

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale ex D.Lgs 152/2006

DOCUMENTAZIONE INTEGRATIVA PER LA VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

HUB ENERGETICO AGNES ROMAGNA 1&2 UBICATO NEL TRATTO DI MARE ANTISTANTE ALLA COSTA EMILIANO-ROMAGNOLA E NEL COMUNE DI RAVENNA

Titolo:

APPENDICI DELLA RELAZIONE GENERALE DI RISCANTRO ALLE RICHIESTE DI INTEGRAZIONI IN PROCEDURA DI VIA

Codice identificativo:

AGNROM_INT-R_REL-INT-APPENDICI

Proponente:



Agnes S.r.l.

P. IVA: 02637320397

Autore del documento:



Qint'x S.r.l.

P. IVA: 01445520396



DETTAGLI DEL DOCUMENTO

Titolo documento	Appendici della relazione generale di riscontro alle richieste di integrazioni in procedura di VIA
Codice documento	AGNROM_INT-R_REL-INT-APPENDICI
Titolo progetto	Hub energetico Agnes Romagna 1&2
Codice progetto	AGNROM
Data	15/11/2023
Versione	1.0
Autore/i	Team
Tipologia elaborato	Relazione
Cartella	16
Sezione	Documentazione integrativa
Formato	A4

VERSIONI

1.0	00	Team	A. Bernabini	AGNES	Emissione finale
Ver.	Rev.	Redazione	Controllo	Emissione	Commenti

FIRMA DIGITALE



Agnes S.r.l.

Via Del Fringuello 28, 48124 Ravenna (IT)

Questo documento è di proprietà Agnes S.r.l.

Qualunque riproduzione, anche parziale, è vietata senza la sua preventiva autorizzazione.

Ogni violazione sarà perseguita a termini di legge.



Sommario

SCOPO DEL DOCUMENTO.....	4
APPENDICE A – SCHEDE TECNICHE DEGLI AEROGENERATORI	5
APPENDICE A.1 – GOLDWIND 230-8000	5
APPENDICE A.2 – DONG FANG 242-8000	6
APPENDICE A.3 – AGNES 260-8000	7
APPENDICE B – VERNICI UTILIZZATE PER AEROGENERATORI.....	8
APPENDICE C – ASSEVERAZIONI PER IMPIANTO DI IDROGENO	9
APPENDICE C.1 – IMPIANTO ELETTROLISI E AUSILIARI.....	9
APPENDICE C.2 – IMPIANTO DI COMPRESSIONE.....	10
APPENDICE C.3 – IMPIANTO DI STOCCAGGIO	11
APPENDICE D – RAPPORTO DI PROVA SULLA QUALITÀ DELLE ACQUE.....	12
APPENDICE E - INDAGINI E CAMPIONAMENTI DI SAPIR NELL'AREA ARP	13
APPENDICE F – AGGIORNAMENTO CAP. 6.5 DEL SIA VOLUME 2.....	14



SCOPO DEL DOCUMENTO

Il presente documento concentra tutte le appendici all'elaborato "Relazione generale di riscontro alle richieste di integrazioni in procedura di VIA" con codice AGNROM_INT-R_REL-INT.

La separazione delle appendici dal documento centrale si è rilevata preferibile al fine di rendere la consultazione più agevole e diminuire le dimensioni dei file, già di per sé ingenti.

Si consiglia di orientarsi con i collegamenti ipertestuali dell'indice a pag. 4 del presente documento per consultare più rapidamente le appendici.



APPENDICE A – SCHEDE TECNICHE DEGLI AEROGENERATORI

Appendice A.1 – Goldwind 230-8000

La consultazione di questa appendice è riservata ai soli enti pubblici autorizzati.



Appendice A.2 – Dong Fang 242-8000

La consultazione di questa appendice è riservata ai soli enti pubblici autorizzati.



Appendice A.3 – Agnes 260-8000

1. INTRODUZIONE

Questa scheda tecnica presenta le specifiche tecniche dell'aerogeneratore AGN8.0-260, tipologia di macchina nominale considerata per le fasi autorizzative del Progetto Agnes Romagna.

Tale documento è applicabile per tutti i dati in input e le caratteristiche tecniche della tipologia di aerogeneratore considerato per tutti gli impianti ambientali, paesaggistici e sulle attività antropiche relativi al Progetto.

1.1 Premessa

La tipologia degli aerogeneratori applicata per i parchi eolici del progetto Agnes Romagna è stata progettata per le condizioni sito specifiche e progetto specifiche, considerando le condizioni meteo-marine e la risorsa eolica disponibile a cui le macchine saranno esposte.

La classe dell'aerogeneratore è solo uno dei fattori da considerare durante il complesso processo di definizione della soluzione più idonea per il Progetto, e la classe, seguendo lo standard internazionale IEC 61400, è definita principalmente dai tre parametri di velocità media del vento, raffica estrema su 50 anni, e turbolenza.

L'intensità di turbolenza è quantificata in base alla variazione del vento tipicamente all'interno di range temporali di 10 minuti misurate considerando una velocità di 15 m/s, mentre le velocità estreme di raffiche vengono valutate con una media nei 3 secondi.

Considerando le caratteristiche di ventosità nel sito di interesse (per approfondimenti si rimanda alla Relazione Meteomarina "AGNROM_EP-R_REL-METEO"), gli aerogeneratori applicabili per il Progetto possono andare da prodotti in Classe IIIB (bassa ventosità, turbolenza minore del 16%) fino a prodotti più commercializzati ad oggi da Classe IA (alta ventosità, turbolenza maggiore del 18%).

La classe IIIB prevede velocità estreme su 50 anni fino a 52.5 m/s (189 km/h), con il parametro di turbolenza che risulta minore del 16%, valori che risultano di gran lunga superiori con i parametri di ventosità nell'area progettuali, enunciati nel precedente capitolo.

La classe "S" prevede parametri del vento e relativi parametri della macchina che sono specificati dal costruttore.

I sistemi di sicurezza presenti nelle macchine sono molteplici e vanno dai sistemi di protezione delle messe a terra, sistemi di protezione dai fulmini, ai sistemi di arresto automatici in caso di guasti o malfunzionamenti dei componenti, controllati in maniera automatica da un sistema SCADA per il monitoraggio della sensoristica.

2. PARAMETRI COMPLESSIVI DELL'AEROGENERATORE

L'aerogeneratore nominale considerato per il Progetto Definitivo ha i parametri fondamentali mostrati nella tabella sottostante. La denominazione, per facilità di comprensione, è AGN8.0-260.

Tabella 1: Caratteristiche tecniche dell'aerogeneratore di Progetto

NO.	Category	Unit	AGN8.0-260
7.1.1	OWT Main technical specifications		
1.1	General Parameters	Unit	
1.1.1	Rated Power	MW	8
1.1.2	Rotor diameter	m	260
1.1.3	Rated wind speed (standard empty, static)	m/s	9
1.1.4	Cut-in wind speed	m/s	2.5
1.1.5	Cut-out wind speed	m/s	25
1.1.6	Rotor speed range	rpm	0-7.34
1.1.7	Power adjustment method		Variable Speed & Pitch Control
1.1.8	Sweeping Area	m ²	53093
1.1.9	Sweeping Area per kW	m ² /kW	6.64
1.1.10	RNA mass	kg	490
1.1.11	1P Frequency bandwidth	Hz	0.06 - 0.13
1.1.12	3P Frequency bandwidth	Hz	0.18 - 0.39
1.1.13	Pitch drive type	(hydraulic/electric)	electric
1.1.14	Maximum wind speed (10min), non-typhoon area	m/s	50
1.1.15	Maximum wind speed (10min), typhoon area	m/s	50
1.1.16	Survival wind speed	m/s	70
1.1.17	IEC Class		S
	Vref		50
	Ve50		70
	Iref		B
	Wind shear		0.1
1.1.18	Operating temperature	°C	-20°C~40°C
1.1.19	Survival temperature	°C	-30°C~50°C
1.1.20	Design lifespan	year	25
1.2	Blade Parameters	Unit	
1.2.1	Materials		GFRP
1.2.2	Length	m	126

1.2.3	Weight	t	53
1.2.4	Tip Speed	m/s	100
1.2.5	Blade root diameter	m	5

1.3	Gearbox Parameters	Unit	
1.3.1	Material		QT400
1.3.2	Weight	kg	85000
1.3.3	Stages		Tertiary planet
1.3.4	Transmission Ratio		80
1.3.5	Rated Torque		NA
1.3.6	Cooling Type		Oil-Water-Air

1.4	Generator parameters	Unit	
1.4.1	Type (e.g. synchronous, synchronous PMG, asynchronous, DFIG, PMG, ...)		PMG
1.4.2	Rated Power	kW	8900
1.4.3	Rated Voltage	V	1100/1400
1.4.4	Rated Current	A	NA
1.4.5	Rated Speed	r/min	NA
1.4.6	Efficiency at rated power	%	98
1.4.7	Rated power factor		≥0.9
1.4.8	Weight	kg	≤16000
1.4.9	Insulation/Protection Class		H
1.4.10	Number of phases		4*3
1.4.11	Number of poles		24

1.5	Converter	Unit	
1.5.1	Rated Power	kVA	9400
1.5.2	Rated output voltage	V	1140
1.5.3	Rated output current	A	2*2630
1.5.4	Output frequency range	Hz	50±0.4
1.5.5	Rated factor		±0.95
1.5.6	Protection Class		IP54
1.5.7	Cooling system		Water-Air
1.5.8	Weight	kg	4000*2

1.6	Transformer	Unit	
1.6.1	Rated capacity	kVA	9000
1.6.2	Primary rated voltage	V	1140

1.6.3	Secondary rated voltage	kV	35/66
1.6.4	- Rated frequency		50
1.6.5	Operating ambient temperature		-20°C~35°C
1.6.6	Surviving temperature		-30°C~50°C
1.6.7	- Operating environment humidity		0.7
1.6.8	Tap range		±2×2.5%
1.6.9	Link group		Dyn11
1.6.10	Insulation Class		≥F
1.6.11	Efficiency		0.99
1.6.12	Cooling Method (ONAN, ONAF,...) - Load and no-load losses		AFAF

1.7	Braking System		
1.7.1	Main braking system		Independent Blade Pitching
1.7.2	Second braking system		Hydraulic Disc Brakes with Rotor Lock
1.7.3	Pitch Max. Speed		6°/s

1.8	Yaw System		
1.8.1	Control		Electrical Drive
1.8.2	Speed		Maximum 5.5°/s

1.9	Lightning Protection System		
1.9.1	Lightning Protection Class		LPLI

1.10	SCADA&CONTROL SYSTEM		
	File name or Discription		SCADA Long-distance Monitoring

1.11	EMS&REMOTE CONTROL SYSTEM		
	File name or Description		PLC Speed and Pitch Control on Active Load

3. CARATTERISTICHE TECNICHE

3.1 Pesì dell'aerogeneratore

I pesi dell'aerogeneratore nominale sono stati calcolati considerando un sovradimensionamento della macchina, andando quindi a prendere in considerazione pesi per 9 MW di turbina e dimensioni massime che possono essere stimate (altezza hub di 170m, diametro rotore di 260m). Tali assunzioni sono state effettuate prendendo come riferimento i dati massimi di aerogeneratori da 8/9 MW attualmente in commercio ed utilizzando dei fattori di sicurezza, per poter effettuare dimensionamenti della sottostruttura di sostegno con una metodologia conservativa.

Tabella 2: Tabella dei pesi

Pesi	Navicella	235 t
	Generatore	30 t
	Riduttore	85 t
	Rotore (incluse pale e hub)	254
	Pale	3 x 53 t \pm 3%
	Sistema hub	95 t
	Massa RNA	489 t
Dimensioni componenti	Navicella (L x H x W)	8.9x4.84x4.65
	Sistema hub (L x H x W)	5.59x4.85x4.97

Tabella 3: : Tabella delle sollecitazioni agenti massime sul basamento torre derivanti dai carichi vento

	Fattore di sicurezza	Carico
Mxy [MNm]	1,1	345,4
Mz [MNm]	1,1	36,3

Fxy [MN]	1,1	3,3
----------	-----	-----

Tali carichi non sono da considerarsi come contemporanei, poiché carichi limite che si possono rilevare in differenti situazioni con stati meteomari differenti che potranno rilevarsi in fase di esercizio degli impianti.

Le sollecitazioni sopra riportate sono state determinate considerando, a favore di sicurezza, un sovradimensionamento della macchina facendo riferimento ad aerogeneratori in commercio con potenze, e quindi pesi, maggiori, avente le dimensioni massime disponibili presentate.

I carichi forniti andranno riaggiornati e probabilmente ridotti a valle della definizione dell'aerogeneratore che verrà selezionato post-autorizzazione e della campagna geotecnica che verrà effettuata.

3.2 Lame

3.2.1 Design delle lame

Le 3 lame hanno una lunghezza massima di 130 metri, con pesi stimati di $3 \times 53 \text{ t} \pm 3\%$, sono composte da fibra di vetro e resina epossidica con rinforzi dati da materiali compositi.

Il design della struttura della lama è costituito da due gusci e due strati di supporto principale, posizionando il materiale di supporto sul bordo esterno della lama (il guscio esterno).

La lama è dotata di una scheda di memoria per i fulmini, comoda per la gestione del sistema di protezione fulmini.

Il filo di messa a terra antifulmine all'interno della lama è realizzato tramite un cavo in rame e la sua sezione trasversale dovrà soddisfare i requisiti degli standard internazionali.

La strategia di controllo della protezione contro il congelamento dell'unità sarà sviluppata appositamente per garantire la massima produzione di energia in condizioni di sicurezza dell'unità.

3.2.2 Protezione delle lame

A causa dell'elevata umidità presente nel sito, della nebbia salina e della velocità lineare della punta delle pale che può arrivare a 85 m/s, la corrosione del bordo d'attacco della pala è una questione da tenere in considerazione, la quale influisce sulla produzione e sull'affidabilità delle turbine eoliche offshore.

La pala nel suo complesso sarà rivestita di gel (topcoat) per la protezione, utilizzando una vernice protettiva del bordo d'attacco per la punta della pala e utilizzando parti speciali prefabbricate per la punta della pala di almeno 10 m, con prestazioni migliori in termini di resistenza alla salsedine, resistenza alla luce, resistenza alla pioggia, e conforme alla norma "Q/GW" 201179-2019_Design Requirements for Wind Turbine Blade Leading Edge Protection System.

3.2.3 Produzione delle lame

La produzione delle pale sarà supervisionata dal produttore e fornitore, così come da una terza parte, e la produzione e il processo saranno controllati per garantire la qualità delle pale.

Le pale potranno essere prodotte con un processo di aspirazione sottovuoto. La produzione delle pale adotta la tecnologia dello stampo a specchio, che migliora la finitura superficiale della lama e ne aumenta la qualità e l'efficienza aerodinamica.

La tolleranza di peso e la tolleranza del momento di massa di ciascun gruppo di pale saranno controllate, in modo da ridurre al minimo lo sbilanciamento del rotore durante la rotazione. L'utensile di posizionamento assicura la precisione di posizionamento tra i fori dei bulloni.

Il tessuto di vetro, la fibra e la colla dovranno essere sottoposti a valutazioni di prestazioni estese e, di screening a fatica.

3.2.4 Testing delle lame

Secondo lo standard IEC61400-23, vengono eseguiti test di frequenza della lama, test di carico statico e test di fatica; si verificano la rigidità della lama, la deformazione e altre informazioni attraverso il test di carico statico, e allo stesso tempo si verifica la capacità della lama di resistere a carichi estremi in condizioni di lavoro estreme; si supera il test di fatica (completato con 1 milione di test di oscillazione, 4 milioni di test di pendolo) per verificare la capacità della lama di resistere ai carichi di fatica, garantendo una durata della lama di 25 anni.

La vernice protettiva del bordo d'attacco viene realizzata in campioni di erosione della pioggia secondo i requisiti, e il test di erosione della pioggia dopo l'invecchiamento viene eseguito secondo i requisiti che verranno stabiliti in fase di aggiudicazione del contratto di fornitura.

3.3 Rotore

Il rotore è composto da cuscinetti, mozzo, sistema di pitch, sistema di lubrificazione e scala per garantire l'accesso per attività di manutenzione. Ogni pala è dotata di un meccanismo di pitch indipendente, che utilizza un ingranaggio azionato da un motore per il pitch e regola attivamente l'angolo di pitch della pala.

L'angolo di pitch delle pale può essere regolato dal sistema di azionamento del pitch in base alla velocità del vento e alla potenza erogata.

L'hub del rotore è composto da una struttura di fusione sferica e il materiale è QT400-18AL. L'hub è collegato al cuscinetto di pitch per sostenere le tre pale e trasmettere il carico dalle pale all'albero rotante del generatore.

L'angolo di elevazione della cabina, l'angolo del cono del mozzo e la precurvatura delle pale sono considerati in modo completo per garantire che la distanza minima tra la punta delle pale e la torre soddisfi i requisiti di sicurezza.

3.4 Sistema di trasmissione meccanica

Il gruppo della catena di trasmissione è un meccanismo che converte la velocità di rotazione e la coppia dell'energia meccanica trasmessa dal rotore, e allo stesso tempo trasmette i carichi non efficaci, come il momento flettente e la spinta del rotore alla base.

Il sistema è composto principalmente da albero principale, cuscinetto principale, riduttore, sistema di raffreddamento del riduttore, generatore, raffreddamento del generatore, lubrificazione del riduttore, sistema frenante, ecc.

3.5 Riduttore

Il riduttore adotta uno schema planetario a tre stadi, l'ingranaggio è flottante e con ripartizione del carico e le estremità di ingresso e uscita sono collegate da flange.

L'interfaccia tra il riduttore e il sistema di trasmissione comprende principalmente il collegamento tra l'estremità di ingresso e l'albero principale, il collegamento tra il braccio di coppia e il supporto elastico, il collegamento tra l'albero di uscita e il rotore del generatore, il collegamento tra la flangia della cassa posteriore e lo statore del generatore.

Il modulo di lubrificazione del riduttore realizza la lubrificazione e il raffreddamento degli ingranaggi e dei cuscinetti all'interno del cambio. Adotta il metodo di lubrificazione forzata per controllare l'aumento di temperatura all'interno del riduttore e scambia calore con il modulo di raffreddamento. Comprende principalmente la pompa dell'olio lubrificante, lo scambiatore di calore olio-acqua, la tubazione e i relativi dispositivi di fissaggio.

Verrà adottato un supporto elastico idraulico e le unità idrauliche sul lato cuscinetto e sul lato non cuscinetto del braccio di coppia del riduttore sono collegate tra loro da tubazioni idrauliche.

3.6 Generatore

I generatori a media velocità e i generatori ad azionamento diretto potranno essere sulla stessa linea.

La junction box principale sarà progettata per il motore ed i cavi di uscita del generatore saranno disposti sui lati destro e sinistro del generatore.

Dopo la rotazione del rotore, l'ingranaggio accelera per azionare il generatore in modo da produrre una tensione e una frequenza variabili, quindi fluisce verso il bus in DC attraverso il convertitore lato motore e poi attraverso il convertitore lato rete per invertire a frequenza costante (frequenza di rete sincrona). L'energia in AC è collegata al trasformatore collegato alla rete attraverso il dispositivo di commutazione e quindi l'energia elettrica viene inviata alla rete. Il filtro è posto tra il convertitore lato rete e la rete per sopprimere la distorsione di tensione e le armoniche di corrente. Poiché la potenza di uscita del generatore sincrono a magneti permanenti può essere inviata alla rete solo dopo essere stata regolata dal dispositivo elettronico di potenza, un sistema di convertitori a piena potenza e ad alta efficienza garantisce la qualità della potenza del sistema. I

convertitori di potenza avanzati garantiranno l'elevata efficienza del sistema di generazione di energia nell'intera gamma di velocità del vento o del rotore eolico.

3.7 Convertitore

Il convertitore di energia è composto da due serie di 4,25 MW. Si tratta di un circuito trifase a ponte intero con struttura back-to-back. Allo stesso tempo, il convertitore adotta quattro sbarre indipendenti per soddisfare le esigenze di controllo indipendente dei quattro gruppi di avvolgimenti del generatore.

La tecnologia a magneti permanenti a media velocità segue ancora il design a doppia sbarra.

Il modulo del convertitore integra il modulo di commutazione lato macchina e configura il livello di protezione contro i fulmini della macchina.

Il circuito DC adotta lo schema di frenatura half- bus per sopprimere lo squilibrio di tensione e, allo stesso tempo, viene messo in funzione durante il processo di scarica per realizzare la scarica di energia DCFast delle sbarre.

I componenti di potenza lato rete seguono l'algoritmo di controllo a tre livelli di connessione alla rete per eseguire le funzioni di controllo qualità dell'energia, dei guasti e adattabilità alla rete.

La strategia di controllo a doppio anello chiuso dell'anello esterno di tensione e dell'anello interno di corrente è adottata per controllare attivamente la tensione del bus in DC e garantire un funzionamento stabile e sicuro del sistema.

L'ondulazione armonica della coppia sul lato motore viene efficacemente ridotta o soppressa dal circuito tampone del filtro e l'influenza sul du/dt dell'avvolgimento del motore viene anch'essa ridotta. Con l'impiego della tecnologia di modulazione dell'ampiezza degli impulsi PWM, le armoniche di uscita vengono efficacemente ridotte e la capacità del sistema viene migliorata. L'intero convertitore adotta un design modulare, riducendo il volume di ciascun componente, e grazie all'ottimizzazione del controllo, le prestazioni della rete elettrica rientrano nell'intervallo consentito dagli standard tecnici internazionali.

Attraverso il controllo dell'ampiezza della tensione e della fase del convertitore a piena potenza, è possibile regolare la potenza attiva e reattiva immessa in rete, in modo che il fattore di potenza della produzione di energia elettrica possa funzionare nell'intervallo compreso tra 0,95 (lag) e 0,95 (leading), senza necessità di compensazione o assorbimento della rete, stabilizzando la tensione di rete.

Il convertitore sarà dotato anche di una funzione di "ride-through" a bassa tensione, che soddisfa anche i requisiti degli standard di accesso domestici. Quando la tensione di rete si abbassa brevemente e si riprende rapidamente, l'unità può continuare a funzionare senza essere scollegata dalla rete, fornendo supporto alla rete.

Se la caduta di tensione supera l'intervallo di tempo specificato dalla norma, verrà considerata come un guasto della rete e l'unità verrà spenta.

3.8 Trasformatore

Il trasformatore può essere azionato e mantenuto dalla sola bobina.

I trasformatori dry-type presentano le seguenti caratteristiche e vantaggi:

- a) Metodo di raffreddamento: Si adotta il raffreddamento aria-aria, non c'è il rischio di perdite di liquido e il costo di manutenzione è basso.
- b) Resistenza alla corrosione: Il trattamento superficiale del trasformatore può raggiungere il grado anticorrosione C4, che si adatta perfettamente all'ambiente della sala macchine dell'unità offshore.
- c) Facilità di manutenzione e lunga durata: Il trasformatore è semplice e comodo per la manutenzione e l'involucro e la bobina possono essere smontati e azionati separatamente in loco; il trasformatore soddisfa i requisiti della norma IP44.
- d) Protezione dell'ambiente ed elevata sicurezza: i trasformatori a secco sono privi di olio e ritardanti di fiamma, in grado di ridurre il rischio incendi durante l'uso, senza la necessità di ispezioni quotidiane e di sostituzione dell'olio per ridurre i costi di manutenzione.

Il trasformatore è progettato con un design anti-allentamento, anti-vibrazione e anti-ribaltamento, in grado di soddisfare le condizioni di trasporto terrestre e marittimo.

3.9 Sala macchine

La sala macchine dell'unità adotterà una struttura sigillata, che comprende la base, la copertura della navicella, la cabina di controllo, il paranco, il sistema di imbardata, il sistema di misurazione del vento, ecc.

La struttura ha anche la funzione di regolare i carichi statici e dinamici del rotore e del generatore, che trasmette a sua volta alla torre. Il trasformatore è situato nella parte posteriore della navicella e i riduttori sono disposti su entrambi i lati della navicella.

La struttura della navicella, realizzata in fibra di vetro, sostiene il gruppo di trasmissione e trasferisce il carico alla flangia superiore della torre, fornendo contemporaneamente supporto e protezione alle apparecchiature e ai quadri della sala macchine, garantendo i requisiti necessari per il funzionamento e la manutenzione.

La parte superiore è dotata di una botola apribile, per garantire l'accesso della cabina dalla parte superiore della stessa.

3.10 Sistema di imbardata

Si adotterà un design attivo di imbardata al vento. Quando il sensore del vento rileva che la direzione del vento cambia, il sistema di controllo, tramite segnale del sensore del vento che controlla l'imbardata, ruota la navicella in maniera tale da allinearsi alla direzione del vento prevalente.

Le funzioni principali del sistema di imbardata sono le seguenti:

- a) azionare la rotazione e il posizionamento della navicella;
- b) sostenere il carico dell'intera ogiva.

I componenti principali sono il sistema di trasmissione dell'imbardata, la corona dentata, il cuscinetto superiore, il sensore di posizione, il sistema di lubrificazione automatica, accessori e relativi bulloni di collegamento, ecc.

Il sistema di imbardata ha le seguenti caratteristiche:

- a) adotta uno schema di imbardata a cuscinetti scorrevoli, con struttura semplice. Il sistema di frenatura dell'imbardata è una struttura di frenatura meccanica senza componenti idraulici;
- b) Il cuscinetto superiore dell'imbardata e la superficie del dente sono tutti lubrificati automaticamente e lo stoccaggio del grasso soddisfa i requisiti del ciclo di ispezione regolare di 12 mesi;
- c) Il sistema di controllo PLC dell'unità è in grado di svincolare l'unità quando questa si trova in uno stato di bassa velocità del vento, ed evita l'imbardata in sezioni ad alta velocità del vento.

3.11 Sistema di conversione di potenza

Il sottosistema di conversione di potenza comprende i moduli convertitori, i moduli trasformatori, i moduli RMU, i cavi di alimentazione e i cavi ad alta tensione.

3.12 Quadro elettrico

Il modulo del quadro elettrico è installato tra l'unità di potenza e la rete elettrica e collega il cavo ad alta tensione dell'unità con la rete di cavi sottomarini del parco eolico. Il quadro elettrico è in grado di controllare l'ingresso e l'uscita dell'unità dalla rete elettrica e, allo stesso tempo, di fornire all'unità una protezione contro i cortocircuiti, le sovracorrenti e i guasti a terra. Il quadro elettrico si trova nella parte inferiore della torre.

3.13 Sistema di controllo e potenza

Le funzioni principali dei sottosistemi di controllo e alimentazione sono lo *switch* completo dello stato della macchina, il giudizio logico, la protezione dai guasti, il controllo coordinato e protezione della sicurezza dell'intera macchina; raccolta delle informazioni sullo stato di ciascun sottosistema della macchina attraverso le interconnessioni di controllo e di comunicazione per fornire l'interfaccia uomo-macchina, l'archiviazione locale dei dati e l'interfaccia di comunicazione per lo scambio di dati a distanza. Il sistema di distribuzione dell'alimentazione fornisce l'alimentazione richiesta dalle apparecchiature di autoconsumo di ciascun sottosistema della macchina, a partire dal quadro di controllo principale, dal relativo modulo del sensore di trasmissione, ecc.

Per maggiori informazioni si fa riferimento al documento AGNROM_EP-R_REL-ELETRICA "Relazione elettrica generale".

3.13.1 Sistema di controllo

I sistemi di controllo e orientamento hanno la funzionalità di ottimizzare l'energia da estrarre alla risorsa eolica, in funzione della velocità e direzione del vento. Il controllo dell'orientamento della navicella in maniera tale

che mantenga il parallelismo tra l'asse della macchina e la direzione del vento, così come il controllo delle rotazioni del pitch, l'angolo di calettamento alla radice delle pale variabile in funzione della velocità del vento, sono funzionalità fondamentali per l'ottimizzazione dell'energia prodotta.

Tali funzioni sono regolate elettronicamente dal sistema di controllo automatico della macchina, così come tutti gli stati di funzionamento dell'aerogeneratore, compreso il controllo di imbardata il quale consente di orientare le pale seguendo la direzione del vento, ottimizzando quindi l'efficienza della macchina, di agire da sistema frenante principale con la frenata aerodinamica quando la macchina deve fermarsi, oppure di assumere una posizione libera di stallo e di sicurezza quando l'intensità del vento supera i valori massimi operativi.

Il sistema di controllo elettrico è progettato sulla base del nuovo sistema PLC industriale veloce e dello standard IEC61400-1. Il sistema di controllo gestisce la generazione di energia collegata alla rete, il beccheggio (*pitch*), l'imbardata e il rilevamento dello stato delle unità ausiliarie (sistema di frenatura, sistema di raffreddamento, sistema di riscaldamento, ecc).

La navicella esegue il monitoraggio di beccheggio, imbardata, velocità e direzione del vento, temperatura, vibrazioni e altri parametri; la parte inferiore della torre è responsabile della comunicazione con la navicella, del controllo della conversione di frequenza e della comunicazione esterna. Il controllo automatico, il controllo locale e il controllo remoto della sala di controllo centrale del parco eolico possono essere realizzati attraverso il sistema di controllo elettrico.

Il sistema di controllo e alimentazione della macchina è responsabile dello *switch* dello stato della macchina, della raccolta delle informazioni, della memorizzazione dei dati, del giudizio logico, della protezione dai guasti, degli algoritmi di esecuzione, ecc.

Esiste una relazione interattiva tra il sottosistema di monitoraggio della stazione lato ventilatore, il sottosistema di imbardata e il sottosistema ausiliario. Il sistema di controllo comprende in quadro di comando principale (compresi quadro di comando principale e quadro inferiore della torre nella sala macchine), il quadro di distribuzione dell'energia della sala macchine, quadro di comando della sala macchine, il trasformatore di distribuzione, ecc.

Le funzioni principali del sistema di controllo sono:

- a) Raccogliere dati dell'intero ventilatore per controllarne il funzionamento;
- b) Commutazione completa dello stato della macchina, giudizio logico, protezione dai guasti, controllo coordinato e protezione di sicurezza dell'intera macchina;
- c) Controllo coordinato e protezione di sicurezza dello stato del sistema di pitch;
- d) Controllo coordinato e protezione di sicurezza dello stato del sistema di conversione;
- e) Monitoraggio della rete elettrica e regolazione della potenza attiva e reattiva;
- f) Interazione uomo-macchina, memorizzazione dei dati locali e interfaccia di comunicazione interattiva dei dati remoti;
- g) Risoluzione dei problemi e registrazione;
- h) Comunicazione con il monitoraggio centrale e trasmissione di informazioni sui dati.

Il sistema di controllo può controllare direttamente il sistema di frenatura del rotore, il sistema di imbardata e il convertitore e altri attuatori di azione, e può controllare la coppia del generatore e l'interruttore di rete attraverso il convertitore, e controllare il funzionamento in tempo reale attraverso il sistema di pitch rotore-elettrico per garantire l'angolo di vento desiderato ed ottenere l'energia prevista di cattura e trasmissione.

Allo stesso tempo, il sistema di controllo principale è responsabile del monitoraggio delle condizioni a tutto tondo e dell'identificazione dei rischi, e attua misure di protezione del collegamento per l'intera macchina nel più breve tempo possibile. Inoltre, i sistemi a corrente variabile e a pitch sono dotati di controllori indipendenti e di meccanismi di autoprotezione che, insieme al controllore principale dell'intera macchina, formano una rete distribuita di controllo e protezione multistrato. Dalla base della torre alla cima della torre, vengono utilizzati supporti in fibra ottica per la trasmissione e la sala macchine integra la rete di debug.

3.13.2 Sistema di pitch

Il sistema di pitch adotta un sistema elettro-meccanico ad ingranaggi per controllare le pale individualmente, tramite tecnologia ampiamente utilizzata nel settore dell'energia eolica, presentando vantaggi di un basso tasso di guasti, un'elevata efficienza di trasmissione e un'accurata precisione del sistema di controllo.

3.13.3 Sistema di protezione

Il sistema di protezione di sicurezza comprende la protezione del software di controllo e della catena di sicurezza indipendente dal sistema di controllo.

La protezione del software del sistema di controllo ha le seguenti funzioni principali:

- a) quando la velocità del vento raggiunge la velocità del vento di cut-in richiesta dalla velocità di rotazione dell'unità, l'unità entra nello stato di avvio dallo stato di standby;
- b) con l'aumento della velocità del vento, la produzione del generatore aumenta. Quando la velocità del vento è superiore alla velocità nominale del vento, l'unità inizia a cambiare il passo per mantenere stabile la potenza;
- c) quando la velocità del vento è superiore alla velocità del vento di cut-out, l'unità si arresta normalmente;
- d) quando si verifica un guasto generale, l'unità si spegne normalmente; quando si verifica un guasto specifico o in caso di emergenza, l'unità si spegne rapidamente;
- e) Nello stato di standby, il rotore ruota liberamente, riducendo il carico di forza dell'unità;
- f) Quando la temperatura ambiente supera il campo di funzionamento, l'unità si arresta normalmente; quando la temperatura ambiente è normale, l'unità si riavvia automaticamente;
- g) Se la rete elettrica non è in condizioni standard, l'unità si spegne; il sistema di controllo elettronico si resetta e si riavvia automaticamente dopo il ritorno alla normalità del sistema.

Il sistema di protezione autonomo è indipendente dal sistema di controllo principale e può avviare autonomamente il sistema di frenatura dell'unità. Quando il sistema di controllo non è in grado di garantire il funzionamento dell'unità entro il normale intervallo di protezione o di attivare i parametri limite di sicurezza, viene intrapresa l'azione di protezione di sicurezza. Il compito del sistema di sicurezza autonomo è quello di

garantire che la funzione di sicurezza del ventilatore non venga meno in condizioni normali e in condizioni di guasto e che l'unità operi in condizioni di sicurezza.

Sulla macchina saranno presenti tre pulsanti di arresto di emergenza. Dopo l'attivazione di uno qualsiasi dei pulsanti di emergenza, la macchina si arresterà nel modo più rapido e potrà essere avviata solo dopo il ripristino manuale. Inoltre, quando si presentano vari guasti, come guasto alla rete, guasto al trasformatore, cortocircuito, superamento delle vibrazioni, superamento del cavo intrecciato, sovra velocità e altri guasti, la macchina si arresta.

3.13.4 Sistema di frenata del rotore

Il sistema di frenata pneumatica del rotore adotta sistemi indipendenti di azionamento del pitch delle pale, che possono eseguire la frenata aerodinamica in casi di emergenza; se un sistema di pitch si guasta, i freni pneumatici rendono l'unità di arresto sicura.

Il freno meccanico invece, è installato sul generatore, con il freno e il rilascio che sono realizzati tramite sistema idraulico.

3.13.5 Sistema di alimentazione

Il livello di tensione 1140VAC e l'alimentazione delle apparecchiature elettriche dell'unità è centralizzata da un trasformatore da 1140V/400V collocato sulla piattaforma della sala macchine. L'alimentazione viene fornita rispettivamente alle apparecchiature nella parte inferiore della torre, nella sala macchine e nel mozzo. Il filtro di alimentazione è stato progettato a 400VAC per migliorare la qualità dell'alimentazione EMC dell'unità. All'estremità dell'alimentazione a 400 V del circuito secondario viene aggiunto un filtro resistore-condensatore per migliorare la qualità dell'alimentazione a 400 V.

Il trasformatore di distribuzione del sottosistema di controllo e alimentazione è utilizzato per l'alimentazione del ventilatore e funge principalmente da trasformatore, cioè la tensione di 1140 V viene trasformata in 400 V e utilizzata dalle apparecchiature del ventilatore.

Per garantire che il ventilatore completi il processo di spegnimento sicuro sotto l'azione del sistema di controllo quando l'alimentazione di rete è anomala, il sistema adotta un gruppo di continuità a 230 V, convertito in una tensione di 24 V CC attraverso un alimentatore switching, che alimenta principalmente il sistema di sicurezza a catena e il sistema di controllo. La temperatura di funzionamento dell'alimentatore switching e dell'UPS è nell'intervallo di $-25^{\circ}\text{C} \sim 55^{\circ}\text{C}$ e l'umidità relativa dell'ambiente è dello $0\% \sim 95\%$. Il gruppo di continuità è in grado di restituire lo stato di base dell'apparecchiatura, le informazioni di avvertimento e di accettare le impostazioni degli interruttori e dei parametri.

3.14 Sistema di raffreddamento

Il fluido di raffreddamento entra nel generatore dall'uscita della pompa dell'acqua e, dopo aver attraversato l'alternatore, entra nel riduttore, passa attraverso il radiatore esterno e conduce uno scambio di calore aria-

acqua, e il fluido raffreddato ritorna all'ingresso della pompa dell'acqua attraverso l'uscita dell'acqua del radiatore.

Il radiatore di raffreddamento esterno adotta il tipo di scambio di calore acqua-aria, l'acqua che trasporta il calore entra nel nucleo del radiatore e il raffreddamento agisce tramite il sistema ad aria forzata attraverso la ventola.

Il radiatore di raffreddamento potrà anche essere di tipologia aria-aria, evitando l'entrata di vapore acqueo, di nebbia salina e sabbie, evitando quindi la corrosione dei componenti.

3.15 Sistema di messa a terra antifulmine

La macchina dovrà adottare un sistema di protezione completa contro i fulmini, che comprende un sistema di protezione contro i fulmini interno e un sistema di protezione contro i fulmini esterno, e adotta misure di protezione efficaci per le diverse aree, tra cui principalmente il sistema di intercettazione e conduzione dei fulmini, la schermatura, il collegamento equipotenziale, l'impianto elettrico. Queste misure di protezione dovranno tenere conto delle caratteristiche dei fulmini nell'area di progetto interessata.

Devono essere presenti moduli di messa a terra per la protezione dai fulmini (modulo di messa a terra del mozzo della ruota, modulo di messa a terra del generatore, modulo di messa a terra della sala macchine, modulo di messa a terra della torre) e un modulo di monitoraggio dei fulmini.

La progettazione della messa a terra antifulmine dell'intera unità dovrà essere conforme alle norme GB 50057-2010 e IEC 61400-24:2019.

L'intera macchina sarà dotata di un sistema completo di protezione della messa a terra, con terminazioni ad aria e scaricatori di fulmini sulle pale e sulla parte superiore della navicella, e messe a terra sulle parti rotanti.

La connessione di ogni flangia della torre è dotata di un collegamento a filo. La resistenza di messa a terra dell'intera macchina deve essere $\leq 4\Omega$.

3.16 Sistema di monitoraggio

Il sistema di monitoraggio potrà garantire le funzioni di monitoraggio della produzione di energia, statistiche di allarme e di guasto, statistiche di analisi dei dati e del funzionamento, nonché fornire funzioni al sistema di controllo e monitoraggio generale del parco eolico, come il confronto e l'analisi degli indicatori di funzionamento del parco eolico. Fornisce il monitoraggio e gli allarmi di funzionamento del parco eolico, la gestione dell'energia, l'analisi e l'interrogazione dei dati e l'assistenza nel completamento dell'eliminazione dei guasti e nella preparazione dei rapporti.

Il sistema SCADA potrà far visualizzare lo stato di funzionamento di tutte le apparecchiature.

L'interfaccia visualizza lo stato di ciascuna apparecchiatura e alcuni parametri operativi principali, consentendo agli utenti di individuare i difetti di funzionamento:

- a) Panoramica delle apparecchiature di generazione di energia. Le apparecchiature per la produzione di energia elettrica visualizzano i parametri operativi in due forme: monitoraggio a matrice e monitoraggio a elenco.
- b) Panoramica della stazione ausiliaria, che mostra lo stato di comunicazione della stazione ausiliaria e gli indicatori più importanti, come la potenza attiva totale e la potenza reattiva totale, e fornisce collegamenti per accedere all'interfaccia dei dettagli.
- c) Panoramica dell'AGC, che mostra i parametri principali, come lo stato in tempo reale dell'AGC e la tensione, e fornisce collegamenti per accedere all'interfaccia dei dettagli. d) Panoramica di altre apparecchiature come i contatori di energia elettrica, che mostra agli utenti lo stato di funzionamento dei contatori di energia elettrica, delle apparecchiature di stringa, delle torri di misurazione del vento, delle torri di misurazione della luce e di altre apparecchiature, e fornisce collegamenti per accedere all'interfaccia dei dettagli.
- d) Interrogazione rapida degli allarmi della stazione, che supporta l'interrogazione degli allarmi dei tifoni e l'interrogazione degli allarmi storici della stazione.

Il sistema di gestione dell'energia del parco eolico è responsabile di seguire in modo efficiente il dispacciamento della rete, i sistemi di distribuzione dell'energia o i comandi di controllo della potenza attiva emessi localmente. Le principali istruzioni di controllo del sistema di gestione dell'energia su SCADA comprendono l'apertura/chiusura del controllo automatico della potenza attiva, l'impostazione del valore target locale della potenza attiva, l'apertura e la chiusura della catena di sicurezza virtuale, il controllo dello stato di accensione/spengimento dell'AGC; l'accensione indica il controllo della potenza attiva per ricevere le istruzioni di programmazione, mentre lo spegnimento significa l'utilizzo del valore target impostato manualmente per entrare nella regolazione della potenza attiva.

3.17 Torre

Le torri degli aerogeneratori saranno in acciaio, con altezza da definire in base alle dimensioni effettive delle macchine. La forma tronco-conica viene realizzata in acciaio e divisa in più sezioni, ospitante all'interno della struttura materiali elettrici per la trasmissione dell'energia, dispositivi di sicurezza (illuminazione, estintori), strutture interne secondarie come piattaforme, scale, dispositivi di protezione anticaduta, montacarichi che rendono possibile l'accessibilità e le attività di manutenzione ordinaria e straordinaria sulla componentistica.

La porta d'ingresso della torre corrisponde al quadro di controllo degli interruttori, corrispondente anche con la localizzazione dell'ascensore. La torre è dotata di scale di risalita e di dispositivi di protezione anticaduta ed è dotata di un ascensore per 2 persone con un carico di 350 kg. L'ascensore può passare direttamente dalla piattaforma del primo piano, dove si trova la porta della torre, alla piattaforma superiore, il che è comodo per il funzionamento e la manutenzione. Nella torre sono presenti piattaforme per il riposo e ogni segmento è dotato di una piattaforma interna di illuminazione. La piattaforma superiore è dotata di una scala per accedere alla cabina e l'interno della torre e della cabina sono dotati di luci.

3.18 Sistema HSE

Al fine di garantire la sicurezza operativa del personale e i corridoi di fuga del personale in caso di incendio o altro incidente nell'unità, le attrezzature di sicurezza per garantire la sicurezza operativa e l'intervento di emergenza del personale sono le seguenti:

- a) Garantire la sicurezza dei lavoratori:
 - 1) Dispositivi di protezione individuale, tra cui caschi, scarpe di sicurezza, abbigliamento di sicurezza, guanti di protezione, occhiali di protezione, tappi per le orecchie, ecc.
 - 2) Dispositivi personali di prevenzione delle cadute, compresi punti di sospensione, recinzioni di sicurezza, dispositivi anticaduta, indumenti di sicurezza, corde di sicurezza, differenziali di velocità, ecc.
- b) Garantire le attrezzature di emergenza del personale:
 - 1) Attrezzature per la fuga in alta quota, tra cui punti di sospensione, recinzioni di sicurezza, dispositivi di sicurezza, dispositivi di fuga, ecc.;
 - 2) Antincendio della piattaforma offshore, tra cui estintori, sistemi antincendio automatici, ecc.;
 - 3) Primo soccorso in mare, tra cui kit di primo soccorso;
 - 4) *Liferaft* in mare, cabina di sopravvivenza

I dispositivi di protezione individuale, tra cui caschi, scarpe di sicurezza, indumenti di sicurezza, guanti di protezione, scarpe protettive, occhiali, tappi per le orecchie, ecc. devono avere tre certificati e un marchio. I tre certificati e un marchio sono: licenza di produzione, certificato di qualificazione del prodotto, certificato di identificazione di sicurezza e marchio di sicurezza.

I punti di sospensione di sicurezza si dividono in punti di sospensione limite e punti di fuga; la loro progettazione segue l'ordine di progettazione industriale (parapetto di sicurezza), progettazione limite (punti di sospensione limite) e punti di sospensione anticaduta.

Tutti i punti di fuga saranno progettati per essere utilizzati da un massimo di due persone. La progettazione del punto di ancoraggio di sicurezza deve essere conforme ai requisiti pertinenti della norma EN 50308; la progettazione e la certificazione del corpo del punto di ancoraggio di sicurezza devono essere conformi ai requisiti pertinenti della norma ANSI/ASSP Z359.1 e della norma EN 795.

I kit di pronto soccorso per il trattamento delle ferite e la medicazione di primo soccorso sono disposti sulla piattaforma della porta della torre. I kit di primo soccorso contengono principalmente materiali per la sterilizzazione, protezioni di sicurezza, trattamento delle ferite, attrezzature per la fisioterapia, ecc.

Con gli aerogeneratori lontani dalla costa, se si verificano improvvisi cambiamenti meteorologici (velocità del vento elevata, onde troppo grandi) e il personale non può tornare a terra in barca e deve rimanere all'interno della turbina eolica durante la notte, è quindi necessario prevedere un luogo di riposo per il personale, la cabina di sopravvivenza.

La cabina di sopravvivenza è installata sulla piattaforma esterna alla base della torre. Dotata di aria condizionata, riscaldamento elettrico, servizi igienici e lavabo, il letto di riposo può soddisfare almeno 3 persone per il riposo notturno.

La cabina di sopravvivenza dovrà essere in grado di garantire che non sarà danneggiata sotto la velocità del vento di 57m/s, con protezione antincendio, anti-corrosione, e protezione dal rumore per soddisfare la normale vita delle persone, considerata per sopravvivere per 7 giorni con cibo e acqua, e un kit medico di base. Allo stesso tempo, è dotata di salvagente, segnale di fumo di soccorso, torcia subacquea, barella e altre attrezzature per il salvataggio del personale.

3.19 Sistema antincendio

Il sistema di protezione antincendio dell'unità adotta rilevatori di fumo, rilevatori di temperatura e altri dispositivi di allarme per prevenire e controllare ogni potenziale punto di incendio, e adotta un dispositivo di estinzione automatica ad aria compressa e un dispositivo di estinzione automatica a polvere secca ultra-fine, per ottenere una protezione antincendio totale per ogni area di protezione. Il sistema è composto da tre parti: sistema di allarme antincendio, parte del dispositivo di estinzione, parte del software di monitoraggio.

Monitoraggio in tempo reale dello stato di protezione antincendio dei ventilatori remoti attraverso un sistema di monitoraggio antincendio centrale indipendente o integrato, e gestione di varie informazioni (allarme, guasto, reset, ecc.). Quando la gestione degli incendi di emergenza viene effettuata nel centro di controllo del parco eolico, il dispositivo antincendio dell'unità può anche essere attivato manualmente attraverso la piattaforma di monitoraggio.

3.20 Sistema di manutenzione

Il paranco di sollevamento è utilizzato principalmente per sollevare le parti all'interno e all'esterno della cabina ad un'altezza specifica. Il modulo di manutenzione è composto da un modulo di sollevamento e da un modulo ausiliario di sollevamento della cabina.

Il paranco della cabina comprende un modulo di sollevamento della cabina e un modulo di sollevamento ausiliario della cabina, utilizzati principalmente per la manutenzione della componentistica, come i dispositivi di beccheggio, gli azionamenti di imbardata e i radiatori, il motore di raffreddamento, etc.

La torre sarà dotata di una gru per la manutenzione, utilizzata per trasportare in sicurezza i pezzi di ricambio dell'unità tra il deck della nave e la piattaforma esterna della torre.

Il funzionamento della gru può essere controllato anche a distanza.

3.20.1 Sistema di lubrificazione

Le macchine saranno dotate di sistemi di lubrificazione indipendenti per la superficie del dente del pitch, la pista del cuscinetto di pitch, il cuscinetto d'imbardata e il cuscinetto principale; il volume totale del serbatoio di carburante dovrà soddisfare i requisiti di ingrassaggio per 12 mesi.

Il sistema di lubrificazione adotterà un sistema di ingrassaggio automatico sviluppato appositamente per le unità offshore il quale utilizza grasso a basso tasso di separazione dell'olio per evitare il rischio di intasamento;

allo stesso tempo, è dotato di una funzione di allarme, in grado di monitorare il blocco di qualsiasi punto di lubrificazione e il livello dell'olio della pompa di lubrificazione.

Il sistema di lubrificazione dell'imbardata, così come il sistema di lubrificazione del pitch ed il sistema di cuscinetto principale del generatore, sono costituiti da una pompa di lubrificazione, un distributore, una tubazione di lubrificazione, ecc. e viene utilizzato per la lubrificazione del cuscinetto dell'imbardata e della superficie del dente.

3.21 Sistema di videosorveglianza

Le macchine saranno dotate di un sistema di monitoraggio video per il controllo degli accessi.

Il sistema di monitoraggio video è utilizzato principalmente per monitorare il funzionamento della produzione di energia del parco eolico in tempo reale e fornire al personale in servizio la possibilità di controllare il funzionamento delle apparecchiature elettromeccaniche per poter ottenere informazioni complete sullo stato di operatività.

Il controllo della posizione meccanica, rilevamenti di fumo, o altre informazioni che non possono essere fornite dal sistema di monitoraggio computerizzato, fornire il servizio di archiviazione video in background per un'analisi accurata e affidabile degli incidenti e dei guasti alle apparecchiature può semplificare la manutenzione e la riparazione delle apparecchiature.

Il sistema di videosorveglianza è collegato in rete separatamente e fisicamente isolato dalla rete di comunicazione del fan.

Un set di telecamere è posizionato all'esterno ai piedi della torre, utilizzato per monitorare le condizioni video circostanti e le condizioni di accesso del personale. Un altro set di telecamere sarà posizionato nella navicella utilizzato per monitorare le condizioni delle apparecchiature.

3.22 Certificazioni

Il certificato CE dovrà essere fornito a supporto della dichiarazione di conformità UE/CE, se necessario. Nel frattempo, la progettazione dell'aerogeneratore seguirà una serie di standard per garantire che i prodotti abbiano una capacità sufficiente per raggiungere gli obiettivi del Progetto.

Al fine di gestire al meglio la pianificazione del progetto e creare una comunicazione più efficiente, il Fornitore è pregato di fornire informazioni sui relativi certificati e conformità agli standard di progettazione.

Dichiarazione di conformità UE/CE per l'intero aerogeneratore, le principali direttive di riferimento sono:

- **MD 2006/42/EC** - The health and safety requirements for the design and construction of machinery at EU level to the primarily protection of persons
- **EMCD 2014/30/EU** - Regulates the electromagnetic compatibility of equipment apparatus and fixed installations
- **LVD 2014/35/EU** - Low Voltage Directive

- **PED 2014/68/EU** - Guidance of the design, manufacturing and conformity assessment of pressure equipment
- **PPE Regulation (EU) n. 2016/425** - Personal protective equipment requirements. All declarations of conformity to the above directives should be supported with the CE certificate of entire wind turbine.

Gli standard di progettazione devono essere applicati nell'intero processo di progettazione, elencati di seguito:

- **IEC 61400 series** - Wind turbine design requirements
- **ISO 17631** - Ships and marine technology
- **ISO 19353** - Safety of machinery — Fire prevention and fire protection
- **ISO 19900** - General requirements for offshore structures
- **ISO 19901-1** - Petroleum and natural gas industries — Specific requirements for offshore structures — Part 1: Metocean design and operating considerations
- **ISO 19901-2** - Petroleum and natural gas industries – Specific requirements for offshore structures – Part 2: Seismic design procedures and criteria
- **ISO 19902** - Petroleum and Natural Gas Industries – Fixed Steel Offshore Structures
- **ISO 20340** - Paints and varnishes
- **EN 12495** - Corrosion Protection of Fixed Offshore Structures
- **EN 1090-1** - Execution of steel structures and aluminium structures – Part 1: Requirements for conformity assessment of structural components
- **EN 50308** - Wind Turbines – Protective measures – Requirements for design, operation and maintenance
- **DNV-OS-J101** - Design of offshore wind turbine structures
- **DNVGL-ST-0361** - Machinery for wind turbines



APPENDICE B – VERNICI UTILIZZATE PER AEROGENERATORI

La consultazione di questa appendice è riservata ai soli enti pubblici autorizzati.



APPENDICE C – ASSEVERAZIONI PER IMPIANTO DI IDROGENO

Appendice C.1 – Impianto elettrolisi e ausiliari

La consultazione di questa appendice è riservata ai soli enti pubblici autorizzati.



Appendice C.2 – Impianto di compressione

La consultazione di questa appendice è riservata ai soli enti pubblici autorizzati.



Appendice C.3 – Impianto di stoccaggio

La consultazione di questa appendice è riservata ai soli enti pubblici autorizzati.



APPENDICE D – RAPPORTO DI PROVA SULLA QUALITÀ DELLE ACQUE

RAPPORTO DI PROVA N° 23LA05406

Data di emissione **06/10/2023**

Servizio Fonti Ravenna

Via Basette, 3
48123 - Ravenna RA

Descrizione Campione

201 - Potabilizzatore NIP

Campionamento e informazioni fornite (procedura e modalità di campionamento, tipologia di controllo e analisi in campo) a cura del cliente interno.

Tipologia: **Acqua Destinata al consumo umano**

Campionamento: **23CP01332**

Campionamento effettuato da: **Daniele Tarlazzi Romagna Acque S.P.A.**

Data campionamento: **05/09/2023**

Risultati delle prove

Data Accettazione: **05/09/2023**

Data Inizio Analisi: **05/09/2023**

Data Fine Analisi: **08/09/2023**

Parametro Metodo di prova	Valore	Incertezza di misura	Unità di Misura	Limite Normativo (#) Min - Max	Lab
* Cloro residuo libero (a campo) C Rapporti ISTISAN 2007/31 ISS BHD033	0.21		mg/L Cl ₂		
* Temperatura (a campo) C UNI 10500:1996	25.9		°C		
* Torbidità (a campo) C UNI EN ISO 7027:2003	0.2		N.T.U.	1.0	
Conducibilità elettrica specifica a 20°C Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 55 Met ISS BDA022	558	± 56	µS/cm	2500	A
* Alcalinità totale UNI EN ISO 9963-1:1998	178		mg/L CaCO ₃		A
* Bicarbonati UNI EN ISO 9963-1:1998	217		mg/L HCO ₃		A
pH Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 68 Met ISS BCA 023	7.7	± 0.2	unità pH	6.5 9.5	A
Sodio Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 121 Met ISS CBB038	30	± 5	mg/L Na	200	A
Ammonio APAT CNR IRSA 3030 Man 29 2003	< 0.05		mg/L NH ₄	0.50	A
Potassio Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 121 Met ISS CBB038	8.2	± 1.6	mg/L K		A
Magnesio Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 121 Met ISS CBB038	19	± 3	mg/L Mg		A

I risultati contenuti nel presente rapporto di prova sono riferiti esclusivamente al campione sottoposto a prova/e. E' vietata la riproduzione parziale del presente rapporto, salvo autorizzazione scritta di Romagna Acque - Società delle Fonti S.p.A.

Pagina 1 di 5

REV 7 - 01/03/2023

Romagna Acque - Società delle Fonti S.p.A.
Piazza Orsi Mangelli, 10 - 47122 Forlì (FC)
Tel. 0543 38411
Fax. 0543 38400

Reg. Imprese n. 00337870406
Capitale Sociale int. vers. € 375.442.520,90
C.F. e P.IVA 00337870406

Sede Laboratori
Via Basette, 3
A 48123 Ravenna (RA)
Tel. 0543 974436

Via Isola-Capaccio, 77
B 47018 S. Sofia (FC)
Tel. 0543 974437

www.romagnacque.it

e-mail mail@romagnacque.it
PEC mail@pec.romagnacque.it

Segue Rapporto di prova n° **23LA05406**

201 - Potabilizzatore NIP

Parametro Metodo di prova	Valore	Incertezza di misura	Unità di Misura	Limite Normativo (#) Min - Max	Lab
Calcio Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 121 Met ISS CBB038	65	± 10	mg/L Ca		A
Durezza totale (da calcolo) Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 121 Met ISS CBB038	24	± 4	°F		A
* Residuo fisso a 180°C (da calcolo) APAT CNR IRSA 2090 A Man 29 2003	391		mg/L		A
* Indice di aggressività Per Calcolo	12.2				A
Fluoruro UNI EN ISO 10304-1:2009	0.1	± 0.0	mg/L F	1.5	A
Clorito UNI EN ISO 10304-4:2022	0.21	± 0.06	mg/L ClO ₂	0.70	A
* Bromato Rapporti ISTISAN 2007/31 ISS BFA032	< 3		µg/L BrO ₃	10	A
Cloruro UNI EN ISO 10304-1:2009	52	± 7	mg/L Cl	250	A
Nitrito UNI EN ISO 10304-1:2009	< 0.04		mg/L NO ₂	0.10	A
Clorato UNI EN ISO 10304-4:2022	0.61	± 0.12	mg/L ClO ₃	0.70	A
* Bromuri UNI EN ISO 10304-1:2009	86		µg/L Br-		A
Nitrato UNI EN ISO 10304-1:2009	6.7	± 0.9	mg/L NO ₃	50	A
* Fosfato UNI EN ISO 10304-1:2009	< 0.5		mg/L PO ₄		A
Solfato UNI EN ISO 10304-1:2009	57	± 7	mg/L SO ₄	250	A
T.O.C. (Carbonio Organico Totale) Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 107 Met ISS BIA029	0.89	± 0.13	mg/L C		A
Triometani totali (da calcolo) Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 164 ISS CAA036	12	± 3	µg/L	30	A
Cloroformio Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 164 ISS CAA036	3.9	± 1.6	µg/L		A
Bromodichlorometano Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 164 ISS CAA036	4.9	± 2.0	µg/L		A

I risultati contenuti nel presente rapporto di prova sono riferiti esclusivamente al campione sottoposto a prova/e. E' vietata la riproduzione parziale del presente rapporto, salvo autorizzazione scritta di Romagna Acque - Società delle Fonti S.p.A.

Pagina 2 di 5

REV 7 - 01/03/2023

Romagna Acque - Società delle Fonti S.p.A.
Piazza Orsi Mangelli, 10 - 47122 Forlì (FC)
Tel. 0543 38411
Fax. 0543 38400

Reg. Imprese n. 00337870406
Capitale Sociale int. vers. € 375.442.520,90
C.F. e P.IVA 00337870406

Sede Laboratori
Via Bassette, 3
A 48123 Ravenna (RA)
Tel. 0543 974436

Via Isola-Capaccio, 77
B 47018 S. Sofia (FC)
Tel. 0543 974437

www.romagnacque.it
e-mail mail@romagnacque.it
PEC mail@pec.romagnacque.it

Segue Rapporto di prova n° **23LA05406**

201 - Potabilizzatore NIP

Parametro Metodo di prova	Valore	Incertezza di misura	Unità di Misura	Limite Normativo (#) Min - Max	Lab
Dibromoclorometano Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 164 ISS CAA036	3.1	± 1.2	µg/L		A
Bromoformio Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 164 ISS CAA036	< 1		µg/L		A
Tetracloroetilene+Tricloroetilene Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 164 ISS CAA036	< 1		µg/L		A
Tetracloroetilene Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 164 ISS CAA036	< 1		µg/L		A
Tricloroetilene Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 164 ISS CAA036	< 1		µg/L		A
1,2-dicloroetano Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 164 ISS CAA036	< 0.5		µg/L	3.0	A
Benzene Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 187 ISS CAD004	< 0.1		µg/L	1.0	A
Ferro UNI EN ISO 17294-2:2016	< 15		µg/L Fe	200	B
Manganese UNI EN ISO 17294-2:2016	< 5		µg/L Mn	50	B
Alluminio UNI EN ISO 17294-2:2016	78	± 23	µg/L Al	200	B
Antimonio UNI EN ISO 17294-2:2016	< 1		µg/L Sb	10	B
Arsenico UNI EN ISO 17294-2:2016	< 1		µg/L As	10	B
Bario UNI EN ISO 17294-2:2016	48	± 12	µg/L Ba		B
Boro UNI EN ISO 17294-2:2016	< 0.1	± 0.0	mg/L B	1.5	B
Cadmio UNI EN ISO 17294-2:2016	< 1.0		µg/L Cd	5.0	B
Cromo Totale UNI EN ISO 17294-2:2016	< 5		µg/L Cr	25	B
Cobalto UNI EN ISO 17294-2:2016	< 5		µg/L Co		B
Nichel UNI EN ISO 17294-2:2016	< 5		µg/L Ni	20	B

I risultati contenuti nel presente rapporto di prova sono riferiti esclusivamente al campione sottoposto a prova/e. E' vietata la riproduzione parziale del presente rapporto, salvo autorizzazione scritta di Romagna Acque - Società delle Fonti S.p.A.

Pagina 3 di 5

REV 7 - 01/03/2023

Romagna Acque - Società delle Fonti S.p.A.
Piazza Orsi Mangelli, 10 - 47122 Forlì (FC)
Tel. 0543 38411
Fax. 0543 38400

Reg. Imprese n. 00337870406
Capitale Sociale int. vers. € 375.442.520,90
C.F. e P.IVA 00337870406

Sede Laboratori
Via Bassette, 3
A 48123 Ravenna (RA)
Tel. 0543 974436

Via Isola-Capaccio, 77
B 47018 S. Sofia (FC)
Tel. 0543 974437

www.romagnacque.it

e-mail mail@romagnacque.it
PEC mail@pec.romagnacque.it

Segue Rapporto di prova n° **23LA05406**

201 - Potabilizzatore NIP

Parametro Metodo di prova	Valore	Incertezza di misura	Unità di Misura	Limite Normativo (#) Min - Max	Lab
Piombo UNI EN ISO 17294-2:2016	< 1.0		µg/L Pb	5.0	B
Rame UNI EN ISO 17294-2:2016	< 0.1		mg/L Cu	2.0	B
Selenio UNI EN ISO 17294-2:2016	< 3		µg/L Se	20	B
Vanadio UNI EN ISO 17294-2:2016	< 5		µg/L V	140	B
Zinco UNI EN ISO 17294-2:2016	< 15		µg/L Zn		B
Batteri coliformi UNI EN ISO 9308-2:2014	< 1		MPN/100 mL	0	A
Escherichia coli UNI EN ISO 9308-2:2014	< 1		MPN/100 mL	0	A
Enterococchi Intestinali su Acque Trattate AFNOR IDX 33/03 - 10/13	< 1		MPN/100 mL	0	A
Microrganismi Vitali a 22 °C UNI EN ISO 6222:2001	1	Microrganismi presenti ma inferiori di 3	UFC/mL		A
* Clostridium perfringens Rapporti ISTISAN 2007/05 pag 51 Met ISS A005B	0		UFC/100 mL	0	A

In caso di campionamento effettuato dal cliente/committente i risultati del presente RdP si riferiscono al campione così come ricevuto.
Per le informazioni fornite dal cliente il Laboratorio declina ogni responsabilità.
L'incertezza estesa viene calcolata con un livello di fiducia del 95% e fattore di copertura 2.
Per i parametri espressi come somma di analiti è stato utilizzato l'approccio lower bound.
I risultati riportati come < "valore numerico", si intendono inferiori al Limite di Quantificazione (LOQ).
■ = Il simbolo indica che il valore puntuale riscontrato è superiore al limite normativo indicato.
C = Informazioni / analisi eseguite / fornite dal cliente

Il recupero per i parametri Trialometani totale, Benzene, Tricloroetilene, Tetracloroetilene, 1,2-Dicloroetano, quando presenti, è compreso tra 85% e 105% per il singolo analita. Il valore del recupero non è utilizzato nell'attribuzione del risultato.

La colonna "Lab / n° Accred." riporta l'indicazione del laboratorio che ha eseguito la determinazione, qualora esterno e accreditato, compare il corrispondente numero di accreditamento ACCREDIA.

A = sede di Ravenna, B = sede di Capaccio

Opinioni, commenti, osservazioni ed interpretazioni non sono oggetto di accreditamento ACCREDIA.

(#): D.Lgs. 18/2023

(*): prova non accreditata ACCREDIA.

Fine del rapporto di prova n° **23LA05406**

I risultati contenuti nel presente rapporto di prova sono riferiti esclusivamente al campione sottoposto a prova/e. E' vietata la riproduzione parziale del presente rapporto, salvo autorizzazione scritta di Romagna Acque - Società delle Fonti S.p.A.

Pagina 4 di 5

REV 7 - 01/03/2023

Segue Rapporto di prova n° **23LA05406**

201 - Potabilizzatore NIP

Rapporto di Prova firmato digitalmente.

Il Responsabile del Laboratorio

Dott. Chim. Ivo Vasumini, n° di iscrizione 1685 Sez. A

Ordine Interprovinciale dei Chimici e dei Fisici dell'Emilia-Romagna

I risultati contenuti nel presente rapporto di prova sono riferiti esclusivamente al campione sottoposto a prova/e. E' vietata la riproduzione parziale del presente rapporto, salvo autorizzazione scritta di Romagna Acque - Società delle Fonti S.p.A.

Pagina 5 di 5

REV 7 - 01/03/2023

Romagna Acque - Società delle Fonti S.p.A.
Piazza Orsi Mangelli, 10 - 47122 Forlì (FC)
Tel. 0543 38411
Fax. 0543 38400

Reg. Imprese n. 00337870406
Capitale Sociale int. vers. € 375.442.520,90
C.F. e P.IVA 00337870406

Sede Laboratori
Via Bassette, 3
A 48123 Ravenna (RA)
Tel. 0543 974436

Via Isola-Capaccio, 77
B 47018 S. Sofia (FC)
Tel. 0543 974437

www.romagnacque.it
e-mail mail@romagnacque.it
PEC mail@pec.romagnacque.it

RAPPORTO DI PROVA N° 23LA06139

Data di emissione **25/10/2023**

Servizio Fonti Ravenna

Via Basette, 3
48123 - Ravenna RA

Descrizione Campione

201 - Potabilizzatore NIP

Campionamento e informazioni fornite (procedura e modalità di campionamento, tipologia di controllo e analisi in campo) a cura del cliente interno.

Tipologia: **Acqua Destinata al consumo umano**

Campionamento: **23CP01560**

Campionamento effettuato da: **Giovanni Rusticali Romagna Acque S.P.A.**

Data campionamento: **03/10/2023**

Risultati delle prove

Data Accettazione: **03/10/2023**

Data Inizio Analisi: **03/10/2023**

Data Fine Analisi: **09/10/2023**

Parametro Metodo di prova	Valore	Incertezza di misura	Unità di Misura	Limite Normativo (#) Min - Max	Lab
* Cloro residuo libero (a campo) C Rapporti ISTISAN 2007/31 ISS BHD033	0.20		mg/L Cl2		
* Temperatura (a campo) C UNI 10500:1996	21.5		°C		
Conducibilità elettrica specifica a 20°C Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 55 Met ISS BDA022	581	± 58	µS/cm	2500	A
* Alcalinità totale UNI EN ISO 9963-1:1998	163		mg/L CaCO3		A
* Bicarbonati UNI EN ISO 9963-1:1998	199		mg/L HCO3		A
pH Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 68 Met ISS BCA 023	7.7	± 0.2	unità pH	6.5 9.5	A
Sodio Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 121 Met ISS CBB038	34	± 5	mg/L Na	200	A
Ammonio APAT CNR IRSA 3030 Man 29 2003	< 0.05		mg/L NH4	0.50	A
Potassio Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 121 Met ISS CBB038	13.0	± 2.6	mg/L K		A
Magnesio Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 121 Met ISS CBB038	14	± 2	mg/L Mg		A
Calcio Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 121 Met ISS CBB038	66	± 10	mg/L Ca		A

I risultati contenuti nel presente rapporto di prova sono riferiti esclusivamente al campione sottoposto a prova/e. E' vietata la riproduzione parziale del presente rapporto, salvo autorizzazione scritta di Romagna Acque - Società delle Fonti S.p.A.

Pagina 1 di 5

REV 7 - 01/03/2023

Romagna Acque - Società delle Fonti S.p.A.
Piazza Orsi Mangelli, 10 - 47122 Forlì (FC)
Tel. 0543 38411
Fax. 0543 38400

Reg. Imprese n. 00337870406
Capitale Sociale int. vers. € 375.442.520,90
C.F. e P.IVA 00337870406

Sede Laboratori
Via Basette, 3
A 48123 Ravenna (RA)
Tel. 0543 974436

Via Isola-Capaccio, 77
B 47018 S. Sofia (FC)
Tel. 0543 974437

www.romagnacque.it

e-mail mail@romagnacque.it
PEC mail@pec.romagnacque.it

Segue Rapporto di prova n° **23LA06139**

201 - Potabilizzatore NIP

Parametro Metodo di prova	Valore	Incertezza di misura	Unità di Misura	Limite Normativo (#) Min - Max	Lab
Durezza totale (da calcolo) <small>Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 121 Met ISS CBB038</small>	22	± 3	°F		A
* Residuo fisso a 180°C (da calcolo) <small>APAT CNR IRSA 2090 A Man 29 2003</small>	406		mg/L		A
* Indice di aggressività <small>Per Calcolo</small>	12.1				A
Fluoruro <small>UNI EN ISO 10304-1:2009</small>	< 0.1		mg/L F	1.5	A
Clorito <small>UNI EN ISO 10304-4:2022</small>	0.17	± 0.05	mg/L ClO ₂	0.70	A
* Bromato <small>Rapporti ISTISAN 2007/31 ISS BFA032</small>	< 3		µg/L BrO ₃	10	A
Cloruro <small>UNI EN ISO 10304-1:2009</small>	57	± 7	mg/L Cl	250	A
Nitrito <small>UNI EN ISO 10304-1:2009</small>	< 0.04		mg/L NO ₂	0.10	A
Clorato <small>UNI EN ISO 10304-4:2022</small>	0.58	± 0.11	mg/L ClO ₃	0.70	A
* Bromuri <small>UNI EN ISO 10304-1:2009</small>	169		µg/L Br-		A
Nitrato <small>UNI EN ISO 10304-1:2009</small>	8.7	± 1.1	mg/L NO ₃	50	A
* Fosfato <small>UNI EN ISO 10304-1:2009</small>	< 0.5		mg/L PO ₄		A
Solfato <small>UNI EN ISO 10304-1:2009</small>	60	± 8	mg/L SO ₄	250	A
T.O.C. (Carbonio Organico Totale) <small>Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 107 Met ISS BIA029</small>	0.87	± 0.13	mg/L C		A
Triometani totali (da calcolo) <small>Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 164 ISS CAA036</small>	8	± 2	µg/L	30	A
Cloroformio <small>Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 164 ISS CAA036</small>	2.6	± 1.0	µg/L		A
Bromodichlorometano <small>Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 164 ISS CAA036</small>	3.6	± 1.4	µg/L		A
Dibromoclorometano <small>Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 164 ISS CAA036</small>	2.2	± 0.9	µg/L		A

I risultati contenuti nel presente rapporto di prova sono riferiti esclusivamente al campione sottoposto a prova/e. E' vietata la riproduzione parziale del presente rapporto, salvo autorizzazione scritta di Romagna Acque - Società delle Fonti S.p.A.

Pagina 2 di 5

REV 7 - 01/03/2023

Romagna Acque - Società delle Fonti S.p.A.
Piazza Orsi Mangelli, 10 - 47122 Forlì (FC)
Tel. 0543 38411
Fax. 0543 38400

Reg. Imprese n. 00337870406
Capitale Sociale int. vers. € 375.442.520,90
C.F. e P.IVA 00337870406

Sede Laboratori
Via Bassette, 3
A 48123 Ravenna (RA)
Tel. 0543 974436

Via Isola-Capaccio, 77
B 47018 S. Sofia (FC)
Tel. 0543 974437

www.romagnacque.it
e-mail mail@romagnacque.it
PEC mail@pec.romagnacque.it

Segue Rapporto di prova n° **23LA06139**

201 - Potabilizzatore NIP

Parametro Metodo di prova	Valore	Incertezza di misura	Unità di Misura	Limite Normativo (#) Min - Max	Lab
Bromoformio Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 164 ISS CAA036	< 1		µg/L		A
Tetracloroetilene+Tricloroetilene Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 164 ISS CAA036	< 1		µg/L		A
Tetracloroetilene Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 164 ISS CAA036	< 1		µg/L		A
Tricloroetilene Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 164 ISS CAA036	< 1		µg/L		A
1,2-dicloroetano Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 164 ISS CAA036	< 0.5		µg/L	3.0	A
Benzene Rapporti ISTISAN 2007/31 pag 187 ISS CAD004	< 0.1		µg/L	1.0	A
Ferro UNI EN ISO 17294-2:2016	< 15		µg/L Fe	200	B
Manganese UNI EN ISO 17294-2:2016	< 5		µg/L Mn	50	B
Alluminio UNI EN ISO 17294-2:2016	37	± 15	µg/L Al	200	B
Antimonio UNI EN ISO 17294-2:2016	< 1		µg/L Sb	10	B
Arsenico UNI EN ISO 17294-2:2016	< 1		µg/L As	10	B
Bario UNI EN ISO 17294-2:2016	43	± 11	µg/L Ba		B
Boro UNI EN ISO 17294-2:2016	< 0.1		mg/L B	1.5	B
Cadmio UNI EN ISO 17294-2:2016	< 1.0		µg/L Cd	5.0	B
Cromo Totale UNI EN ISO 17294-2:2016	< 5		µg/L Cr	25	B
Cobalto UNI EN ISO 17294-2:2016	< 5		µg/L Co		B
Nichel UNI EN ISO 17294-2:2016	< 5		µg/L Ni	20	B
Piombo UNI EN ISO 17294-2:2016	< 1.0		µg/L Pb	5.0	B

I risultati contenuti nel presente rapporto di prova sono riferiti esclusivamente al campione sottoposto a prova/e. E' vietata la riproduzione parziale del presente rapporto, salvo autorizzazione scritta di Romagna Acque - Società delle Fonti S.p.A.

Pagina 3 di 5

REV 7 - 01/03/2023

Romagna Acque - Società delle Fonti S.p.A.
Piazza Orsi Mangelli, 10 - 47122 Forlì (FC)
Tel. 0543 38411
Fax. 0543 38400

Reg. Imprese n. 00337870406
Capitale Sociale int. vers. € 375.442.520,90
C.F. e P.IVA 00337870406

Sede Laboratori
Via Bassette, 3
A 48123 Ravenna (RA)
Tel. 0543 974436

Via Isola-Capaccio, 77
B 47018 S. Sofia (FC)
Tel. 0543 974437

www.romagnacque.it
e-mail mail@romagnacque.it
PEC mail@pec.romagnacque.it

Segue Rapporto di prova n° **23LA06139**

201 - Potabilizzatore NIP

Parametro Metodo di prova	Valore	Incertezza di misura	Unità di Misura	Limite Normativo (#) Min - Max	Lab
Rame UNI EN ISO 17294-2:2016	< 0.1		mg/L Cu	2.0	B
Selenio UNI EN ISO 17294-2:2016	< 3		µg/L Se	20	B
Vanadio UNI EN ISO 17294-2:2016	< 5		µg/L V	140	B
Zinco UNI EN ISO 17294-2:2016	< 15		µg/L Zn		B
Batteri coliformi UNI EN ISO 9308-2:2014	< 1		MPN/100 mL	0	A
Escherichia coli UNI EN ISO 9308-2:2014	< 1		MPN/100 mL	0	A
Enterococchi Intestinali su Acque Trattate AFNOR IDX 33/03 - 10/13	< 1		MPN/100 mL	0	A
Microrganismi Vitali a 22 °C UNI EN ISO 6222:2001	1	Microrganismi presenti ma inferiori di 3	UFC/mL		A
* Clostridium perfringens Rapporti ISTISAN 2007/05 pag 51 Met ISS A005B	0		UFC/100 mL	0	A

In caso di campionamento effettuato dal cliente/committente i risultati del presente RdP si riferiscono al campione così come ricevuto.

Per le informazioni fornite dal cliente il Laboratorio declina ogni responsabilità.

L'incertezza estesa viene calcolata con un livello di fiducia del 95% e fattore di copertura 2.

Per i parametri espressi come somma di analiti è stato utilizzato l'approccio lower bound.

I risultati riportati come < "valore numerico", si intendono inferiori al Limite di Quantificazione (LOQ).

■ = Il simbolo indica che il valore puntuale riscontrato è superiore al limite normativo indicato.

C = Informazioni / analisi eseguite / fornite dal cliente

Il recupero per i parametri Trialometani totale, Benzene, Tricloroetilene, Tetracloroetilene, 1,2-Dicloroetano, quando presenti, è compreso tra 85% e 105% per il singolo analita. Il valore del recupero non è utilizzato nell'attribuzione del risultato.

La colonna "Lab / n° Accred." riporta l'indicazione del laboratorio che ha eseguito la determinazione, qualora esterno e accreditato, compare il corrispondente numero di accreditamento ACCREDIA.

A = sede di Ravenna, **B** = sede di Capaccio

Opinioni, commenti, osservazioni ed interpretazioni non sono oggetto di accreditamento ACCREDIA.

(#): D.Lgs. 18/2023

(*): prova non accreditata ACCREDIA.

Fine del rapporto di prova n° **23LA06139**

Rapporto di Prova firmato digitalmente.

I risultati contenuti nel presente rapporto di prova sono riferiti esclusivamente al campione sottoposto a prova/e. E' vietata la riproduzione parziale del presente rapporto, salvo autorizzazione scritta di Romagna Acque - Società delle Fonti S.p.A.

Pagina 4 di 5

REV 7 - 01/03/2023

Romagna Acque - Società delle Fonti S.p.A.
Piazza Orsi Mangelli, 10 - 47122 Forlì (FC)
Tel. 0543 38411
Fax. 0543 38400

Reg. Imprese n. 00337870406
Capitale Sociale int. vers. € 375.442.520,90
C.F. e P.IVA 00337870406

Sede Laboratori
Via Bassette, 3
A 48123 Ravenna (RA)
Tel. 0543 974436

Via Isola-Capaccio, 77
B 47018 S. Sofia (FC)
Tel. 0543 974437

www.romagnacque.it
e-mail mail@romagnacque.it
PEC mail@pec.romagnacque.it

Segue Rapporto di prova n° **23LA06139**

201 - Potabilizzatore NIP

Il Responsabile del Laboratorio
Dott. Chim. Ivo Vasumini, n° di iscrizione 1685 Sez. A
Ordine Interprovinciale dei Chimici e dei Fisici dell'Emilia-Romagna

I risultati contenuti nel presente rapporto di prova sono riferiti esclusivamente al campione sottoposto a prova/e. E' vietata la riproduzione parziale del presente rapporto, salvo autorizzazione scritta di Romagna Acque - Società delle Fonti S.p.A.

Pagina 5 di 5

REV 7 - 01/03/2023

Romagna Acque - Società delle Fonti S.p.A.
Piazza Orsi Mangelli, 10 - 47122 Forlì (FC)
Tel. 0543 38411
Fax. 0543 38400

Reg. Imprese n. 00337870406
Capitale Sociale int. vers. € 375.442.520,90
C.F. e P.IVA 00337870406

Sede Laboratori
Via Bassette, 3
A 48123 Ravenna (RA)
Tel. 0543 974436

Via Isola-Capaccio, 77
B 47018 S. Sofia (FC)
Tel. 0543 974437

www.romagnacque.it
e-mail mail@romagnacque.it
PEC mail@pec.romagnacque.it



APPENDICE E - INDAGINI E CAMPIONAMENTI DI SAPIR NELL'AREA ARP

La consultazione di questa appendice è riservata ai soli enti pubblici autorizzati.



APPENDICE F – AGGIORNAMENTO CAP. 6.5 DEL SIA VOLUME 2

Si segnala che da un secondo confronto dei dati contenuti nei rapporti di prova con i dati originali riassunti in tabelle Excel presentati dal **Laboratorio Accreditato ALS Italia**, sono emerse alcune incongruenze relativamente al superamento delle soglie limite per IPA e PCB. In particolare, contrariamente a quanto riportato nella precedente versione del Capitolo 6.5 dello SIA Volume 2, nessuna stazione appare superare i valori soglia (L1 e/o L2) per IPA e PCB. In accordo con il Laboratorio, tale incongruenza si dovrebbe ad errore umano.

Si conclude pertanto che la condizione ambientale di base sia migliore di quanto riportato in precedenza, il che ridurrebbe ulteriormente i potenziali impatti discussi al volume 3 dello SIA (documento “AGNROM_SIA-R_SIA-VOLUME3”).

Per completezza, si riporta nella presente appendice il Capitolo 6.5 dello SIA Volume 2 aggiornato in relazione alle incongruenze di cui sopra, e alle richieste/osservazioni pervenute.

6.5 Sedimenti marini

Area di Studio	
Area Vasta: Alto Adriatico occidentale Area di Sito: Opere offshore del progetto + buffer di 200 m	
Elementi chiave Area di Sito	
Caratteristiche dei sedimenti <ul style="list-style-type: none">• La componente di sedimento maggiormente rappresentata entro l'Area di Progetto è il silt. Nell'area più prossima al punto di approdo dell'elettrodotto si osserva una successione di sabbia, sabbia siltosa, sabbia e silt e silt sabbioso, quest'ultimo presente anche nella porzione nord-occidentale del “Parco Romagna 2” in corrispondenza dei depositi di sabbie relitte• 40 stazioni su 44 presentano superamenti dei valori L1• Tutti i campioni, ad eccezione del campione EA_4, risultano conformi per le soglie L2• Per 18 stazioni su 44 le analisi ecotossicologiche hanno rilevato vari gradi di tossicità sulle le specie test (<i>Vibrio fischeri</i>, <i>Dunaliella tertiolecta</i>, <i>Paracentrotus lividus</i>)• Assenza di problematiche relativamente alla microbiologia (<i>Escherichia</i> e <i>Sreptococchi</i>)	
Livello di Sensibilità	



Alto

6.5.1 Metodologia

Le informazioni relative ai sedimenti marini sono state ottenute combinando dati secondari (letteratura scientifica e grigia, di cui l'elenco è disponibile in Bibliografia) con dati primari ottenuti nel corso di una campagna di indagine dedicata eseguita nel mese di luglio 2022, i cui risultati sono disponibili nel capitolo **Error! Reference source not found.** L'Area Vasta corrisponde all'Alto Adriatico occidentale, mentre l'Area di Sito coincide con l'impronta dei campi eolici e dell'elettrodotto marino ai quali è stato aggiunto un buffer di circa 200 metri.

6.5.2 Descrizione della componente

6.5.2.1 Inquadramento bibliografico

I sedimenti marini rappresentano un agglomerato di materiale organico e inorganico, vivente e non, con dimensione e composizione fisica, chimica e biologica variabile. I sedimenti sono costituiti principalmente da particelle di roccia e suolo, trasportate dalle aree terrestri al mare da venti, corsi d'acqua e ghiaccio.

I sedimenti rappresentano un comparto ambientale di importanza strategica, data la loro tendenza ad accumulare contaminanti di varia natura e la capacità di agire da serbatoio o da fonte di contaminazione.

In Adriatico nord-occidentale (**Area Vasta**) la sedimentazione è fortemente condizionata dagli apporti del fiume Po, i cui depositi, prevalentemente fini, vengono distribuiti verso sud (Romano *et al.*, 2016).

Nell'Area Vasta i sedimenti tendono a distribuirsi per fasce batimetriche (Van Straaten, 1965; Brambati *et al.*, 1988) (Figura) con la seguente successione, da costa verso largo:

- Sabbie costiere, che rappresentano la prosecuzione della spiaggia emersa;
- Materiali fini (fascia limosa)
- Sabbia limosa che delimita una zona di transizione;
- Limo sabbioso e limi;
- Sedimenti sabbioso e sabbioso-limosi (sabbie di piattaforma), conosciuti con il termine di "sabbie relitte" in cui la sedimentazione attuale è quasi assente (Stefanon, 1984).

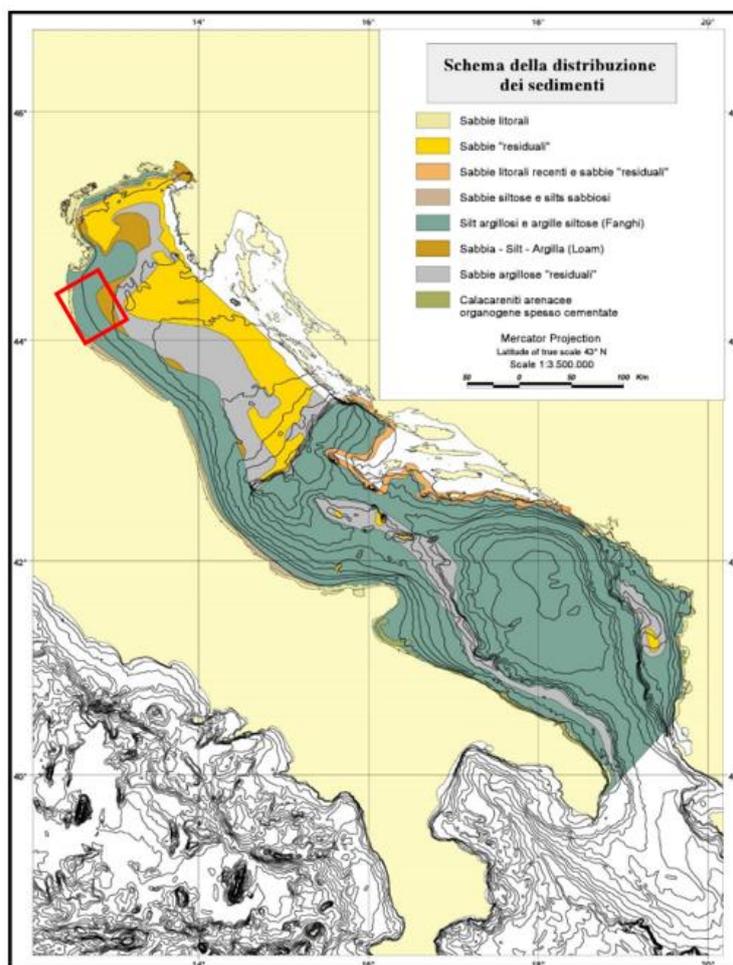


Figura 0.1: Distribuzione dei sedimenti in Adriatico e indicazione dell'Area di Sito (rettangolo rosso) (fonte: Cipriani et al., 2013)

L'Area di Sito ricade in una zona caratterizzata da sedimenti mobili, con una successione in senso terra-largo di sedimenti a granulometria mediamente decrescente: da sabbie, a sabbie pelitiche, a peliti molto sabbiose, a peliti sabbiose fino a peliti¹. Queste ultime costituiscono la componente più rappresentativa dell'Area di Sito

¹ Silt (limo) ed argilla possono essere considerati assieme e definiti Pelite. La componente predominante esprime la tipologia sedimentaria (es. sabbia o pelite), quella secondaria è indicata con l'aggettivazione "sabbioso" o "pelitico". Solamente il sedimento misto con percentuali di sabbia e fango comprese tra il 30 e il 70% prende il nome di "Pelite molto sabbiosa". *Sabbia*: se sabbia > 95 %; *Sabbia pelitica*: con percentuale di sabbia compresa tra 95 e 70 pelite compresa tra

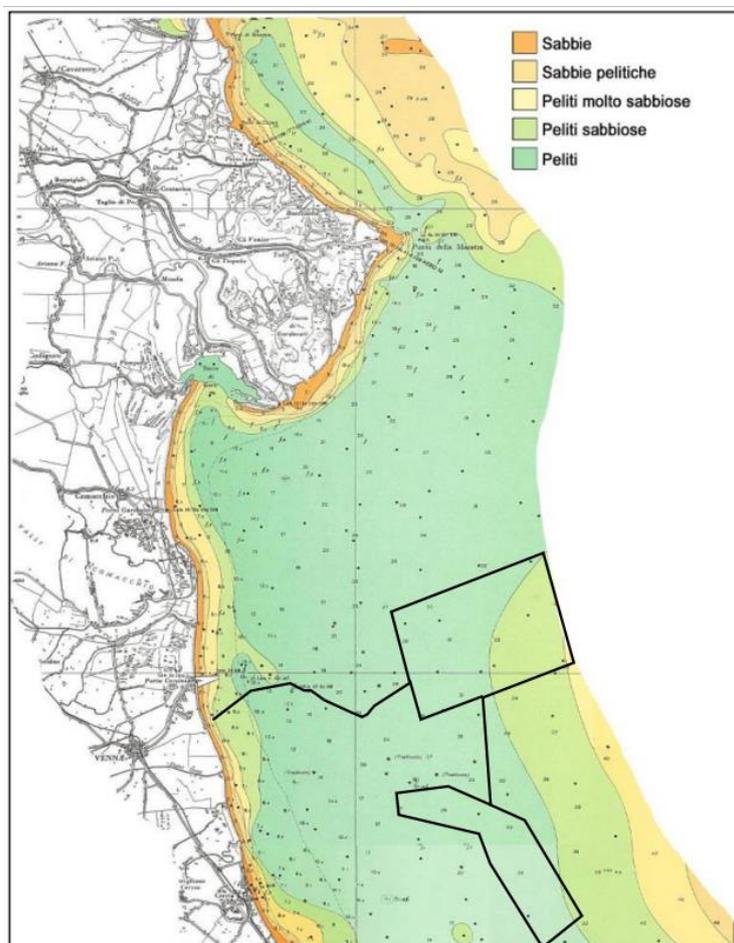


Figura 0.2: Stralcio della Carta sedimentologica dell'Alto Adriatico con indicazione schematica dell'Area di Sito (fonte: Brambati et al., 1988)

Al largo della costa Ravennate si trovano inoltre depositi di sabbie relitte, parzialmente attraversate dai campi eolici (Figura).

30 e 5; *Pelite molto sabbiosa*: percentuale di sabbia compresa tra 70 e 30 %; *Pelite sabbiosa*: percentuale di sabbia compresa tra 30 e 5% e pelite compresa tra 70 e 95% *Pelite*: >95%.



Figura 0.3: Ubicazione e spessori dei depositi di sabbie relitte offshore e indicazione delle componenti del Progetto.

Un contributo essenziale alle caratteristiche chimiche dei sedimenti adriatici è dato dal fiume Po, che trasporta annualmente circa 26,5 milioni di tonnellate di sedimenti (Guerzoni *et al.*, 1984). Parallelamente, i corsi d'acqua minori che diramano verso sud (Reno, Lamone e Marecchia) concorrono per 3,3 milioni di tonnellate di sedimenti annue (Idroser, 1981), mentre i fiumi Brenta e Adige per 1,2 milioni di tonnellate (Avanzi, 1976).

I sedimenti trasportano a loro volta entro l'area marina degli inquinanti, tra cui metalli pesanti associati alla materia sospesa (IRSA 1977). Secondo la letteratura sono stimate le seguenti quantità: oltre 2.500 tonnellate di Zinco; 1.500 di Rame; 480 di Piombo; 89 di Nichel e 65 di Mercurio. Importanti sono anche le fonti interne, con scarichi comunali e industriali, deflussi terrestri, urbani e agricoli (Guerzoni *et al.*, 1984).

In Figura sono evidenziati i più significativi "hot spot" di inquinamento lungo le coste italiane secondo EEA 2006; tra questi ricade anche il porto di Ravenna.

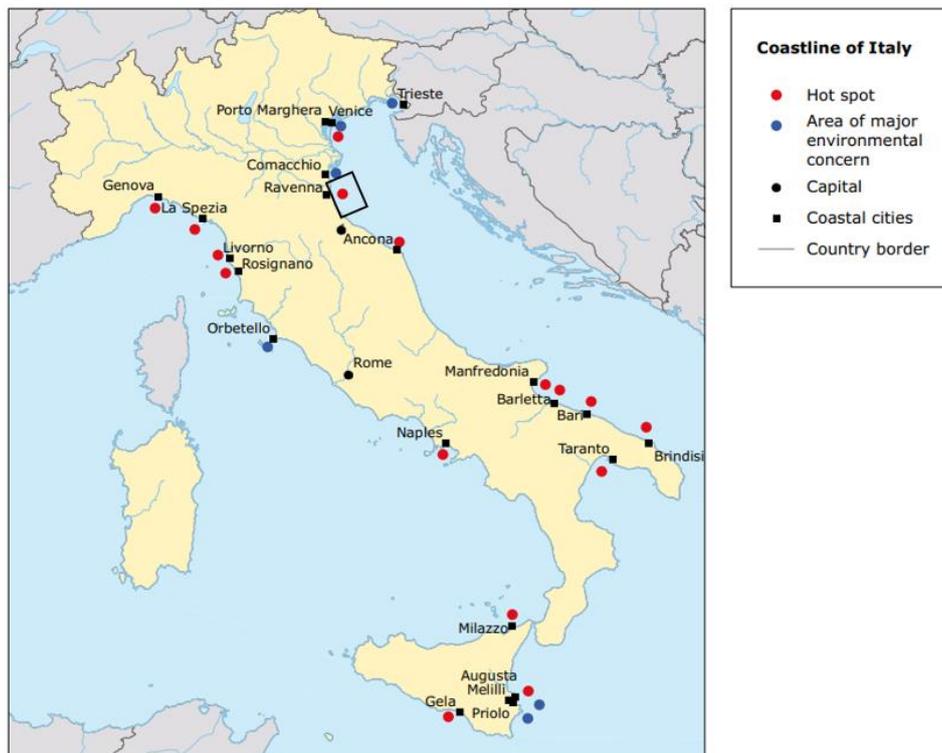


Figura 0.4: "Hot spot" di inquinamento lungo le coste italiane e adriatiche, con indicazione schematica dell'Area di Sito in nero (fonte: EEA, 2006).

Riguardo l'Area di Sito, le principali informazioni sulla qualità dei sedimenti sono quelle desumibili dai seguenti monitoraggi:

- Monitoraggi effettuati da ARPAE nel 2018 e 2019. L'attività di monitoraggio include 8 stazioni localizzate a 3 km dalla costa. La stazione 308 ricade entro l'area occupata dall'elettrodotto marino, mentre la 309 si trova a poche decine di metri a sud dell'area dell'elettrodotto (Figura).
- Monitoraggi effettuati da parte degli Enti competenti² sulla piattaforma Armida (2019), una piattaforma metanifera ad oggi dismessa e localizzata a poche decine di metri dal percorso dell'elettrodotto marino (Figura).

² Stazione Zoologica Anton Dohrn in RTI con CNR, OGS, ambiente(poi AGROLAB ambiente SPA), CIBM e CoNISMa

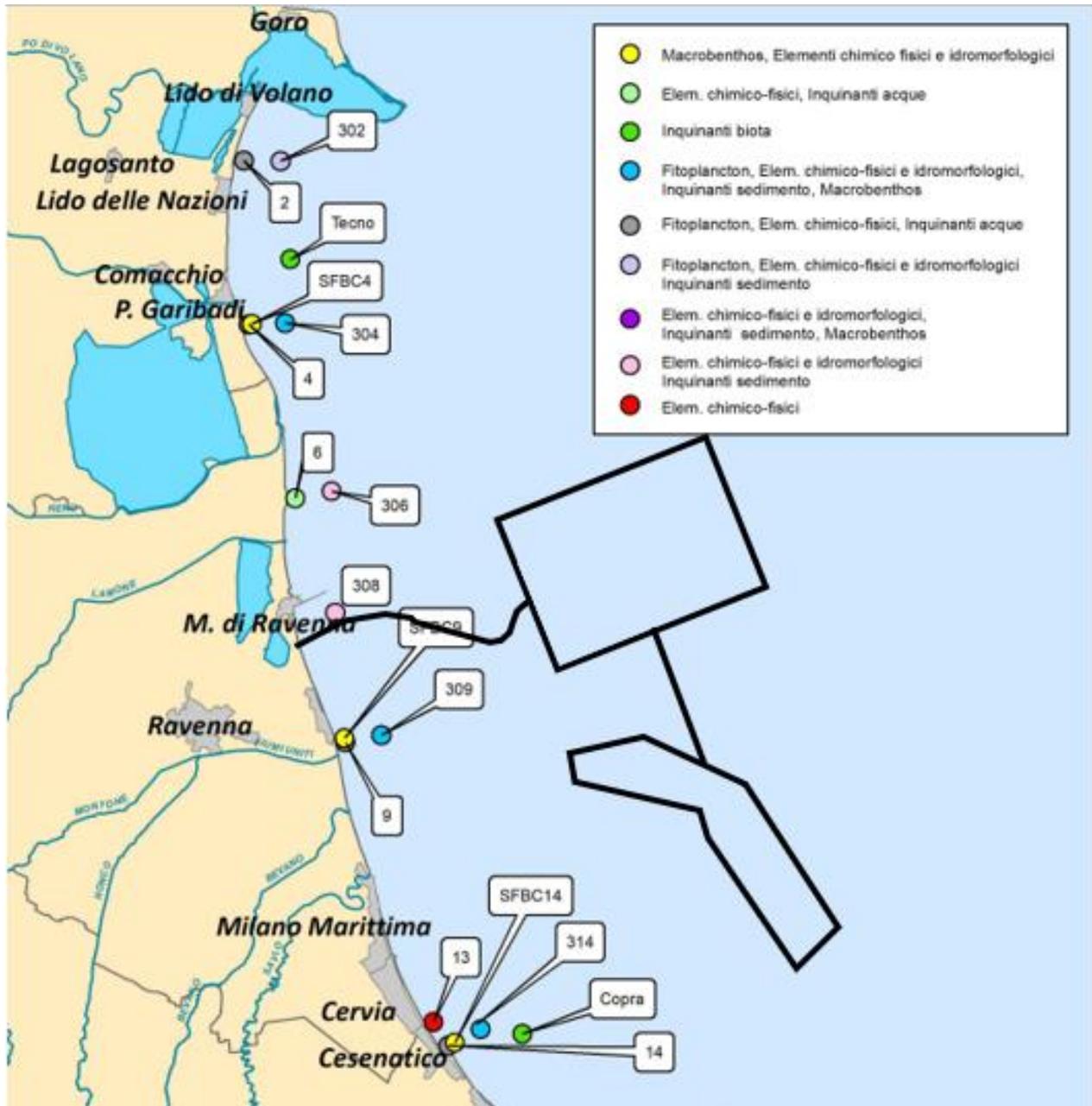


Figura 0.5: Rete di monitoraggio per lo studio della qualità ambientale delle acque marine allestita da ARPAE e indicazione schematica dell'Area di Sito (fonte: ARPAE, 2020 - modificata).

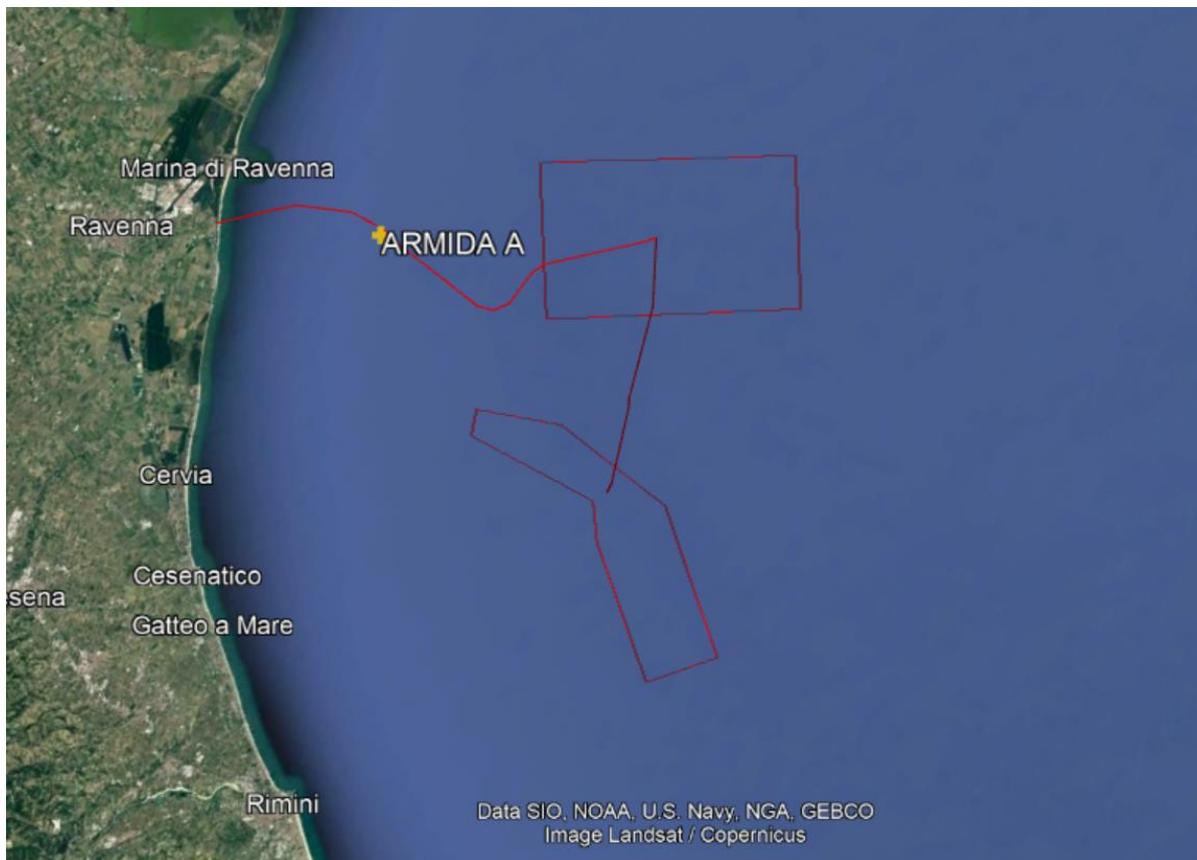


Figura 0.6: Localizzazione della piattaforma Armida A e delle componenti di Progetto.

In base ai monitoraggi effettuati da ARPAE tra il 2017 e il 2019, risulta che i valori medi annuali degli inquinanti specifici ricercati nel sedimento per la classificazione dello stato chimico (secondo la tab. 2/A del D.Lgs. 172/15) – tra cui metalli, organometalli, idrocarburi policiclici aromatici e pesticidi – rientrano nei limiti stabiliti da normativa, con l'unica eccezione di un valore relativo al DDT nella stazione 302 (Lido di Volano) per l'anno 2018. Nessun superamento è stato rilevato per le stazioni più prossime all'Area di Sito nel triennio esaminato (stazioni da 308 e 309, Figura).

Per quanto riguarda la piattaforma Armida l'area interessata dall'indagine ambientale è compresa in un raggio di 500 metri dalla piattaforma, e corrisponde alla zona di rispetto e di sicurezza dell'installazione interdetta alla pesca. In tale area sono posizionate 4 stazioni lungo un unico transetto, a distanza di 0, 25, 50 e 500 m rispetto al punto di scarico.

I sedimenti sono risultati in prevalenza composti da sabbia e pelite, mentre la frazione più grossolana (ghiaia) variava tra percentuali inferiori allo 0,1% a 0,7%. Il contenuto di Carbonio Organico Totale (TOC), espresso come %peso/peso è risultato compreso tra 2,4% e 3,3% ed è comparabile o superiore alle concentrazioni riportate nei sedimenti costieri adriatici (Faganeli *et al.*, 1991; Ogrinc *et al.*, 2005; Giani *et al.*, 2009). Le concentrazioni di Bario nei sedimenti sub-superficiali di ARMIDA sono risultate elevate per le stazioni nei pressi della piattaforma. Per Arsenico, Bario, Cromo, Ferro, Nichel, Piombo e Zinco si sono inoltre evidenziati



gradienti decrescenti in funzione della distanza dalla piattaforma, anche se limitatamente ai sedimenti sub-superficiali. Cromo e Nichel erano presenti a concentrazioni superiori rispetto alle soglie fissate dal D.Lgs 172/15. Tale risultato può essere tuttavia attribuibile all'erosione di rocce ultramafiche dall'arco alpino (Amorosi, 2012). Nessun superamento dei valori soglia (SQA, Standard di Qualità ambientale) è stato invece evidenziato per Cadmio e Piombo. L'Arsenico ed il Mercurio, infine, hanno mostrato un leggero superamento dell'SQA nel sedimento sub-superficiale nelle stazioni comprese tra 0 e 50 m dalla piattaforma. Per quanto riguarda gli idrocarburi nei sedimenti, non si sono osservate particolari criticità. Sia i BTEX (Benzene, Toluene, Etilbenzene e Xilene) che gli alifatici C6-C10 presentavano infatti concentrazioni al di sotto dei limiti di rilevabilità analitici in tutte le stazioni. Le concentrazioni di IPA totali nei sedimenti hanno suggerito una contaminazione da IPA classificabile come bassa (7 campioni) o moderata (1 campione) secondo Baumard *et al.* (1998). Inoltre, le concentrazioni dei singoli analiti e delle sommatorie di IPA ad alto e a basso peso molecolare non hanno esibito superamenti i valori soglia SQA-MA (Standard di Qualità Ambientale – Media Anno).

In conclusione, mentre nelle stazioni a 3 km dalla costa monitorate da ARPAE non sono state individuate particolari criticità, il monitoraggio condotto nei pressi della piattaforma Armida (situata più al largo, a circa 13 km dalla costa) ha rilevato alcuni superamenti degli standard di qualità ambientale di alcuni metalli.

6.5.2.2 Dati primari

I dati relativi alla qualità dei sedimenti marini sono stati ottenuti attraverso una campagna di campionamento condotta a luglio 2022. La campagna ha previsto la raccolta di campioni di sedimento in 44 stazioni, di cui 42 distribuite tra l'area interessata dall'elettrodotto e dai campi eolici e 2 all'esterno dell'area dei parchi (Figura). In **APPENDICE** dello SIA (Codice AGNROM_SIA-R_SIA-VOLUME2-APP) sono disponibili i rapporti giornalieri dei rilievi di campo.

In corrispondenza di ciascuna stazione sono state prelevate n.3 repliche di sedimento mediante benna Van-Veen da 18 L, che consente di campionare una superficie di 0,1 m². In seguito al recupero della benna si è proceduto alla misura dei parametri di campo (potenziale redox e pH), alla descrizione visiva dei campioni (raccolta documentazione fotografica e registrazione su apposita scheda di data di campionamento, profondità di prelievo, identificazione, caratteristiche fisiche, coordinate di campionamento, eventuali osservazioni su presenza di materiale organico, colore) e all'omogeneizzazione dei 3 diversi campioni prelevati nel medesimo sito di campionamento per la formazione del campione composito (dal quale sono poi state estratte le aliquote richieste per le analisi di laboratorio).

Per ciascun campione sono state determinate inoltre le caratteristiche fisiche (granulometria, % umidità, peso specifico), chimiche (concentrazione di metalli pesanti - As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn -, idrocarburi totali, IPA, PCB, pesticidi organoclorurati; composti organostannici; sostanza organica totale, azoto e fosforo totale, TOC), i parametri microbiologici ed ecotossicologici.

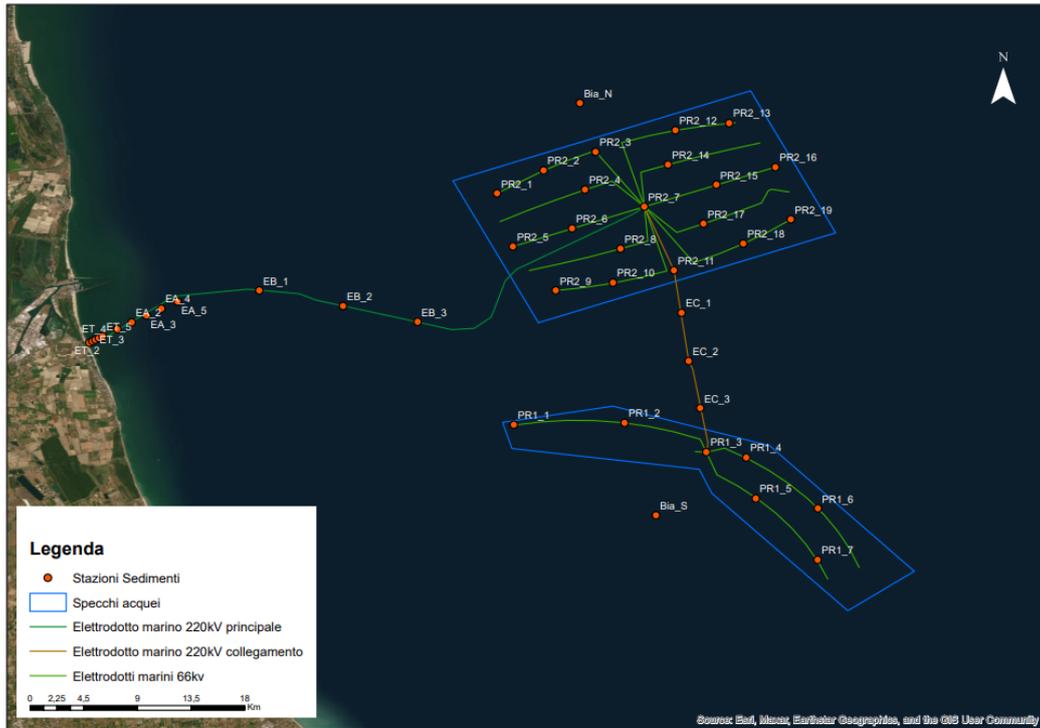


Figura 0.7: Stazioni di campionamento dei sedimenti marini e dettaglio delle stazioni costiere.



Analisi granulometrica

L'indagine granulometrica è stata eseguita seguendo la metodologia riportata da ICRAM (Scheda 3) e ISO13320:2009, ed ha previsto l'utilizzo di un granulometro laser (frazione fine) e di setacci (frazione grossolana).

I dati ottenuti sono stati elaborati ed integrati, ottenendo le abbondanze relative (%) di ghiaia, sabbia, limo ed argilla.

Sulla base dell'analisi granulometrica condotta sui campioni, la componente di sedimento maggiormente rappresentata entro l'Area di Progetto è il silt (o limo, con granuli di dimensione comprese tra circa 5 e 50 μm), presente in elevate percentuali sia nell'area occupata dall'elettrodotto che in quella occupata dai campi eolici.

Nell'area più prossima al punto di approdo dell'elettrodotto, dalla linea di costa fino a una distanza di 5 km si osserva una successione di sabbia, sabbia siltosa, sabbia e silt e silt sabbioso (Figura). Quest'ultimo si ritrova anche nella porzione nord-occidentale del "Parco Romagna 2", in corrispondenza dei depositi di sabbie relitte indicati in Figura . In Tabella 1 si riporta il contenuto percentuale di ghiaia, sabbia, silt e argilla per ciascuna stazione di prelievo. Per una migliore interpretazione del risultato, le stazioni sono state ordinate in senso costa-largo e Nord-Sud.

Questi dati sono coerenti con altri studi effettuati in Adriatico occidentale (Cattaneo *et al.*, 2007; Frignani *et al.*, 2005b; Tesi *et al.*, 2007), dove i sedimenti provenienti dal fiume Po ed altri corsi d'acqua appenninici consistono principalmente in limo e particelle argillose.

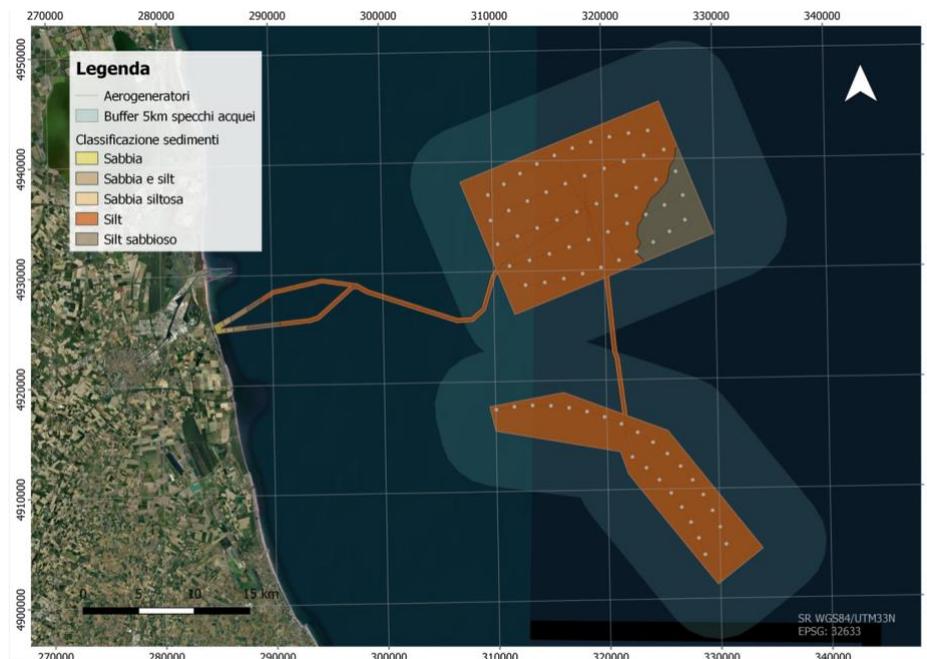


Figura 0.8: Mappa granulometrica dei sedimenti lungo l'impronta del Progetto.



Tabella 1: Contenuto percentuale di ghiaia, sabbia, silt e argilla per le stazioni esaminate, ordinate in senso costa-largo e Nord-Sud

	Nome Stazione	Ghiaia Grossa (%)	Ghiaia (%)	Sabbia molto grossolana (%)	Sabbia grossolana (%)	Sabbia media (%)	Sabbia (%)	Sabbia finissima (%)	Silt grossolano (%)	Silt medio (%)	Silt (%)	Silt finissimo (%)	Argilla (%)	Classificazione complessiva
Cavo di Export	ET_1	0	0	0,4	1,8	1,7	10,3	76,4	6,4	2,2	0,5	0,1	0,1	Sabbia
	ET_2	0	0	0,2	0,6	1,7	31,7	59,8	4	1,4	0,3	0,1	0,1	Sabbia
	ET_3	0	0,1	0,7	1	1,7	13,5	71,4	7,9	2,8	0,7	0,2	0,1	Sabbia
	ET_4	0	0,5	1,3	1,5	3,8	9,4	71,9	9,8	1,2	0,3	0,1	0,1	Sabbia
	ET_5	0	0,2	0,7	1,4	1	3,6	65,4	23,1	3,3	0,8	0,3	0,2	Sabbia siltosa
	EA_1	0	0,1	1,5	2,1	1,9	4,2	40	37,3	8,1	3,1	1,1	0,6	Sabbia e silt
	EA_2	0	0,6	2,7	3,5	3,3	4,1	34,1	15,9	15,5	12,3	5,3	2,5	Sabbia e silt
	EA_3	0,3	1	4,3	4,7	3,9	5,4	22,8	25,1	18,6	9,1	3,3	1,5	Silt sabbioso
	EA_4	0,2	0,9	1,5	1,3	0,9	0,6	1	15,2	42,4	20,8	8,9	6,4	Silt
	EA_5	0	0	0,3	0,4	0,3	0,6	0,2	24,4	38,2	18,8	9,5	7,2	Silt
	EB_1	0	0,1	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	23,8	38,2	21,1	9	5,4	Silt
	EB_2	0	0	0,2	0,3	0,2	0,3	0,1	32,3	38,2	17,3	7,1	4,1	Silt
	EB_3	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0	36,1	34,1	17,4	7,4	4,7
P a														



Relazione di riscontro alle richieste di documentazione integrativa
AGNROM_INT-R_REL-INT

BIA-N	0	0	0,3	0,4	0,3	0,5	0,1	41,4	31	15,3	6,5	4,2	Silt
PR2_1	0	0	0,1	0,3	0,2	0,3	0,1	30,9	31,8	20,3	9,3	6,6	Silt
PR2_2	0	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	41,1	29	15,8	7,1	5,7	Silt
PR2_3	0	0,1	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	35	29,4	18,3	9	6,7	Silt
PR2_1 2	0	0,2	1,2	1,2	0,9	1,1	0,6	40,7	29,2	15,1	5,9	4	Silt
PR2_1 3	0	0,4	2,3	2,5	2	2,6	1,8	30,5	29,8	16	7,6	4,6	Silt
PR2_4	0	0,1	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	36,8	33,5	17,3	7,1	4	Silt
PR2_1 4	0	0,7	1,8	1,8	1,5	1,2	1	41,4	27,7	14	6,1	2,8	Silt
PR2_5	0	0	0,5	0,7	0,6	0,6	0,3	24,7	33,9	21,9	10	6,8	Silt
PR2_6	0	0	0,3	0,4	0,3	0,4	0,1	47,3	31,3	12,4	4,5	3	Silt
PR2_7	0	0,1	1,5	2,9	3,1	4	1,7	25,7	27,6	18,9	8,6	6	Silt
PR2_1 5	0	0,5	2,5	5,7	6,3	4,4	3,2	52,6	18,4	4,4	1,2	0,8	Silt
PR2_1 6	0	1,2	3,8	4,7	10	19,1	8,7	26,9	13,9	7	2,9	1,7	Silt sabbioso
PR2_8	0	0,4	2,1	1,9	1,5	1,4	1,3	28,8	30,8	18,6	9	5,2	Silt



Relazione di riscontro alle richieste di documentazione integrativa
AGNROM_INT-R_REL-INT

	PR2_17	0,1	0,6	2	1,7	1,3	1	0,8	40,2	28,9	14,1	6,2	3,2	Silt
	PR2_9	0	0,1	0,4	0,4	0,3	0,4	0,2	39,7	30,3	16,1	7,2	5	Silt
	PR2_10	0,1	0,4	1,2	1,2	1,1	0,8	0,8	64,1	22,4	5,4	1,5	0,9	Silt
	PR2_11	0	0,2	1,1	1,1	1,3	1,2	0,2	45,6	30,2	11,9	4,4	2,9	Silt
	PR2_18	0	1,2	4,7	4,9	4,4	5,3	6,1	49,8	17,4	4,2	1,2	0,7	Silt sabbioso
	PR2_19	0,1	0,7	4,1	5,1	4,8	7,6	6,8	34,1	21,6	9,2	3,8	2,3	Silt sabbioso
Cavo di connessione	EC_1	0	0,1	0,7	1,1	1	1	0,7	45,9	30,4	12	4,4	2,9	Silt
	EC_2	0	0	0,4	0,5	0,4	0,5	0,2	41,3	27,1	17	7,7	4,9	Silt
	EC_3	0	0,1	0,5	0,6	0,5	0,6	0,3	41,2	26,4	15,8	8,3	5,9	Silt
Parco Romagna 1	PR1_1	0	0,1	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	29,5	29,6	22,6	10,4	6,9	Silt
	PR1_2	0	0,2	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3	40,3	29,8	16,8	7	3,6	Silt
	PR1_3	0	0	0,5	0,8	0,7	0,8	0,4	59,2	24,1	8	3,3	2,2	Silt
	PR1_4	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	30	32	21,3	9,9	6,1	Silt



Relazione di riscontro alle richieste di documentazione integrativa
AGNROM_INT-R_REL-INT

PR1_5	0	0,1	0,7	0,9	0,7	0,8	0,5	34,9	31	17,4	8,1	4,9	Silt
PR1_6	0	0,8	4,4	4,8	3,9	4,9	6	24	22,9	16,5	7,2	4,5	Silt sabbioso
BIA-S	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	36,6	28,3	17,7	9	7,2	Silt
PR1_7	0	0,2	1,5	1,9	1,4	1,7	1,1	42,9	23,2	14,5	6,7	4,9	Silt



Determinazione del contenuto di acqua

Il contenuto d'acqua influenza il comportamento di sedimenti a granulometria fine. All'aumentare del contenuto d'acqua aumenta la porosità del sedimento, ed i granelli si distanziano modificando la loro mutua interazione. I campioni prelevati nelle distinte stazioni presentano un contenuto di acqua variabile tra il 22,1% e il 56,8%. È visibile un gradiente crescente costa-largo, con valori minori nelle stazioni costiere e maggiori verso le stazioni offshore (Figura). Il gradiente è piuttosto accentuato nelle stazioni comprese entro i 5 km (i.e. stazioni ET fino a EB), mentre tende a ridursi oltre questa distanza, con i valori che divengono più omogenei tra loro.

Tabella 2: Percentuale di umidità per i distinti campioni

	Nome Stazione	Contenuto di acqua (% p/p)
Cavo di Export	Stazione ET_1	24,2
	Stazione ET_2	22,1
	Stazione ET_3	22,4
	Stazione ET_4	22,5
	Stazione ET_5	27,9
	Stazione EA_1	27,1
	Stazione EA_2	37,9
	Stazione EA_3	29,7
	Stazione EA_4	36,2
	Stazione EA_5	34,4
	Stazione EB_1	39,7
	Stazione EB_2	46
	Stazione EB_3	52,3
Parco Romagna 2	Stazione BIA-N	56,6
	Stazione PR2_1	55
	Stazione PR2_2	53,3
	Stazione PR2_3	N/a
	Stazione PR2_12	54,6
	Stazione PR2_13	51,6
	Stazione PR2_4	55,8
	Stazione PR2_14	52,3



Appendici della relazione generale di riscontro alle richieste di integrazioni in procedura di VIA
AGNROM_INT-R_REL-INT-APP

	Stazione PR2_5	48
	Stazione PR2_6	53,6
	Stazione PR2_7	50,7
	Stazione PR2_15	45,6
	Stazione PR2_16	38,4
	Stazione PR2_8	52,1
	Stazione PR2_17	47,4
	Stazione PR2_9	53,9
	Stazione PR2_10	53,9
	Stazione PR2_11	53,4
	Stazione PR2_18	47,2
	Stazione PR2_19	46,1
Cavo di connessione	Stazione EC_1	56,8
	Stazione EC_2	55,1
	Stazione EC_3	55,9

Parco Romagna 1	Stazione PR1_1	51,1
	Stazione PR1_2	54,8
	Stazione PR1_3	56,2
	Stazione PR1_4	54,3
	Stazione PR1_5	55,8
	Stazione PR1_6	47,8
	Stazione BIA_S	56,2
	Stazione PR1_7	52,4

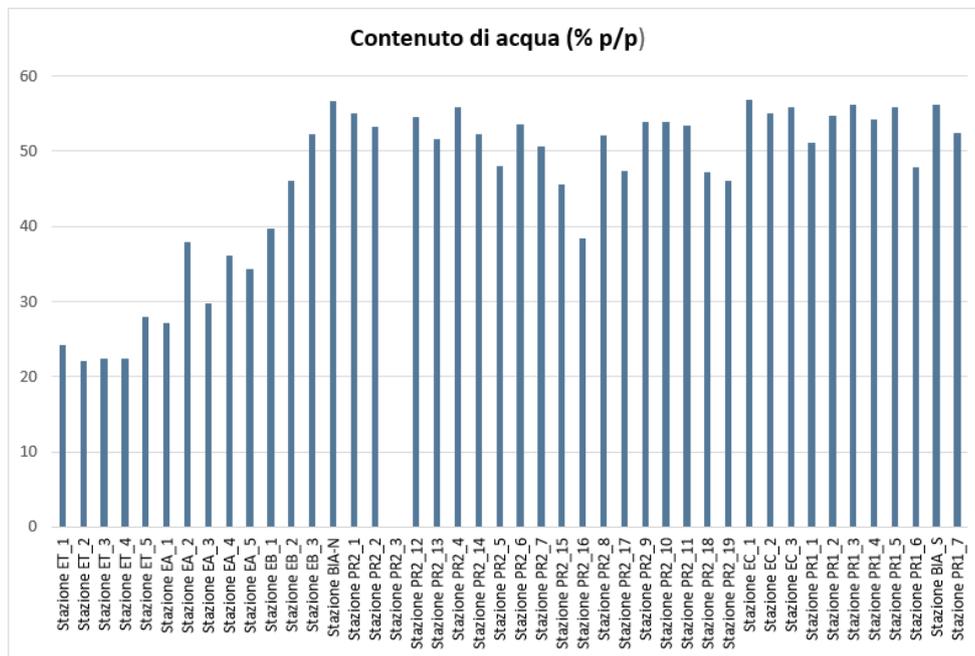


Figura 0.9: Variazioni del contenuto d'acqua nelle diverse stazioni di campionamento. Le stazioni sono ordinate in senso costa-largo e Nord-Sud.

Analisi chimica

Ai fini della caratterizzazione chimica dei sedimenti sono stati analizzati i livelli di nutrienti (fosforo e azoto totale) e la presenza di sostanze indicaste alla Tabella 2.5 del Decreto Ministeriale 173/16 in ciascuna delle 44 stazioni indagate.

Sebbene il D.M. di riferimento per l'analisi della qualità dei sedimenti marini per operazioni di posa e condotte sottomarine sia il D.M. 24/01/1996, si è optato di adottare il D.M. 173/16 per le ragioni di seguito elencate:

Rispetto al D.M. 24/01/1996, il D.M. 173/16 contiene una più recente e dettagliata lista di analiti;

Il D.M. 173/2016 incorpora i limiti stabiliti dal D.Lgs. 172/2015. Difatti, gli Standard di Qualità Ambientale riportati alle tabelle e 1/A, 2/A (sostanze appartenenti all'elenco di priorità) e 3/B (sostanze diverse da quelle prioritarie) del Decreto Legislativo 172/2015, quando presenti, corrispondono ai Limiti L1 indicati in tabella 2.5 del D.M. 173/2016.

Il D.M. 24/01/1996 non fornisce alcuna informazione circa i limiti chimici di riferimento, mentre il D.M. 173/2015 riporta i livelli chimici di riferimento (L1 e L2) aggiornati a livello nazionale.

Nella successiva **Error! Reference source not found.** si riporta il confronto tra i limiti chimici di riferimento riportati nel D.Lgs. 172/15 e D.M. 173/2016.



Tabella 3: Confronto tra i limiti chimici di riferimento secondo le diverse normative vigenti

Parametri	D.lgs. 172/2015	D.M. 173/2016	
	Tabella 2/A, 3/A e 3/B	Tabella 2.5	
	SQA-MA	L1	L2
Metalli e metalloidi	mg/kg s.s.	mg/kg p.s.	
Arsenico	12	12	20
Cadmio	0,3	0,3	0,8
Cromo totale	50	50	150
Cromo VI	2	2	2
Rame	-	40	52
Mercurio	0,3	0,3	0,8
Nichel	-	30	75
Piombo	30	30	70
Zinco	-	100	150
Idrocarburi Policiclici Aromatici	µg/kg	µg/kg p.s.	
Σ IPA (16)	-	900	4000
Antracene	24	24	245
Benzo(a)antracene	-	75	500
Benzo(a)pirene	30	30	100
Benzo(b)fluorantene	40	40	500 ⁽¹⁾
Benzo(k)fluorantene	20	20	500 ⁽¹⁾
Benzo(g,h,i)perilene	55	55	100 ⁽¹⁾
Crisene	-	108	846
Indenopirene	70	70	100 ⁽¹⁾
Fenantrene	-	87	544
Fluorene		21	144
Fluorantene	110	110	1494
Naftalene	35	35	391
Pirene	-	153	1398



Parametri	D.lgs. 172/2015	D.M. 173/2016	
	Tablelle 2/A, 3/A e 3/B	Tabella 2.5	
	SQA-MA	L1	L2
Idrocarburi	µg/kg	µg/kg p.s.	
C>12	-	N.D.	50000
Pesticidi organoclorurati	µg/kg	µg/kg p.s.	
Aldrin	0,2	0,2	10 ⁽¹⁾
Dieldrin	0,2	0,7	4,3
Endrin	-	2,7	10
α-HCH	0,2	0,2	10 ⁽¹⁾
β-HCH	0,2	0,2	10 ⁽¹⁾
γ-HCH (Lindano)	0,2	0,2	1,0
Σ DDD	0,8	0,8	7,8
Σ DDE	1,8	1,8	3,7
Σ DDT	1,0	1,0	4,8
Eptacloro epossido	-	0,6	2,7
HCB	0,4	0,4	50 ⁽¹⁾
Composti organostannici	µg/kg	µg/kg p.s.	
Tributilstagno	5	5	72 ⁽²⁾
Policlorobifenili	µg/kg s.s.	µg/kg p.s.	
Σ PCB	8	8	60
PCB e Diossine	µg/kg	µg/kg p.s.	
Sommatoria T.E. PCDD,PCDF (Diossine e Furani) e PCB Diossina simili ⁽³⁾	2 x 10 ⁻³	2 x 10 ⁻³	1 x 10 ⁻²

1) Concentrazione valida solo per attività di ripascimento emerso.

2) Riferito alla sommatoria di MBT, DBT, TBT.

3) Elenco congeneri e relativi Fattori di Tossicità Equivalenti (EPA, 1989) e elenco congeneri PCB diossina simili (WHO, 2005).

Concentrazione dei nutrienti



I valori di fosforo totale (mg/kg ss) variano nei campioni da 234 a 1.230 mg/kg ss. Non è tuttavia identificabile un gradiente geografico, come osservabile in Tabella 4 e Figura .

Tabella 4: Contenuto di fosforo totale per i distinti campioni (ordinati in senso costa-largo e Nord-Sud)

	Nome stazione	Contenuto di fosforo (mg/kg ss)
Cavo di Export	Stazione ET_1	500
	Stazione ET_2	234
	Stazione ET_3	1090
	Stazione ET_4	1230
	Stazione ET_5	930
	Stazione EA_1	510
	Stazione EA_2	680
	Stazione EA_3	950
	Stazione EA_4	800
	Stazione EA_5	610
	Stazione EB_1	670
	Stazione EB_2	860
	Stazione EB_3	970
Parco Romagna 2	Stazione BIA-N	430
	Stazione PR2_1	380
	Stazione PR2_2	570
	Stazione PR2_3	800
	Stazione PR2_12	460
	Stazione PR2_13	490
	Stazione PR2_4	530
	Stazione PR2_14	670
	Stazione PR2_5	400
	Stazione PR2_6	770
	Stazione PR2_7	331
	Stazione PR2_15	450
	Stazione PR2_16	480



Appendici della relazione generale di riscontro alle richieste di integrazioni in procedura di VIA
AGNROM_INT-R_REL-INT-APP

	Stazione PR2_8	930
	Stazione PR2_17	460
	Stazione PR2_9	400
	Stazione PR2_10	1120
	Stazione PR2_11	820
	Stazione PR2_18	420
	Stazione PR2_19	460
Cavo di connessione	Stazione EC_1	800
	Stazione EC_2	800
	Stazione EC_3	850
Parco Romagna 1	Stazione PR1_1	930
	Stazione PR1_2	1040
	Stazione PR1_3	750
	Stazione PR1_4	550
	Stazione PR1_5	910
	Stazione PR1_6	760
	Stazione BIA_S	920
	Stazione PR1_7	870

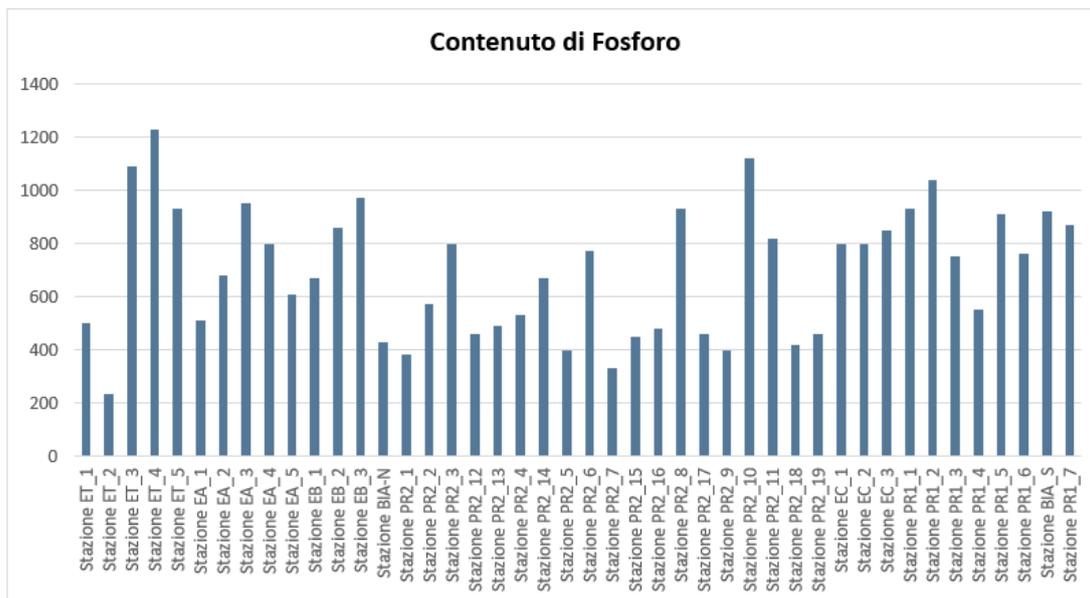


Figura 0.10: Variazioni del fosforo totale nelle stazioni di campionamento. Le stazioni sono ordinate in senso costa-largo e Nord-Sud.

Al contrario del fosforo, per l'azoto è possibile osservare una lieve tendenza crescente in senso costa-largo (

Tabella 5, Figura). Fanno eccezione le stazioni EB, caratterizzate da livelli di azoto simili alle stazioni offshore, e la stazione PR2_16, contraddistinta da valori di azoto ridotti e comparabili alle stazioni costiere.

Tabella 5: Contenuto di azoto totale per i distinti campioni (ordinati in senso costa-largo e Nord-Sud)

	Nome stazione	Contenuto di azoto (% p/p ss)
Cavo di Export 220 kV	Stazione ET_1	0,021
	Stazione ET_2	0,018
	Stazione ET_3	0,029
	Stazione ET_4	0,022
	Stazione ET_5	0,022
	Stazione EA_1	0,045
	Stazione EA_2	0,073
	Stazione EA_3	0,057
	Stazione EA_4	0,068



	Stazione EA_5	0,073
	Stazione EB_1	0,101
	Stazione EB_2	0,12
	Stazione EB_3	0,137
Parco Romagna 2	Stazione BIA-N	0,274
	Stazione PR2_1	0,123
	Stazione PR2_2	0,121
	Stazione PR2_3	0,132
	Stazione PR2_12	0,255
	Stazione PR2_13	0,239
	Stazione PR2_4	0,122
	Stazione PR2_14	0,122
	Stazione PR2_5	0,116
	Stazione PR2_6	0,134
	Stazione PR2_7	0,101
	Stazione PR2_15	0,098
	Stazione PR2_16	0,068
	Stazione PR2_8	0,115
	Stazione PR2_17	0,108
	Stazione PR2_9	0,12
	Stazione PR2_10	0,111
	Stazione PR2_11	0,123
	Stazione PR2_18	0,093
Stazione PR2_19	0,098	
Cavo di Connessione	Stazione EC_1	0,136
	Stazione EC_2	0,128
	Stazione EC_3	0,116
Parco Romagna 1	Stazione PR1_1	0,145
	Stazione PR1_2	0,124
	Stazione PR1_3	0,134
	Stazione PR1_4	0,129



Appendici della relazione generale di riscontro alle richieste di integrazioni in procedura di VIA
AGNROM_INT-R_REL-INT-APP

	Stazione PR1_5	0,128
	Stazione PR1_6	0,097
	Stazione BIA_S	0,138
	Stazione PR1_7	0,121

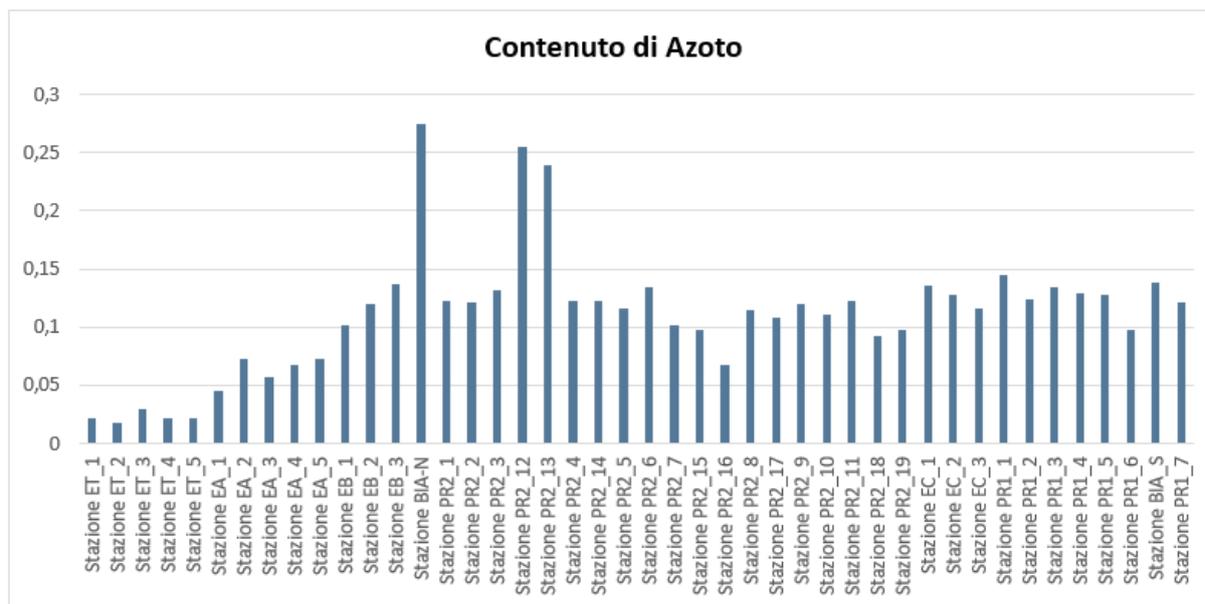


Figura 0.11: Variazioni delle concentrazioni di azoto totale nelle stazioni di campionamento. Le stazioni sono ordinate in ordine crescente di contenuto d'azoto.

Per quanto riguarda l'analisi delle sostanze indicate dal D.M 173/2016, i valori rilevati nei campioni sono stati confrontati con quelli riportati nella Tab. 2.5 del suddetto decreto, relativa agli "standard di qualità ambientale nei sedimenti nei corpi idrici marino-costieri e di transizione" (Tabella 6).

Tabella 6: Livelli chimici di riferimento nazionali (Decreto 15 luglio 2016, n. 173)

PARAMETRO	L1	L2
Elementi in tracce	[mg kg ⁻¹] p.s.	
Arsenico	12	20
Cadmio	0,3	0,80
Cromo	50	150
Cr VI	2	2
Rame	40	52
Mercurio	0,3	0,80
Nichel	30	75



Appendici della relazione generale di riscontro alle richieste di integrazioni in procedura di VIA
AGNROM_INT-R_REL-INT-APP

Piombo	30	70
Zinco	100	150
Contaminanti organici	[$\mu\text{g kg}^{-1}$] p.s.	
Composti organostannici	5	72
Σ PCB	8	60
Σ DDD	0,8	7,8
Σ DDE	1,8	3,7
Σ DDT	1,0	4,8
Clordano	2,3	4,8
Aldrin	0,2	10 ⁷
Dieldrin	0,7	4,3
Endrin	2,7	10
α -HCH	0,2	10 ⁷
β -HCH	0,2	10 ⁷
γ -HCH (Lindano)	0,2	1,0
Eptacloro epossido	0,6	2,7
HCB	0,4	50 ⁷
Idrocarburi C>12	Non disponibile	50000
Σ IPA (16)	900	4000
Antracene	24	245
Benzo[a]antracene	75	500
Benzo[a]pirene	30	100
Benzo[b]fluorantene	40	500 ⁷
Benzo[k]fluorantene	20	500 ⁷
Benzo[g, h, i]perilene	55	100 ⁷
Crisene	108	846
Indenopirene	70	100 ⁷
Fenantrene	87	544
Fluorene	21	144
Fluorantene	110	1494
Naftalene	35	391



Pirene	153	1398
Σ T.E. PCDD, PCDF (Diossine e Furani) e PCB diossina simili	2×10^{-3}	1×10^{-2}

In 40 stazioni su un totale di 44 esaminate sono stati rilevati dei superamenti dei livelli chimici di riferimento (L1), mentre tutti i campioni, ad eccezione dell'EA_4 per il Piombo, sono risultati conformi relativamente ai limiti L2.

Non presentano superamenti le seguenti 4 stazioni: ET_1, ET_2, ET_3 ed ET_4 (localizzate nella prima porzione dell'elettrodotto marino). I superamenti hanno riguardato sempre composti metallici. Soltanto in un caso (stazione EB_3) sono stati superati anche i limiti per il tributilstagno. In Tabella 7 si riportano le stazioni in cui è stato osservato il superamento dei valori limite, ordinate in senso costa-largo e Nord-Sud. Le tabelle complete di risultati sono disponibili in **APPENDICE** dello SIA (Codice AGNROM_SIA-R_SIA-VOLUME2-APP)

Tabella 7: Stazioni con superamenti dei valori standard di qualità ambientale (le stazioni sono ordinate in senso costa-largo e Nord-Sud).

Stazioni	Cromo Totale		Mercurio		Nichel		Piombo		Zinco	
	L1 (50 mg/kg)	L2 (150 mg/kg)	L1 (0,3 mg/kg)	L2 (0,8 mg/kg)	L1 (30 mg/kg)	L2 (75 mg/kg)	L1 (30 mg/kg)	L2 (70 mg/kg)	L1 (100 mg/kg)	L2 (150 mg/kg)
ET_5					32,2					
EA_1					36,8					
EA_2					43					
EA_3					51,4					
EA_4	53,2				68,3			73		
EA_5					58,4					
EB_1	50,7				54,1					
EB_2	62				63,8					
EB_3 ³	60				61,3					
BIA_N	60		0,36		56		32,3			

³ Nella stazione EB3 si è verificato anche il superamento del limite L1 per il Tributilstagno e del limite L2 per la sommatoria dei composti organo-stannici.



Appendici della relazione generale di riscontro alle richieste di integrazioni in procedura di VIA
AGNROM_INT-R_REL-INT-APP

PR2_1	62		0,32		56,9					
PR2_2	60				55,7					
PR2_3			0,59		51,3		30,3			
PR2_12	70				64,5		34		101	
PR2_13	67				61,4		32			
PR2_4	57				53,5					
PR2_14	64				57,2					
PR2_5	62				60,4					
PR2_6	57,3				55,9					
PR2_7	56,4				52,4					
PR2_15	64				54,7					
PR2_16					42,3					
PR2_8	52,8		0,40		56,8					
PR2_17	55,9				51					
PR2_9	60				57,2					
PR2_10	68		0,45		72,4		37,1		113	
PR2_11	54,4				53,7					
PR2_18					44,9					
PR2_19					44,7					
EC_1	56,6				57,1					
EC_2	54,8				55					
EC_3	56,8				57,4					
PR1_1	63				64				101	
PR1_2	60				59,1					
PR1_3	56,8				58,9					
PR1_4	51,2				50,9					



PR1_5 ⁴	57,1				57,9					
PR1_6					46,3					
PR1_7	50,3				50,8					
BIA_S	60				61,9					

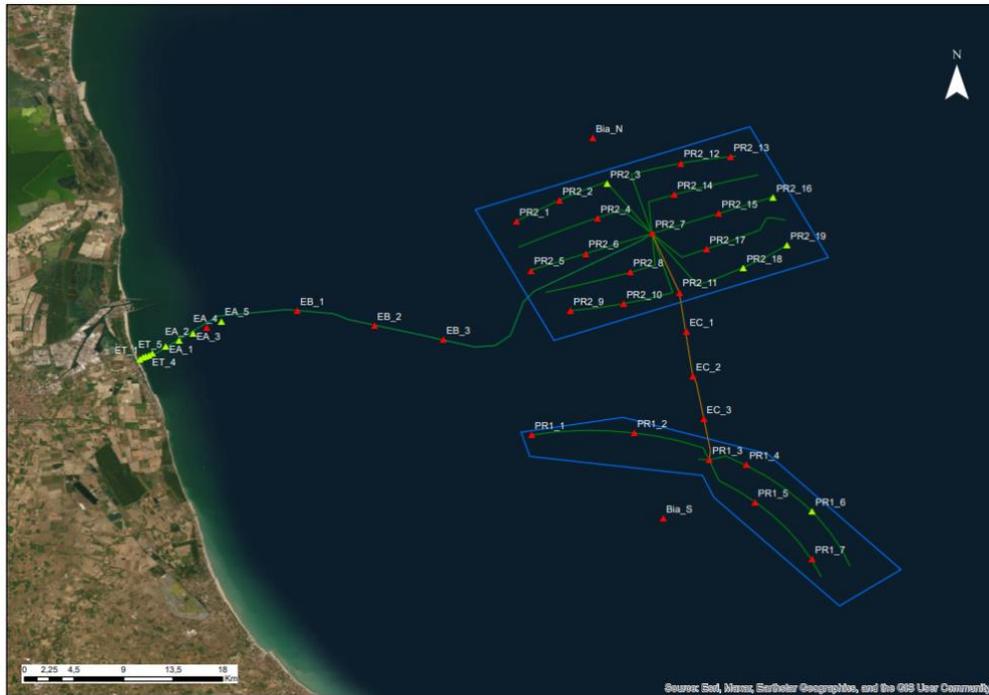
La concentrazione di Nichel risulta superiore alla soglia L1 in tutti i 40 campioni che presentano superamenti; la concentrazione di Cromo totale risulta superiore alla soglia L1 in 30 campioni (Tabella 7). Tali superamenti risultano probabilmente di origine naturale e risultano anche dai dati bibliografici: secondo la letteratura, infatti, i complessi ultramafici dell'Italia settentrionale (Alpi occidentali e Appennino Nord-occidentale), attraverso il fiume Po ed i suoi affluenti, alimentano con apporti di sedimenti ricchi di Cromo e Nichel il sistema costiero adriatico (Amorosi *et al.*, 2012; Picone *et al.*, 2008).

Relativamente a Mercurio e Piombo è stata rilevata la presenza di superamenti dei limiti esclusivamente nelle stazioni più settentrionali (cioè, quelle entro il Parco Romagna 2 e la stazione BIA_N), suggerendo la presenza di una possibile fonte di contaminazione o accumulo a nord dell'Area di Sito; sembra infatti vi sia un gradiente di concentrazione decrescente verso sud. I superamenti delle concentrazioni di Zinco mostrano invece una distribuzione più omogenea, e sono presenti in 3 delle 44 stazioni. Per quel che concerne i superamenti di Mercurio, Zinco e Piombo, la contaminazione potrebbe essere dovuta allo sviluppo industriale dell'area del ravennate (industrie chimiche, meccaniche, di raffinazione e trasformazione degli idrocarburi - Dati Ambientali – Regione Emilia-Romagna, 2019). Nonostante alcuni superamenti, le concentrazioni dei contaminanti riscontrati nell'Area di Sito risultano comparabili – e in molti casi minori – rispetto a quelli reperibili in letteratura per l'area dell'Adriatico (Tabella 8).

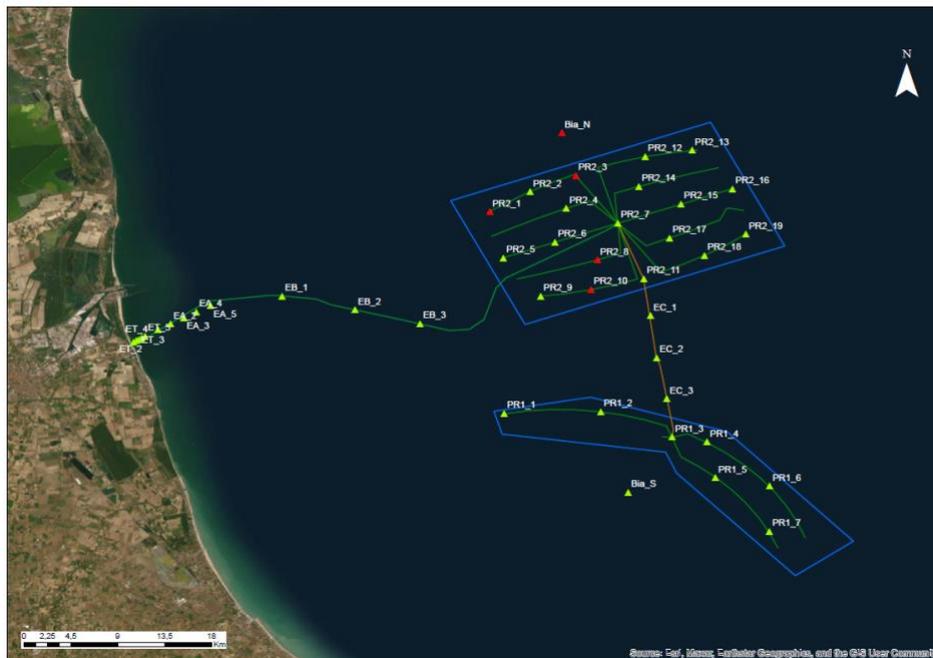
Nella successiva Figura sono raffigurati i risultati relativi ai superamenti dei limiti per i metalli rilevati nelle stazioni campionate. I triangoli rossi identificano stazioni entro cui si siano rilevati superamenti della soglia L1 (o L2 per la stazione EA_4), in verde le stazioni conformi ai valori soglia.

Superamenti del valore L1 per il Cromo

⁴ Il campione prelevato alla stazione PR1_5 presentava inoltre livelli di contaminazione superiori alle soglie per il rame, con un valore pari a 42,8 contro un limite L1 di 40 mg/kg.



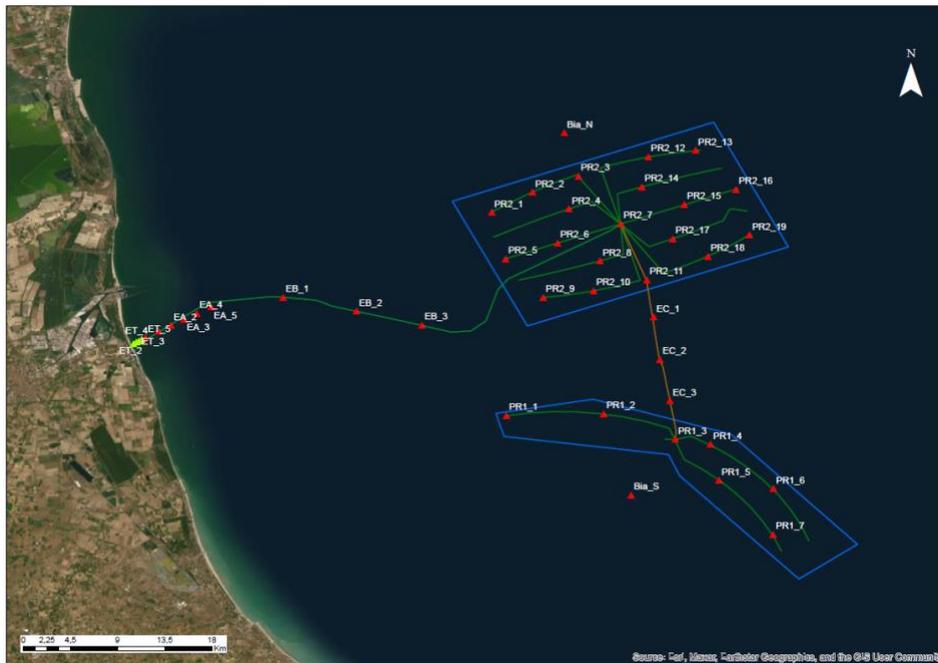
Superamenti del valore L1 per il Mercurio



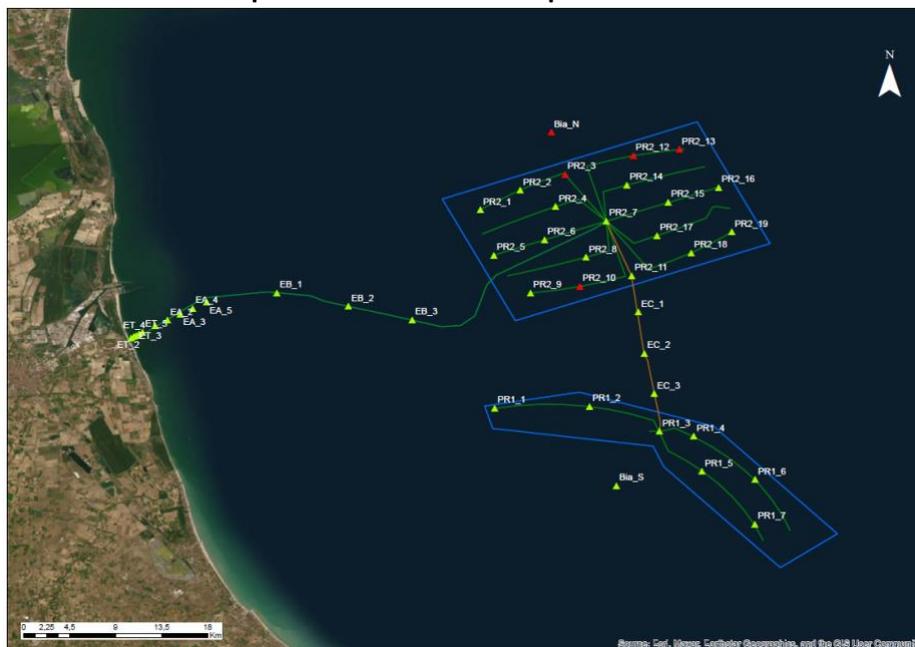
Superamenti del valore L1 per il Nichel



Appendici della relazione generale di riscontro alle richieste di integrazioni in procedura di VIA
AGNROM_INT-R_REL-INT-APP



Superamenti del valore L1 per il Piombo



Superamenti del valore L2 per il Piombo



Superamenti del valore L1 per lo Zinco





Figura 0.12: Superamenti di Cromo, Nichel, Mercurio, Piombo e Zinco nelle stazioni esaminate. I punti indicati da triangolo rosso identificano un superamento del valore L1, in verde sono invece identificate le stazioni conformi ai valori soglia.

Tabella 8: Confronto tra le medie dei valori di concentrazione dei metalli nelle stazioni indagate e dei dati riportati in letteratura in Adriatico.

	Media campionamenti (mg/kg) ± deviazione standard	Media letteratura (mg/kg) ± deviazione standard
Cromo	52,21 ± 12,35	105 ± 35 ⁽¹⁾
Mercurio	0,14 ± 0,13	0,24 ⁽²⁾ ± NA
Nichel	51,69 ± 12,54	59 ± 24 ⁽¹⁾
Piombo	23,76 ± 11,62	15 ± 5 ⁽¹⁾
Zinco	76,53 ± 20,5	91 ± 24 ⁽¹⁾

(1) Lopes-Rocha, M., Langone, L., Miserocchi, S., Giordano, P., & Guerra, R. (2017). Spatial patterns and temporal trends of trace metal mass budgets in the western Adriatic sediments (Mediterranean Sea). *Science of the Total Environment*, 599, 1022-1033.

(2) Guerzoni, S., Frignani, M., Giordani, P., & Frascari, F. (1984). Heavy metals in sediments from different environments of a Northern Adriatic Sea area, Italy. *Environmental Geology and Water Sciences*, 6(2), 111-119.

Analisi ecotossicologica

La sola analisi chimica, sebbene in grado di determinare la concentrazione di alcune sostanze presenti nella matrice sedimento, non è in grado di fornire un'indicazione reale del loro impatto su eventuali recettori. Alti livelli chimici nei sedimenti potrebbero non rappresentare infatti un rischio se in forme non trasferibili al biota. Viceversa, bassi livelli chimici nei sedimenti potrebbero rappresentare un rischio a causa di effetti sinergici tra composti diversi o di sostanze non misurate.

Sono dunque state eseguite, sui 44 campioni compositi ottenuti, anche analisi ecotossicologiche. Per ciascun campione sono stati eseguiti 3 saggi:

- Saggio di tossicità con batteri bioluminescenti (*Vibrio fischeri*)
- Saggio di inibizione della crescita algale di *Dunaliella tertiolecta*
- Saggio di inibizione dello sviluppo di embrioni di *Paracentrotus lividus*

Il primo saggio fornisce indicazioni sul "Sediment Toxicity Index" o STI. Il secondo e terzo saggio determinano la tossicità in EC50 (concentrazione effettiva che produce un effetto nel 50% degli organismi esposti) ed EC20 (concentrazione che produce un effetto nel 20% degli organismi esposti).



Nella tabella seguente si riportano le scale adottate nella valutazione delle risultanze ecotossicologiche (ISPRA, Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini, 2007).

Tabella 9: Scale di tossicità adottate nella valutazione delle risultanze ecotossicologiche

Specie test	Tossicità assente/trascurabile	Tossicità media	Tossicità elevata	Tossicità molto elevata
<i>Vibrio fischeri</i>	STI ≤ 3	3 ≤ STI ≤ 6	6 ≤ STI ≤ 12	STI > 12
<i>Dunaliella tertiolecta</i>	EC20 ≥ 90%	EC20 < 90%, EC50 >100%	40% < EC50 < 100%	EC50 < 40%
<i>Paracentrotus lividus</i>	EC20 ≥ 90%	EC20 < 90%, EC50 >100%	40% < EC50 < 100%	EC50 < 40%

Tabella 10: Risultati dei saggi di ecotossicità su *V.fischeri*, *D.tertiolecta* e *P.lividus*. Le stazioni sono ordinate in senso costa-largo e Nord-Sud.

Saggio di Ecotossicità	Vibrio fischeri	Dunaliella tertiolecta		Paracentrotus lividus	
		EC50% 96h	EC20% 96h	EC50% 72h	EC20% 72h
Nome Stazione	STI				
ET_1	0,4	97	7	<25	<25
ET_2	<0,1	>100	>100	61	37
ET_3	0,4	>100	31	69	50
ET_4	<0,1	>100	>100	>100	>100
ET_5	0,1	>100	>100	71	53
EA_1	0,2	>100	>100	75	60
EA_2	0,4	>100	>100	84	69
EA_3	0,8	>100	>100	78	55
EA_4	0,6	>100	>100	81	62
EA_5	0,4	>100	46,4	80	59
EB_1	1	>100	>100	90	72
EB_2	0,7	>100	>100	>100	>100
EB_3	0,8	>100	>100	>100	>100
BIA-N	0,7	>100	>100	86	64
PR2_1	0,8	>100	>100	>100	>100
PR2_2	0,7	>100	75,9	>100	>100
PR2_3	0,9	>100	>100	>100	>100



Appendici della relazione generale di riscontro alle richieste di integrazioni in procedura di VIA
AGNROM_INT-R_REL-INT-APP

PR2_12	0,9	>100	>100	>100	>100
PR2_13	0,8	>100	>100	>100	>100
PR2_4	0,9	>100	70	79	61
PR2_14	1,1	>100	70	>100	>100
PR2_5	1	>100	>100	>100	>100
PR2_6	0,6	>100	>100	>100	>100
PR2_7	1,2	>100	>100	>100	>100
PR2_15	0,8	>100	20	>100	>100
PR2_16	0,8	>100	>100	>100	>100
PR2_8	1,7	>100	>100	>100	>100
PR2_17	1,2	>100	>100	>100	>100
PR2_9	0,9	>100	>100	>100	>100
PR2_10	0,6	>100	>100	>100	>100
PR2_11	0,8	>100	>100	>100	>100
PR2_18	1,6	>100	>100	>100	>100
PR2_19	0,6	>100	>100	81	59
EC_1	0,7	>100	>100	>100	>100
EC_2	0,6	>100	>100	>100	>100
EC_3	0,8	>100	>100	>100	>100
PR1_1	0,8	>100	>100	87	69
PR1_2	1,1	>100	>100	>100	>100
PR1_3	0,8	>100	>100	>100	>100
PR1_4	0,8	>100	>100	>100	>100
PR1_5	0,3	>100	>100	>100	>100
PR1_6	0,6	>100	>100	88	70
BIA-S	0,8	>100	>100	>100	>100
PR1_7	0,5	>100	>100	>100	>100

In 26 stazioni su 44 è stata riscontrata una tossicità assente (Stazioni BIA_S; PR1_2, PR1_3, PR1_4, PR1_5, PR1_7; PR2_1, PR2_3, PR2_5, PR2_6, PR2_7, PR2_8, PR2_9, PR2_10, PR2_11, PR2_12, PR2_13, PR2_16, PR2_17, PR2_18, EB_2, EB_3, EC_1, EC_2, EC_3, ET_4).

In 3 stazioni su 44 (PR2_2, PR2_14, PR2_15) la tossicità è risultata media per *Dunaliella tertiolecta*.



Appendici della relazione generale di riscontro alle richieste di integrazioni in procedura di VIA
AGNR0M_INT-R_REL-INT-APP

In 3 stazioni (EA_5, ET_3, PR2_4) la tossicità è risultata media per *Dunaliella tertiolecta* ed elevata per *Paracentrotus lividus*.

In 11 stazioni è stata rilevata una tossicità elevata per *Paracentrotus lividus* (Stazioni BIA-N, EA_1, EA_2, EA_3, EA_4, EB_1, ET_2, ET_5, PR1_1, PR1_6, PR2_19).

In una stazione (ET_1) la tossicità è risultata elevata per *Dunaliella tertiolecta* e molto elevata per *Paracentrotus lividus*.

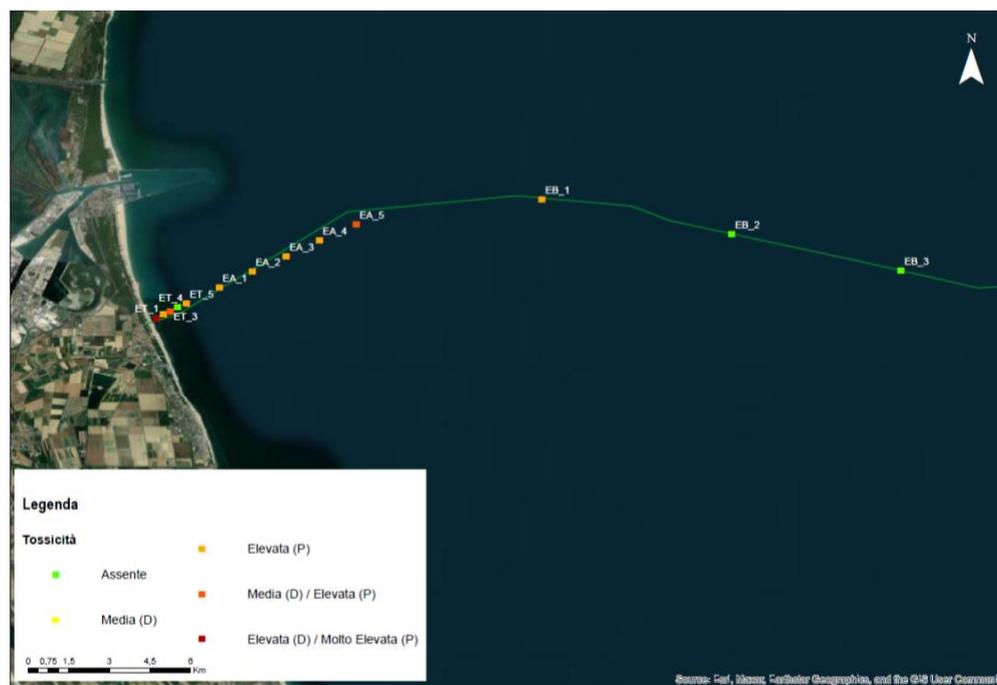




Figura 0.13: Risultati dei saggi ecotossicologici. Nelle figure, la tossicità per *D. tertiolecta* è indicata con la sigla (D), quella per *P. lividus* con la sigla (P).

Incrociando i risultati delle analisi chimiche ed ecotossicologiche sui sedimenti analizzati, è possibile concludere quanto segue:

- In 25 delle stazioni in cui l'analisi chimica ha evidenziato il superamento dei limiti di contaminazione l'ecotossicità è risultata assente. È pertanto possibile ipotizzare che in queste stazioni, seppur presenti, i contaminanti siano in forme non biodisponibili. Anche nella stazione ET_4 (nella quale non risultano superamenti delle soglie di contaminazione chimica) l'ecotossicità è risultata assente.
- In 3 delle stazioni prive di superamenti nelle soglie di contaminazione chimica (stazioni ET_1, ET_2, ET_3, ubicate nell'area più prossima alla costa) la tossicità è risultata media, elevata o molto elevata per due dei tre organismi test (*Dunaliella tertiolecta* e *Paracentrotus lividus*). In questo caso è ipotizzabile che nonostante i ridotti livelli chimici, i contaminanti possano aver espletato un effetto sinergico tale da risultare in effetti ecotossici.
- In 15 stazioni, a superamenti nei livelli chimici sono corrisposti effetti tossici negli organismi test (stazioni BIA-N, EA_1, EA_2, EA_3, EA_4, EA_5, EB_1, ET_5, PR1_1, PR1_6, PR2_2, PR2_4, PR2_14, PR2_15, PR2_19). Si presume pertanto che i contaminanti siano presenti in forma biodisponibile ed assimilabile dagli organismi (Tabella 11, Figura).

Tabella 11: Stazioni con superamenti nei livelli chimici (L1 e/o L2) ed effetti tossici negli organismi test. Le stazioni sono ordinate in senso costa-largo e Nord-Sud.

Stazioni	Cromo Totale		Mercurio	Nichel		Piombo		Zinco
	L1	L2	L1	L1	L2	L1	L2	L1
ET_5				X				
EA_1				X				
EA_2				X				
EA_3				X				
EA_4	X			X			X	
EA_5				X				
EB_1	X			X				
BIA_N	X		X	X		X		
PR2_2	X			X				
PR2_4	X			X				
PR2_14	X			X				



PR2_15	X		X		
PR2_19			X		
PR1_1	X		X		X
PR1_6			X		

In due aree sussistono quindi alcune criticità dal punto di vista chimico ed ecotossicologico: l'area più prossima alla costa sino alla stazione EB_1, sita a circa 10 km a largo, e l'area nord-occidentale del Parco Romagna 2 (Figura Error! Reference source not found.).

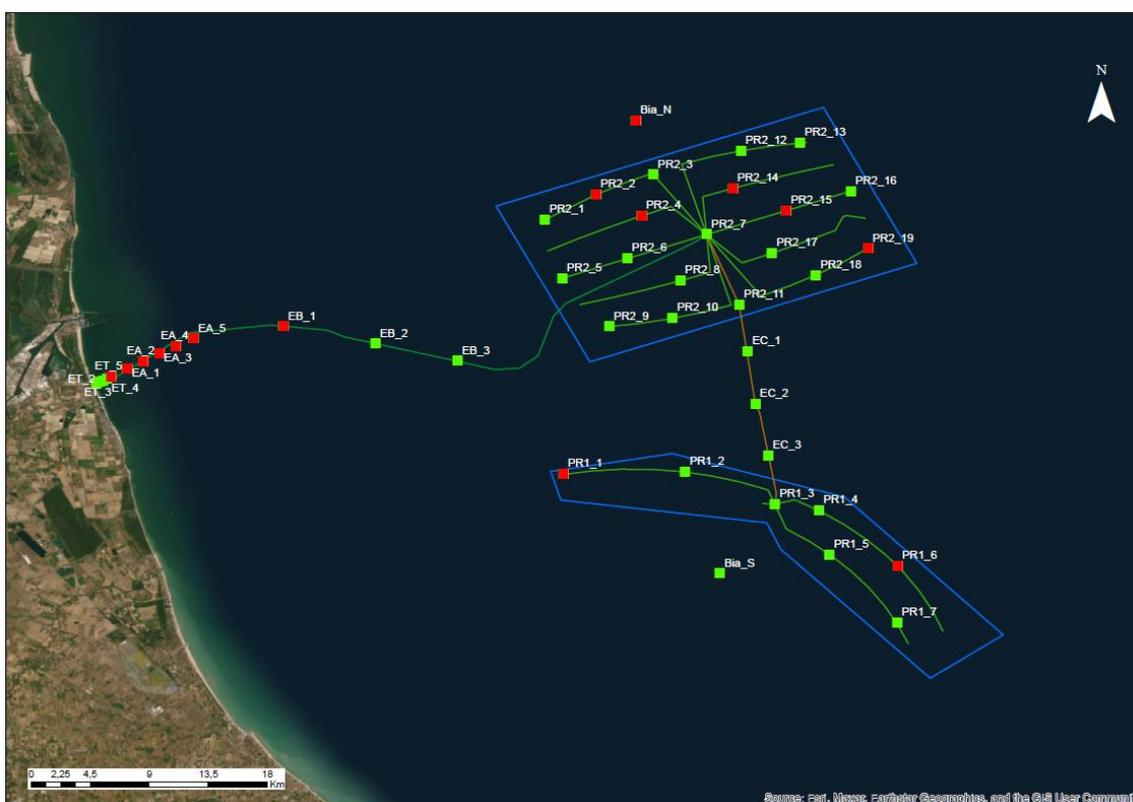


Figura 0.14: Rappresentazione grafica delle stazioni con superamenti nei livelli chimici ed effetti tossici sugli organismi test (indicati dai quadrati rosse).

Analisi microbiologiche

I campioni di sedimento sono stati sottoposti ad analisi microbiologica nonostante, in accordo con il D.M. 173/2016, attualmente non risulti possibile definire valori limite di carattere sanitario per le abbondanze di



indicatori di contaminazione fecale e singoli microrganismi patogeni nei sedimenti e nelle sabbie. Tutti i campioni presentavano livelli di *E. coli* inferiori a 7 MPN⁵/g.

Tabella 12: Risultati delle analisi microbiologiche nelle stazioni analizzate ordinate in senso costa-largo e Nord-Sud

	Stazione	<i>E.coli</i> (MPN/g ss)
Cavo di Export	Stazione ET_1	< 4
	Stazione ET_2	< 4
	Stazione ET_3	< 4
	Stazione ET_4	< 4
	Stazione ET_5	< 4
	Stazione EA_1	< 4
	Stazione EA_2	< 5
	Stazione EA_3	< 4
	Stazione EA_4	< 5
	Stazione EA_5	< 5
	Stazione EB_1	< 5
	Stazione EB_2	< 6
	Stazione EB_3	< 6
	Parco Romagna 2	Stazione BIA-N
Stazione PR2_1		< 7
Stazione PR2_2		< 6
Stazione PR2_3		< 6
Stazione PR2_12		< 7

⁵ Il *Most Probable Number* (o MPN) o tecnica di conteggio con tubi multipli è una tecnica analitica usata per contare la carica microbica di un campione. Si tratta di un metodo di conteggio indiretto della carica batterica, in cui i microrganismi vitali vengono contati sulla base di una manifestazione visibile della crescita (torbidità, viraggio indicatori, etc.). In tale metodo statistico, la densità dei microrganismi ricercati è ricavata da una elaborazione dei dati positivi e negativi, ottenuti da una serie di inoculi del campione di acqua in terreni colturali liquidi.



	Stazione PR2_13	< 6
	Stazione PR2_4	< 7
	Stazione PR2_14	< 6
	Stazione PR2_5	< 6
	Stazione PR2_6	< 6
	Stazione PR2_7	< 6
	Stazione PR2_15	< 6
	Stazione PR2_16	< 5
	Stazione PR2_8	< 6
	Stazione PR2_17	< 6
	Stazione PR2_9	< 7
	Stazione PR2_10	< 7
	Stazione PR2_11	< 6
	Stazione PR2_18	< 6
	Stazione PR2_19	< 6
Cavo di connessione	Stazione EC_1	< 7
	Stazione EC_2	< 7
	Stazione EC_3	< 7
Parco Romagna 1	Stazione PR1_1	< 7
	Stazione PR1_2	< 7
	Stazione PR1_3	< 7
	Stazione PR1_4	< 7
	Stazione PR1_5	< 7
	Stazione PR1_6	< 6
	Stazione BIA_S	< 7
	Stazione PR1_7	< 6

Per quanto riguarda gli enterococchi intestinali (Streptococchi fecali), 40 dei 44 campioni presentavano cariche microbiche inferiori al Limite di Rilevabilità (*i.e.* la minima concentrazione misurata da cui è possibile dedurre



con ragionevole certezza statistica la presenza dell'analita)⁶. Soltanto in 4 stazioni, posizionate all'interno del Parco Romagna 2, è stata rilevata la presenza di enterococchi: le stazioni PR2_1 (< 7 MPN/g), PR2_5 (< 6 MPN/g), PR2_7 (< 6 MPN/g) e PR2_9 (< 7 MPN/g).

6.5.3 Sensibilità

La Sensibilità della componente è stata valutata tenendo conto della presenza o assenza delle caratteristiche sotto riportate e con riferimento all'Area di Sito.

- Presenza di zone caratterizzate dalla presenza di sedimento fine adatto all'adsorbimento dei contaminanti (v. paragrafo **Error! Reference source not found.**);
- Presenza di zone con livello di contaminazione dei sedimenti superiore ai valori soglia stabiliti dalla normativa (v. paragrafo **Error! Reference source not found.**).

CARATTERISTICA	PRESENZA/ASSENZA
Presenza di zone caratterizzate dalla presenza di sedimento fine adatto all'adsorbimento dei contaminanti	✓
Presenza di zone con livello di contaminazione dei sedimenti superiore ai valori soglia stabiliti dalla normativa	✓

SENSIBILITA': ALTA

⁶ Per 17 dei 40 campioni con concentrazione di enterococchi inferiori al Limite di Rilevabilità è stato superato l'holding time, cioè l'adeguato tempo tra la raccolta e l'analisi del campione. Tuttavia, poichè le colonie batteriche non cessano di riprodursi sino al momento dell'analisi, il superamento dell'holding time rappresenta un'ulteriore garanzia di assenza di contaminazione batterica rilevabile.