito sono stati prelevati campioni di sedimento direttamente dalla carota alloggiata nella cassetta catalogatrice con l'adozione dei seguenti criteri:

- (a) Apertura del liner in polietilene e compilazione della stratigrafia del sondaggio relativa all'intervallo campionato, riportandola in apposito log stratigrafico.
- (b) Prelievo del campione con una seconda spatola nell'intervallo desiderato omogeneizzando l'aliquota prelevata e posizionamento in barattoli di vetro e vials per la determinazione dei composti volatili.
- (c) Etichettatura e denominazione del campione prelevato indicando la data di campionamento, il luogo del campionamento, il nome del sondaggio di riferimento e l'intervallo di profondità interessato dal prelievo.
- (d) Conservazione dei campioni così prelevati in contenitori refrigerati.
- (e) Pulizia degli attrezzi e del carotiere utilizzando stracci puliti.

Complessivamente sono stati prelevati ed avviati ai laboratori n. 395 campioni di sedimento.



Figura 6: Operazioni di campionamento a bordo imbarcazione

4. DETERMINAZIONI ANALITICHE DI LABORATORIO

Sui campioni di sedimento prelevati durante la campagna di indagine sono state svolte sia determinazioni analitiche volte alla definizione delle caratteristiche chimiche che analisi di laboratorio per la ricerca dei parametri ecotossicologici

Gli analiti sono indicati nella tabella seguente, come indicato nel cap. 2.4 dell'allegato tecnico al D.M. Ambiente n.173 del 15 Luglio 2016.

AGGIORNAMENTO DELLA CARATTERIZZAZIONE DEI FONDALI DEI CANALI CANDIANO E BAIONA
 RELAZIONE TECNICA

Specie chimiche	Singoli composti	Metodo di prova
Metalli e metalloidi	Alluminio	EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014
	Arsenico	EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014
	Cromo totale	EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014
	Mercurio	EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014
	Nichel	EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014
	Piombo	EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014
	Rame	EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014
	Vanadio	EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014
	Zinco	EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014
	Cadmio	EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014
	Selenio	EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014
	Cobalto	EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014
	Cromo VI	EPA 3060A 1996 + EPA 7199 1996
Idrocarburi	Idrocarburi C>12	UNI EN 14039:2005
	Idrocarburi totali	EPA 3060A 1996 + EPA 7199 1996 + UNI EN 14039:2005
PCB e loro sommatoria	PCB 28	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
	PCB 52	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
	PCB 77	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
	PCB 81	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
	PCB 101	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
	PCB 118	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
	PCB 126	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
	PCB 128	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
	PCB 138	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
	PCB 153	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
	PCB 156	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
	PCB 169	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
PCB 180	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017	
Composti organostannici e loro sommatoria	TBT (Tributil stagno)	ICRAM Metodologie analitiche di riferimento 2001 Appendice 1
	Dibutil stagno	ICRAM Metodologie analitiche di riferimento 2001 Appendice 1
	Monobutil stagno	ICRAM Metodologie analitiche di riferimento 2001 Appendice 1
Pesticidi organoclorurati	2,4 DDD	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
	4,4 DDD	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
	2,4 DDT	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
	4,4 DDT	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
	2,4 DDE	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
	4,4 DDE	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
	Aldrin	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
	Dieldrin	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
	Endrin	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
	α-esacloroesano	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
	β-esacloroesano	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
	γ-esacloroesano	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
	Clordano	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
	Eptacloro epossido	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017
HCB	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017	
BTEX e sommatoria	Benzene	EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2017
	Etilbenzene	EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2017
	Stirene	EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2017
	Toluene	EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2017
	Xilene	EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2017
	Sommatoria (Etilbenze, Stirene, Toluene, Xilene)	EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2017

Specie chimiche	Singoli composti	Metodo di prova	
IPA	Dibenzo(a,e)pirene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017	
	Dibenzo(a,l)pirene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017	
	Dibenzo(a,i)pirene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017	
	Sommatoria (speciazioni da 25 a 34 tab.1, all.5 parte VI, D.Lgs 152/2006)	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017	
	Benzo(a)antracene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017	
	Benzo(a)pirene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017	
	Benzo(b)fluorantene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017	
	Benzo(k)fluorantene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017	
	Benzo(g,h,i)perilene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017	
	Crisene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017	
	Dibenzo(a,h)antracene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017	
	Indeno(1,2,3-c,d)pirene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017	
	Pirene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017	
	Acenaftilene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017	
	Fluorantene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017	
	Naftalene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017	
	Antracene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017	
	Acenaftene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017	
	Fluorene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017	
	Fenantrene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017	
	Dibenzo(a,h)pirene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270E 2017	
	Carbonio organico totale o sostanza organica totale		UNI EN 13137:2002
	Somm. T.E. PCDD		EPA 1613B 1994
Somm. T.E. PCDF		EPA 1613B 1994	
PCB diossina simili (Elenco di cui alle note della tabella 3/A del D.Lgs.172/2015)		EPA 1668C 2010	
Amianto		DM 06/09/1994 GU n° 288 10/12/1994 All 1 B	
Descrizione macroscopica	Colore, odore, presenza di concrezioni, residui di origine naturale e/o antropica	ICRAM SEDIMENTI - Scheda 1	
Granulometria (%)		ICRAM Metodologie analitiche di riferimento (2001) - Scheda 3	
Parametri ecotossicologici	Vibrio fischeri (fase liquida)	ICRAM Metodologie analitiche di riferimento 2001 Appendice 2	
	Corophium Insidiosum (sedimento intero)	ISO 16712	
	Paracentrotus lividus (sviluppo larvale su elutriato)	EPA/600/R-95/136 1995	

Tabella 2: Elenco parametri chimici ed ecotossicologici ricercati

Per quanto riguarda i parametri Sommatoria T.E. PCDD, PCDF (Diossine e Furani) e PCB diossina simili, gli sono stati ricercati in un campione ogni 10.

I certificati analici sono riportati in Allegato 2.

4.1 Interpretazione delle risultanze analitiche, classificazione di qualità dei sedimenti e opzioni di gestione

4.1.1 Premessa metodologica

Le risultanze analitiche dei parametri chimici ed ecotossicologici sono state inserite in specifici fogli excel e successivamente importati nel modello software SediQualSoft 109.0

Il software è organizzato in 3 moduli: i primi due permettono l'inserimento dei dati ecotossicologici e chimici, il terzo la loro integrazione e classificazione di qualità dei sedimenti.

I moduli relativi alla caratterizzazione chimica ed ecotossicologica hanno fornito, per ciascuna tipologia di dati, sia un indice quantitativo di pericolo (HQ, Hazard Quotient), che un giudizio sintetico del livello di pericolo (suddiviso in 5 classi, da assente a molto alto).

Il terzo modulo ha permesso l'elaborazione finale integrando la classificazione chimica ed ecotossicologica e l'attribuzione della classe di qualità dei materiali.

4.1.2 Classificazione di qualità dei sedimenti

In funzione dei risultati di caratterizzazione integrata chimico-fisica ed ecotossicologica, si identificano n. 5 classi di qualità, come indicato nella tabella sottostante.

Classe di pericolo ecotossicologico elaborato per l'intera batteria (HQ _{Batteria})	Classificazione chimica	Classe di Qualità del materiale
Assente	HQ _C (L2) ≤ Trascurabile	A
	Basso ≤ HQ _C (L2) ≤ Medio	B
	HQ _C (L2) = Alto	C
	HQ _C (L2) > Alto	D
Basso	HQ _C (L1) ≤ Basso	A
	HQ _C (L1) ≥ Medio e HQ _C (L2) ≤ Basso	B
	Medio ≤ HQ _C (L2) ≤ Alto	C
	HQ _C (L2) > Alto	D
Medio	HQ _C (L2) ≤ Basso	C
	HQ _C (L2) ≥ Medio	D
≥ Alto	HQ _C (L2) ≤ Basso	D
	HQ _C (L2) ≥ Medio	E

Tabella 3: Classificazione della qualità del sedimento marino in funzione delle risultanze delle attività di caratterizzazione (chimico-fisica ed ecotossicologica)

Detto ciò, in funzione delle classi di qualità che si andranno ad ottenere, il Decreto prevede le seguenti "opzioni di gestione compatibile":



Tabella 4: Opzioni di gestione compatibile ai sensi del D.M. Ambiente n.173 del 15 Luglio 2016

4.1.1 Elaborazione dei dati chimici ed ecotossicologici

Il software SediQualSoft 109.0 permette la elaborazione e successiva analisi dei dati con un elevato grado di dettaglio, in particolare i dati sia ecotossicologici sia chimici possono essere espressi e visualizzati in appositi file di output riportati in Allegato 3.

Sia i dati ecotossicologici che i dati chimici risultano espressi in n.2 file ciascuno:

- Risultati ecotox contenente le seguenti informazioni: HQ specifico per ogni specie analizzata, HQ della batteria, classe di gravità del pericolo ecotossicologico
- Dettaglio ecotox contiene nello specifico per ogni specie analizzata informazioni relative a: effetto, effetto pesato, media controllo, deviazione standard controllo, numero repliche etc..
- Risultati chimici contiene l'indicazione della classe di gravità del pericolo in riferimento agli standard chimici di riferimento L1 e L2

- Report chimico dettaglio dà l'indicazione del numero di parametri non conformi, della specie non conforme individuata in riferimento a L1 e L2

Da notare che l'indicazione "Lista parametri standard non completa tabella 2.4 Allegato tecnico" che appare durante l'elaborazione del file è in questo caso dovuta ad un "bug" del programma.

Nelle Tavole 2 (a,b,c,d,e,f,g,h,i) sono invece riportate le planimetrie indicanti le classi di qualità del sedimento per i vari intervalli di profondità

5. CONCLUSIONI

I risultati delle analisi chimiche ed ecotossicologiche, in accordo con quanto definito dal D.M. 173/2016, sono state interpretate secondo i criteri ponderati mediante il software SediQualSoft fornito da ISPRA.

Dal punto di vista ecotossicologico i campioni analizzati hanno evidenziato classi di pericolo da medio a molto alto con il prevalere di classi da alto a molto alto.

Per quanto riguarda invece il pericolo chimico i campioni prelevati hanno evidenziato una estrema variabilità: generalmente da "basso " a "medio" e sporadicamente "alto" (HQc in riferimento a L2)

I contaminanti maggiormente riscontrati risultano: Esaclorobenzene, Benzo(a)pirene, Idrocarburi C>12, mentre tra i metalli Ni e Hg.

L'integrazione tra i due dati (chimico ed ecotossicologico) porta a classificare i campioni come riportato nelle tabelle in All. 3 e rappresentato graficamente nelle Tavole 2 .

Le elevate classi di pericolo riscontrate durante l'esecuzione delle prove ecotossicologiche hanno condizionato negativamente la classificazione finale con prevalere di classi E e D.

