

# HUB PORTUALE ravenna



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare Adriatico centro settentrionale



APPROFONDIMENTO CANALI CANDIANO E BAIONA,  
ADEGUAMENTO BANCHINE OPERATIVE ESISTENTI,  
NUOVO TERMINAL IN PENISOLA TRATTAROLI E  
RIUTILIZZO MATERIALE ESTRATTO IN ATTUAZIONE  
AL P.R.P VIGENTE 2007 - I FASE - PORTO DI RAVENNA

## PROGETTO ESECUTIVO

**oggetto** BANCHINE - FASE 2  
ELABORATI GENERALI  
PIANO DI UTILIZZO

**file**  
1114-E-BAX-MAT-RT-02-0.doc

**codice**  
1114-E-BAX-MAT- RT-02-0

**scala**  
-

Revisione	data	causale	redatto	verificato	approvato
0	28/04/2022	Emissione per approvazione	A. Bettinetti	L. de Angelis	F. Busola

responsabile delle Integrazioni Specialistiche: **Ing. Lucia de Angelis**

responsabile del Procedimento: **Ing. Matteo Graziani**

committente



Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Centro Settentrionale  
Via Antico Squero, 31  
48122 Ravenna

contraente generale



Consorzio Stabile Grandi Lavori Srl  
Piazza del Popolo 18  
00187 Roma



DEME - Dredging International NV  
Haven 1025 - Scheldedijk 30  
2070 Zwijndrecht - Belgium

progettisti



Technital S.p.A.  
Via Carlo Cattaneo, 20  
37121 Verona

Direttore Tecnico  
Dott. Ing. Filippo Busola



F&M Ingegneria SpA  
Via Belvedere 8/10  
30035 Mirano (VE)

Direttore Tecnico  
Dott. Ing. Tommaso Tassi



SISPI srl  
Via Filangieri 11  
80121 Napoli

Direttore Tecnico  
Dott. Ing. Marco Di Stefano

## BANCHINE FASE 2

### Piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo

---

28 aprile 2022

---

PROGETTISTI

RTP:  

**F&M**  
ingegneria

**SISPI**  
engineering

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>QUADRO NORMATIVO.....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....</b>	<b>8</b>
<b>3.1</b>	<b>DENOMINAZIONE ED UBICAZIONE DEI SITI.....</b>	<b>8</b>
3.1.1	SITI DI PRODUZIONE.....	8
3.1.2	SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO .....	8
3.1.3	SITI DI DESTINO FINALE .....	10
<b>3.2</b>	<b>ATTIVITA' DI SCAVO .....</b>	<b>16</b>
3.2.1	BANCHINA LLOYD .....	16
3.2.2	BANCHINA TRATTAROLI SUD .....	17
3.2.3	BANCHINA IFA.....	18
3.2.4	BANCHINA FUTURO CTS.....	19
<b>3.3</b>	<b>VOLUMI DEI MATERIALI DA RIMUOVERE E DESTINAZIONE.....</b>	<b>20</b>
3.3.1	BANCHINA LLOYD .....	20
3.3.2	BANCHINA TRATTAROLI SUD – CANTIERI E E F.....	21
3.3.3	BANCHINA IFA.....	22
3.3.4	BANCHINA FUTURO CTS (N2).....	22
<b>3.4</b>	<b>PERCORSI PREVISTI PER IL TRASPORTO DEI MATERIALI DI SCAVO.....</b>	<b>23</b>
<b>3.5</b>	<b>CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITA'.....</b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO URBANISTICO .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1</b>	<b>STRUMENTI URBANISTICI VIGENTI .....</b>	<b>26</b>
<b>4.2</b>	<b>SITI DI PRODUZIONE.....</b>	<b>26</b>
<b>4.3</b>	<b>SITI DI DESTINO FINALE.....</b>	<b>27</b>
4.3.1	CAVA "LA BOSCA".....	27
4.3.2	AREA CO S3 LOGISTICA ROMEA BASSETTE.....	29
4.3.3	RIUTILIZZO NEI SITI DI PRODUZIONE.....	32
<b>5</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....</b>	<b>33</b>
<b>5.1</b>	<b>AREA VASTA .....</b>	<b>33</b>
<b>5.2</b>	<b>ASSETTO STRATIGRAFICO IN CORRISPONDENZA DELLE AREE PORTUALI.....</b>	<b>36</b>
<b>6</b>	<b>ATTIVITÀ PREGRESSE SVOLTE NEL SITO .....</b>	<b>40</b>
<b>6.1</b>	<b>AREA PORTUALE.....</b>	<b>40</b>
<b>6.2</b>	<b>CAVA LA BOSCA.....</b>	<b>42</b>
<b>6.3</b>	<b>AREA LOGISTICA S3.....</b>	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEL SITO.....</b>	<b>45</b>

7.1	IL PIANO DI INDAGINE .....	45
7.2	BANCHINA LLOYD .....	46
7.3	BANCHINA TRATTAROLI SUD (CANTIERI E - F).....	48
7.4	BANCHINA IFA.....	49
7.5	BANCHINA FUTURO CTS (CANTIERE N2).....	51
8	ACQUE DI FALDA .....	54
9	ALLEGATI .....	58

## 1 PREMESSA

Il Porto di Ravenna è costituito da un canale principale, Candiano, e due secondari, Baiona a Piombone. Nel complesso sono attualmente presenti 24 km di banchine disponibili, di cui 18.5 km operative. Le merci trattate dai terminalisti privati sono principalmente rinfuse, liquidi, container.

A seguito delle analisi del traffico e degli scenari futuri, il PRP del 2007 ha fissato come priorità per lo sviluppo del Porto l'approfondimento dei fondali per permettere l'ingresso di navi di dimensioni maggiori rispetto alle attuali, oltre alla realizzazione di un nuovo Terminal Container.

Le opere dei primi due stralci, oggetto del presente progetto "Hub portuale di Ravenna", consistono nella realizzazione del nuovo Terminal Container e in un primo step di approfondimento dei fondali, oltre al conseguente adeguamento strutturale di parte delle banchine esistenti. In linea di massima le opere di adeguamento si rendono necessarie per garantire la stabilità strutturale anche a fronte del previsto futuro approfondimento dei fondali antistanti.

Le banchine interessate dall'adeguamento ed inserite nel presente progetto sono:

- Banchina BUNGE NORD
- Banchina BUNGE SUD
- Banchina ALMA
- Banchina LLOYD
- Banchina TRATTAROLI NORD (CEMENTILCE UNIGRA'-UNITERMINAL)
- Banchine TRATTAROLI SUD
- Banchina IFA
- Banchina DOCKS PIOMBONI NORD
- Banchina FUTURO CTS, ove sarà realizzato il Nuovo terminal container, che include il tratto in sovrapposizione (cantiere N1) ed il tratto da realizzare ex novo (cantiere N2)

La ubicazione delle diverse banchine è riportata nella figura seguente; si può notare che la maggior parte delle banchine portuali oggetto di intervento sia situata ad ovest del canale Candiano, mentre ad est del canale gli interventi riguardano solo la parte terminale della penisola Trattaroli, ove è prevista la realizzazione del futuro terminal container.

Va osservato che sebbene le operazioni di sistemazione delle banchine portuali siano state inquadrate in cantieri distinti per motivi operativi, l'insieme di tutte le aree costituisce parte dell'area di cantiere, in quanto parti del progetto unitario di adeguamento del bacino portuale. Conseguentemente il trasporto di materiale da una banchina ad un'area di deposito temporaneo di un'altra banchina ovvero il riutilizzo in banchine diverse, anche quando comporti la necessità di interessare la viabilità presente fra le diverse aree industriali, si configura come uno spostamento all'interno del medesimo cantiere.

Nella maggior parte dei casi la soluzione adottata nel progetto esecutivo prevede di mantenere il palancolato metallico esistente e di intervenire a tergo rafforzando i sistemi di ancoraggio (tiranti metallici) e realizzando un nuovo piano di banchina mediante piattaforma in calcestruzzo appoggiata su pali.

Vengono contestualmente ripristinate le pavimentazioni esistenti e, quando necessario, gli arredi di banchina, così da rendere pienamente operative le nuove banchine realizzate.

Ovviamente l'entità degli interventi dipende dallo stato di conservazione delle strutture esistenti.

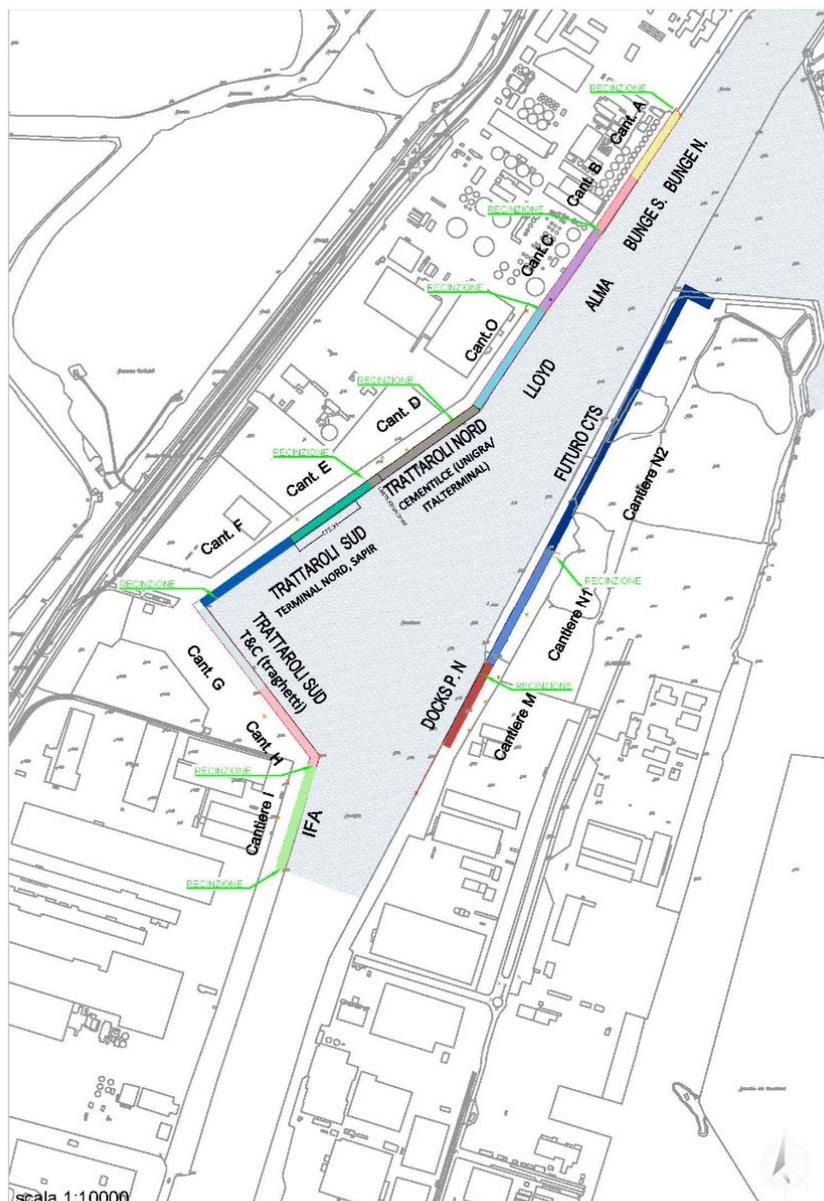


Figura 1 – Planimetria di inquadratura della zona banchine

Le differenze più significative rispetto allo schema base riguardano la banchina IFA e la banchina del Nuovo Terminal Container.

Nel caso della banchina IFA, la struttura esistente è costituita da un diaframma in calcestruzzo e l'intervento prevede la realizzazione di una paratia di pali trivellati in c.a. a tergo dei diaframmi esistenti, di altre due file di pali trivellati con ricostruzione della trave di coronamento estesa lato mare, la formazione della piattaforma su pali e realizzazione di tiranti di ancoraggio a bulbo di fondazione.

Nel caso della banchina del futuro Nuovo Terminal Container (cantiere N1) oltre ad intervenire sulla parete di sostegno, occorre elevare il piano banchina di circa un metro, passando ad una quota a +3,50 m su l.m.m. invece della precedente previsione di 2,50 m su l.m.m, mentre nel tratto adiacente (cantiere N2) verrà realizzata una nuova struttura di sostegno costituita da una parete combinata in acciaio e calcestruzzo.

Il presente documento costituisce il Piano di Utilizzo per la gestione dei materiali di scavo, derivati dagli sbancamenti per la formazione delle nuove banchine e dalla trivellazione dei pali necessari a garantirne la stabilità

I materiali derivanti da tali scavi sono gestiti come sottoprodotti nell'ambito della normativa di riferimento: DPR 120/17 e s.m.i.. "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164"; il presente documento è quindi stato predisposto secondo le indicazioni di cui all'Art. 9 ed all'Allegato 5 del DPR 120/17 e s.m.i.

Per motivi operativi, la realizzazione delle opere avverrà in due fasi distinte, il presente documento si riferisce quindi alle opere di fase 2:

- Banchina LLOYD
- Banchina TRATTAROLI SUD (cantieri E ed F)
- Banchina IFA
- Banchina FUTURO CTS, (cantiere N2)

## 2 QUADRO NORMATIVO

I principali riferimenti normativi sono costituiti dal D. Lgs. 152 del 03/04/2006 e ss.mm.ii. “Testo Unico Ambientale” e dal D.P.R. 120 del 13/06/2017 “Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell’articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164”.

### 3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

#### 3.1 Denominazione ed ubicazione dei siti

##### 3.1.1 Siti di produzione

I siti di produzione sono rappresentati dalle aree delle banchine citate, ove saranno effettuati gli scavi di sbancamento e gli scavi per la realizzazione dei nuovi pali e dei tiranti di ancoraggio.

La lunghezza complessiva delle banchine interessate dagli scavi è stata determinata con rilievo di dettaglio eseguito nel 2020 e riportata nelle tabelle seguenti

Tabella 1 lunghezza delle banchine in progetto ubicate in sponda sinistra del canale Candiano

BANCHINA	CANTIERE	LUNGHEZZA (m)
LLOYD	O	269,81
TRATTAROLI NORD	E	52,84
TRATTAROLI SUD	E	172,32
	F	252,00
IFA	I	250,16

Tabella 2 lunghezza delle banchine in progetto ubicate in sponda destra del canale Candiano

BANCHINA	CANTIERE	LUNGHEZZA (m)
FUTURO CTS	N2	656,51
	Testata N2	75,12

##### 3.1.2 Siti di deposito intermedio

A causa della esiguità degli spazi disponibili (le lavorazioni riguardano solo una stretta fascia a ridosso delle banchine), in linea di massima i materiali scavati che sono idonei al conferimento in cava la Bosca, saranno caricati su autocarro e inviati al sito di destino finale esterno senza essere accumulati temporaneamente.

I materiali non impiegabili in cava La Bosca saranno reimpiegati in sito per il tombamento parziale degli scavi nella stessa banchina in cui sono stati prelevati o in altre banchine del medesimo progetto, o trasferiti nell'area logistica S3. Per trasferimenti dalla banchina oggetto di scavo verso altre banchine o l'area logistica, non si

prevedono stoccaggi temporanei: saranno comunque disponibili delle vasche di deposito temporaneo già previste per la gestione dei rifiuti derivanti dalle demolizioni delle strutture presenti (es pavimentazioni).

Si tratta di vasche realizzate con elementi prefabbricati ed ubicate all'interno delle aree di cantiere; che hanno dimensioni variabili in funzione della effettiva disponibilità di spazi e delle necessità di cantiere.

Nello schema seguente sono elencate le vasche disponibili secondo le dimensioni massime sfruttabili:

*Tabella 3 Dimensioni massime delle vasche di deposito temporaneo a servizio delle diverse banchine in progetto.*

Banchina	Superficie m <sup>2</sup>	Larghezza m	Lunghezza m	Altezza m	Volume m <sup>3</sup>
IFA	392,00	8,00	49,00	1,20	470,40
TRATTAROLI NORD/SUD (banchina E)	392,00	8,00	49,00	1,20	470,40
TRATTAROLI SUD (banchina F)	392,00	8,00	49,00	1,20	470,40
LLOYD	315,00	8,00	39,38	1,20	378,00
FUTURO CTS (N2)	1015,00	8,00	126,88	1,20	1.218,00

Poiché gli scavi saranno effettuati a valle delle demolizioni, le vasche saranno disponibili ad accogliere il materiale di scavo per il tempo necessario ad eseguire le lavorazioni previste prima del reimpiego in sito o per il trasferimento in altra area.

In caso di necessità, sarà utilizzata l'area esterna alle aree in lavorazione (ma sempre inclusa nell'area generale di cantiere del progetto complessivo) presa in disponibilità dal Contraente Generale per la realizzazione di ulteriori vasche di deposito della capacità di 3000 metri cubi. L'area è evidenziata nella figura seguente ed è situata in penisola Trattaroli, a tergo delle aree di lavorazione ubicate lungo il lato orientale del canale Candiano.



Figura 2 - Planimetria dell'area in disponibilità del Contraente Generale, ubicata nella penisola Trattaroli

Le aree di deposito temporaneo saranno disponibili per tutta la durata dei lavori di adeguamento delle banchine, con estensione e capacità a seconda delle esigenze di cantiere, secondo il tempo massimo previsto dal cronoprogramma di progetto:

- Lloyd: 24 mesi
- Trattaroli Sud (cantieri E ed F): Cantiere E: 15 mesi; Cantiere F: 15 mesi
- IFA: 21 mesi
- Futuro CTS: 36 mesi (il tempo si riferisce a entrambi i cantieri)

Il tempo indicato è quello massimo teorico, ovviamente le vasche potranno rimanere in funzione anche per un tempo inferiore, in funzione delle esigenze del cantiere

### 3.1.3 Siti di destino finale

I Siti di destino finale, a seconda dei dati di caratterizzazione della qualità delle terre e rocce oggetto di scavo, sono principalmente tre:

- I siti di produzione, ovvero le banchine oggetto di intervento
- La cava "La Bosca", situata in Via Bosca nel comune di Ravenna
- L'area logistica S3, area di sviluppo a destinazione industriale situata a sud dell'area di progetto e della stessa area portuale.



Figura 3 – Siti di destino

Il sito di destino finale della maggior parte dei materiali scavati, al netto di quelli riutilizzati in sito per il tombamento parziale degli scavi, è rappresentato da cava “La Bosca”, situata in Via Bosca, nel comune di Ravenna, a sud est del centro urbano; alla cava si accede da Via Marabina.

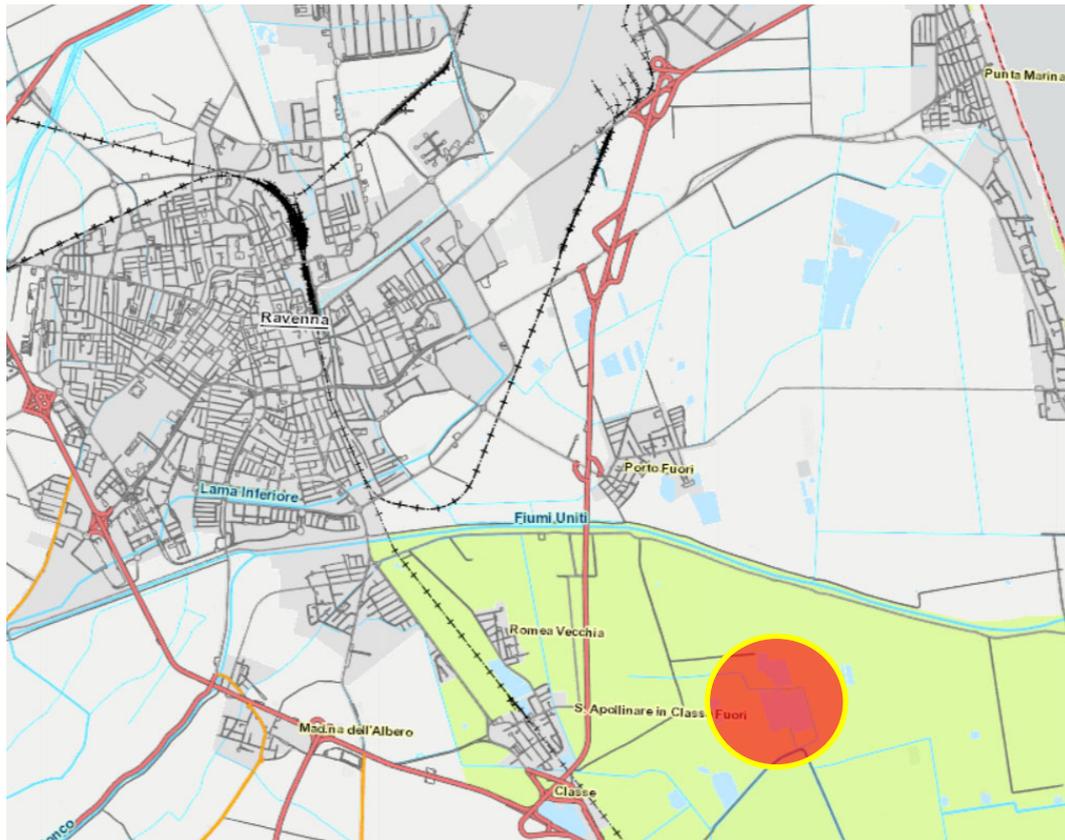


Figura 4– Ubicazione di cava “La Bosca”.

I materiali conformi ai limiti (CSC) per i siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale (cd. colonna A del D.Lgs. 152/06 Allegato 5, Parte IV, Tabella 1) saranno utilizzati per il ripristino ambientale delle aree già coltivate o di futura coltivazione rientranti nel perimetro delle aree autorizzate (PAE).



Figura 5– Estratto della CTR relativa alla cava “La Bosca”. Sono evidenti i bacini derivanti dalla coltivazione

I restanti materiali (conformi ai limiti per i siti ad uso commerciale ed industriale, colonna B) saranno riutilizzati in sito, per il tombamento parziale degli scavi delle banchine, e nella porzione sud della futura area logistica S3 secondo le necessità del progetto di sviluppo dell'area, che garantisce sufficiente capienza ad ospitare i volumi non conformi a Colonna A ma conformi a Colonna B.

L'area Co S3 Logistica Romea Bassette, così come definita dal Progetto Urbanistico dell'Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico centro settentrionale, consiste nell'area compresa tra la via Romea, lo scolo consorziale Fagiolo e la via Baiona ed è suddivisa in un'area a nord ed in una a sud, separate dalla linea ferroviaria (vedi figura seguente).

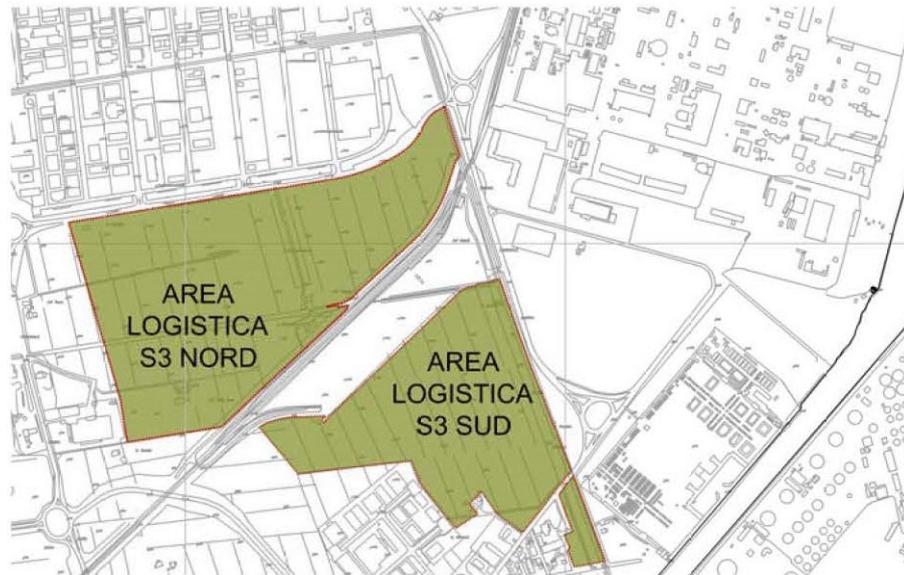


Figura 6 – Estratto della CTR relativa alle aree logistiche S3 Nord e Sud

Nella figura seguente si riporta un estratto del Piano degli espropri del Progetto Definitivo.

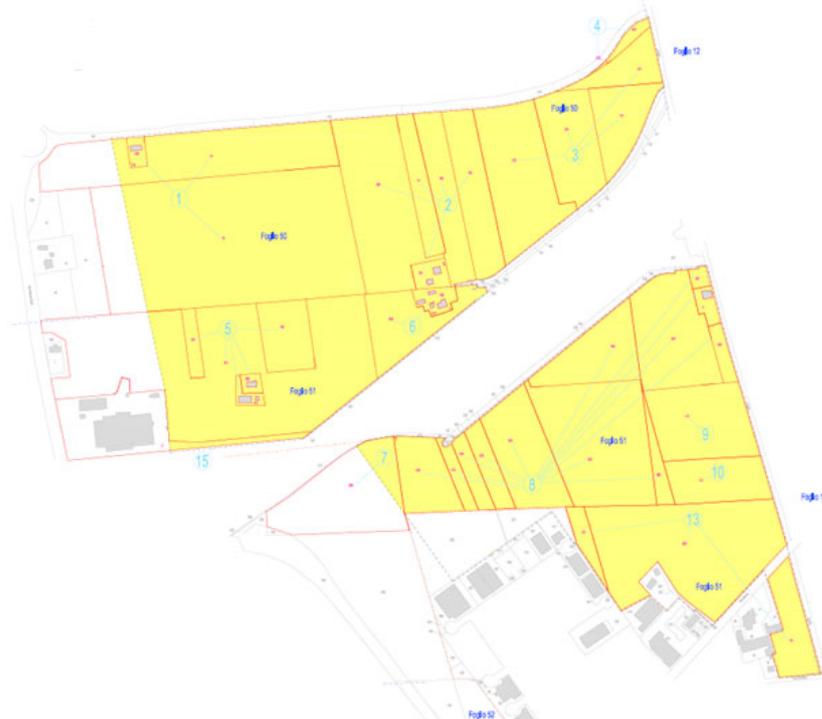


Figura 7 – Inquadramento catastale delle aree logistiche S3 Nord e Sud

Il sito ove saranno versati i materiali è la porzione sud dell'area logistica S3 che, al netto dei volumi depositati a seguito dello svuotamento delle casse di colmata Nadep e Trattaroli, ha una capienza pari a 145.650 metri cubi

Il piano campagna attuale presenta una quota variabile tra 0 e -0.60 m slm; preventivamente all'avvio di riempimento con il materiale dragato, il PD (confermato nel PE) prevede lo "scotico dell'attuale strato di terreno agricolo superiore vegetale" per uno spessore variabile.

Il materiale risultante dallo scotico viene posto lungo il perimetro dell'area a formare aree a verde secondo la conformazione morfologica prevista in progetto.

Il nuovo materiale di dragaggio, quindi, è collocato sul piano di avvenute scotico. Le quote del piano di posa dei materiali dragati sono mediamente pari a -0,95 m, livelli che sono superiori a quello della falda sottostante che è salinizzata.

Pertanto, il trasferimento del materiale nell'area logistica avviene su un substrato di terreno naturale opportunamente sagomato/livellato con contestuale formazione di opportune piste di cantiere per il transito in sicurezza dei mezzi di trasporto del materiale.

Nelle figure seguenti è riportata la configurazione di progetto; in verde sono indicati i rilevati formati con il materiale derivante dallo scotico e destinati alla messa a dimora di specie arboree e arbustive. In marrone le aree ove saranno depositati i materiali derivanti dall'escavo delle banchine, separate dalle piste necessarie per il trasporto e la posa. Nella parte centrale dell'area Sud sono indicate le superfici dedicate al conferimento dei materiali provenienti dallo svuotamento dei sedimenti attualmente presenti nelle casse di colmata "NADEP" e Trattaroli.



Figura 8 – Area Logistica S3 Sud: configurazione di progetto. In marrone le aree di deposito dei materiali provenienti dalle casse di colmata Nadep e Trattaroli

## 3.2 ATTIVITA' DI SCAVO

I materiali di scavo derivano dagli scavi di sbancamento effettuati per il rifacimento delle nuove pavimentazioni di banchina e per la posa dei nuovi sottoservizi (generalmente indicati come scavi a sezione obbligata) e dalla trivellazione dei pali di fondazione, realizzati con tecnologia di scavo che non alteri le caratteristiche del materiale e la validità delle analisi di qualità effettuate.

I profili e le planimetrie di scavo sono riportati graficamente negli elaborati di progetto allegati al presente Piano di Utilizzo.

Nel seguito vengono sinteticamente descritti gli interventi di adeguamento delle banchine, riportando le sezioni di progetto con le nuove opere ed evidenziando le attività di scavo previste.

### 3.2.1 Banchina Lloyd

L'intervento di adeguamento consiste nella realizzazione di una paratia di pali trivellati a tergo dei diaframmi esistenti mantenendo invariato l'attuale ciglio di banchina, la realizzazione di un impalcato su pali a tergo della banchina esistente, e la realizzazione di tiranti di ancoraggio a bulbo iniettato.

Nella figura seguente è riportata una sezione tipologica della nuova banchina:

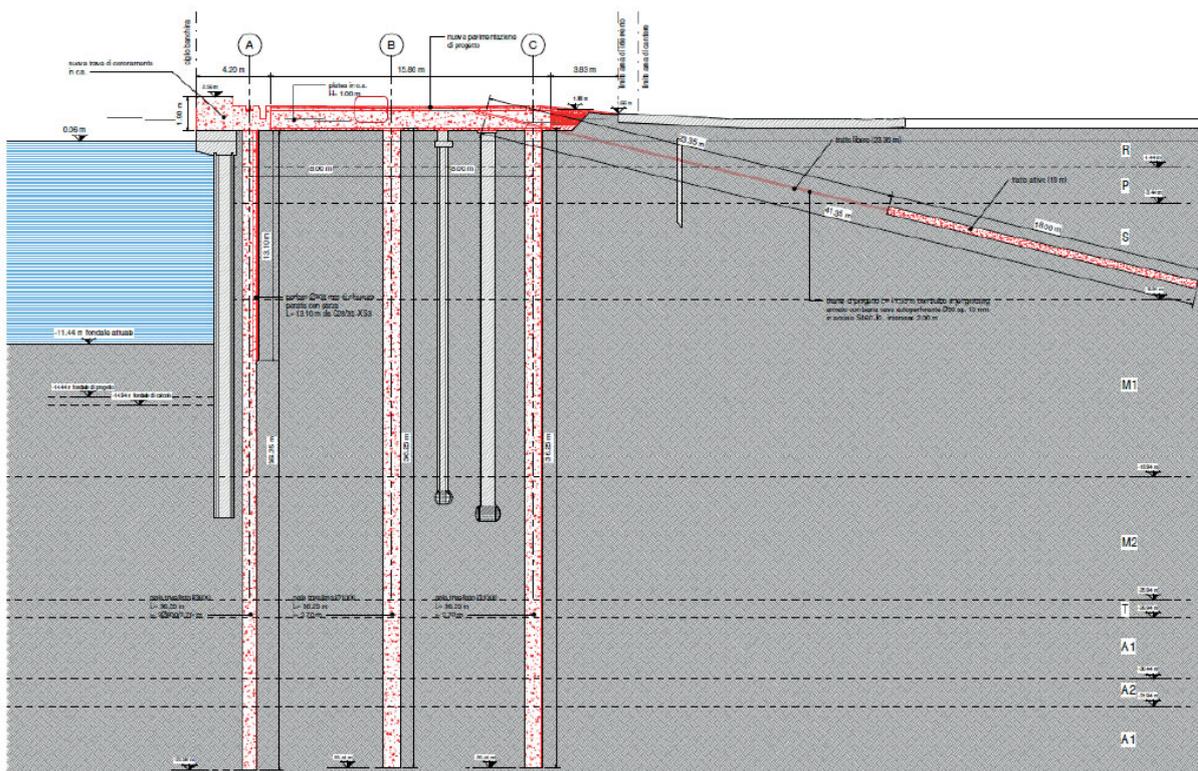


Figura 9 – Sezione adeguata della banchina LLOYD

Gli scavi previsti sono legati:

- demolizione parziale della trave di coronamento esistente fino a quota +0,60 m s.l.m.m. senza interferire con i tiranti esistenti,
- demolizione della trave via di corsa in c.a. esistente;

- realizzazione di una paratia di pali trivellati in c.a. aventi diametro  $d:800$  mm ad interasse  $i = 0,90$  m di lunghezza  $L = 36,25$  m a tergo dei diaframmi esistenti, si prevede inoltre di eseguire n.3 pali  $d:800$  mm in corrispondenza di ogni interspazio tra i tiranti pari a 2.70m.
- realizzazione di n. 2 file di pali trivellati in c.a. diametro  $d:1000$  mm ad interasse  $i = 2,70$  m di lunghezza  $L = 36,25$  m;
- realizzazione di tiranti di ancoraggio a bulbo di fondazione iniettato realizzato con trattamento coassiale in jet grouting, a partire da circa 16,30 m dal ciglio di banchina, di lunghezza 41,35 m, inclinazione  $14^\circ$  sull'orizzontale.

### 3.2.2 Banchina Trattaroli Sud

La banchina di Trattaroli sud è suddivisa in due tratti, mutuamente ortogonali, il primo di lunghezza 457 m ed il secondo di 426 m, utilizzati rispettivamente come terminal Traghetti e per la movimentazione di merci. Attualmente le pareti delle banchine sono realizzate con palancole metalliche ancorate al terreno retrostante.

La soluzione strutturale per l'adeguamento dell'opera prevede la costruzione di una piattaforma di scarico su pali, ancorata a tiranti di ancoraggio a bulbo iniettato.

Nella figura seguente è riportata una sezione tipologica della nuova banchina.

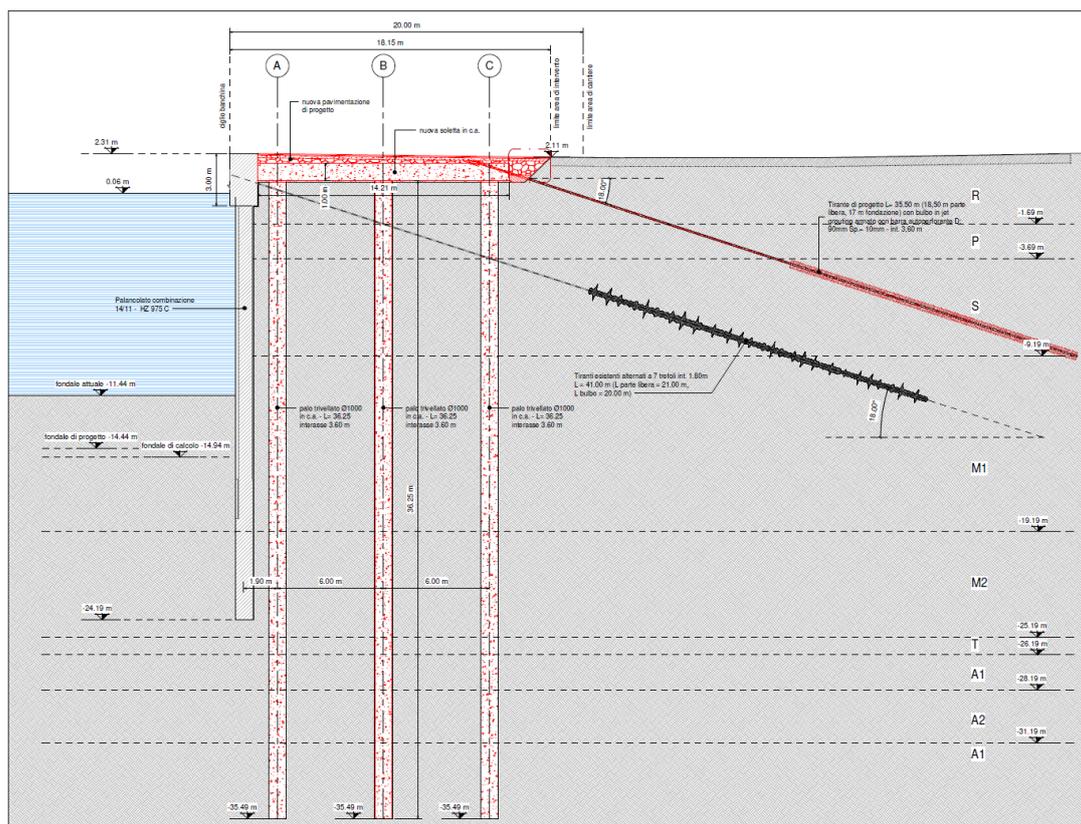


Figura 3-10 – Sezione adeguata della banchina Trattaroli Sud

Gli scavi sono legati:

- allo sbancamento (fino alla 0,7 m) per la realizzazione della nuova pavimentazione
- alla realizzazione dei pali di fondazione  $\varnothing 1000$  estesi fino a -35 m da l.m.m. alla distanza di 1,9, 7,9 e 13,90 m dall'asse del palancole metallico

### 3.2.3 Banchina IFA

L'intervento di adeguamento prevede la realizzazione di una nuova struttura resistente (realizzazione di una paratia di pali trivellati in c.a. d: 1000mm) a tergo della parete combinata esistente e la formazione di nuovi tiranti inclinati, previa esecuzione di colonne in ghiaia per ridurre il rischio di liquefazione delle sabbie che presentano uno spessore di circa 12,50 m.

Nella figura seguente è riportata una sezione tipologica della nuova banchina.

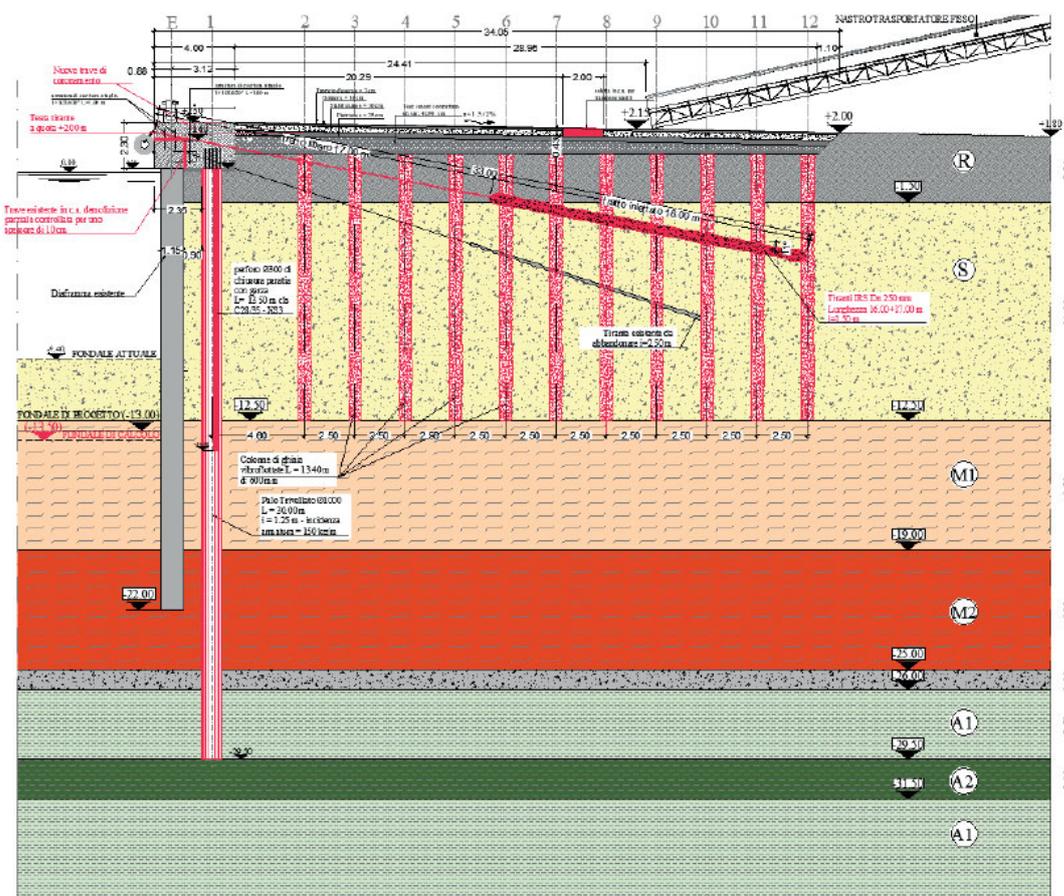


Figura 11 – Sezione adeguata della banchina IFA

Gli scavi sono legati agli interventi previsti per l'adeguamento strutturale della banchina:

- intervento di consolidamento dello strato sabbioso potenzialmente liquefacibile mediante vibroflottazione con colonne di ghiaia fino a -12.50 m dal l.m.m.;
- realizzazione di una paratia di pali trivellati in c.a. d: 1000mm L= 30.00 m posti ad interasse 1.25 m distanziata di 140 cm dal diaframma esistente, senza palancole intermedie;
- demolizione controllata corticale della trave di coronamento esistente (lato superiore e lato interno);
- realizzazione di una nuova trave di coronamento in c.a, connessa alla trave esistente mediante n.4 barre in acciaio
- realizzazione di nuovi tiranti di ancoraggio passivi in barre dywidag d:47 mm con bulbo ad iniezioni ripetute (IRS)

### 3.2.4 Banchina Futuro CTS

In corrispondenza della realizzazione del nuovo terminal Container, sono previsti due interventi distinti:

- Sopraelevazione della banchina esistente (lunghezza 310.16 m)
- La realizzazione di un nuovo tratto di banchine lungo il margine della penisola Trattaroli che ne è attualmente sprovvisto (lunghezza 681.51 m + risvolto 75 m)

L'intervento in oggetto riguarda esclusivamente la realizzazione del nuovo tratto di banchina, visto che l'intervento sopraelevazione fa parte delle opere di Fase 1

La soluzione scelta per realizzare la sezione corrente del Nuovo Terminal consiste in una struttura composta e specializzata costituita da un robusto palancolato metallico lato mare per sostenere la spinta delle terre, con riperforazione dei pali in acciaio diametro diametro 1.8 m tale da consentire la realizzazione di pali in c.a. armati a tutta lunghezza con funzione di rinforzo della parete combinata e di fondazione profonda nei confronti delle azioni verticali derivanti dalla gru STS di futura installazione.

Inoltre, considerato che nell'area del nuovo terminal erano presenti in passato casse di colmata e che l'area non è mai stata utilizzata, si prevede la realizzazione di una precarica prima dell'inizio della costruzione delle nuove opere per consolidare ed uniformare la risposta dei terreni presenti. Tale precarica sarà eseguita per settori utilizzando il medesimo materiale arido che sarà impiegato per l'elevazione del piano d'imposta fino all'intradosso del pacchetto di pavimentazione. Al di sotto delle precariche sarà preventivamente eseguito un trattamento migliorativo con colonne in ghiaia diametro 600 mm avente anche funzione di accelerazione dei tempi di consolidamento delle singole precariche

Nella figura seguente è riportata una sezione tipologica della nuova banchina

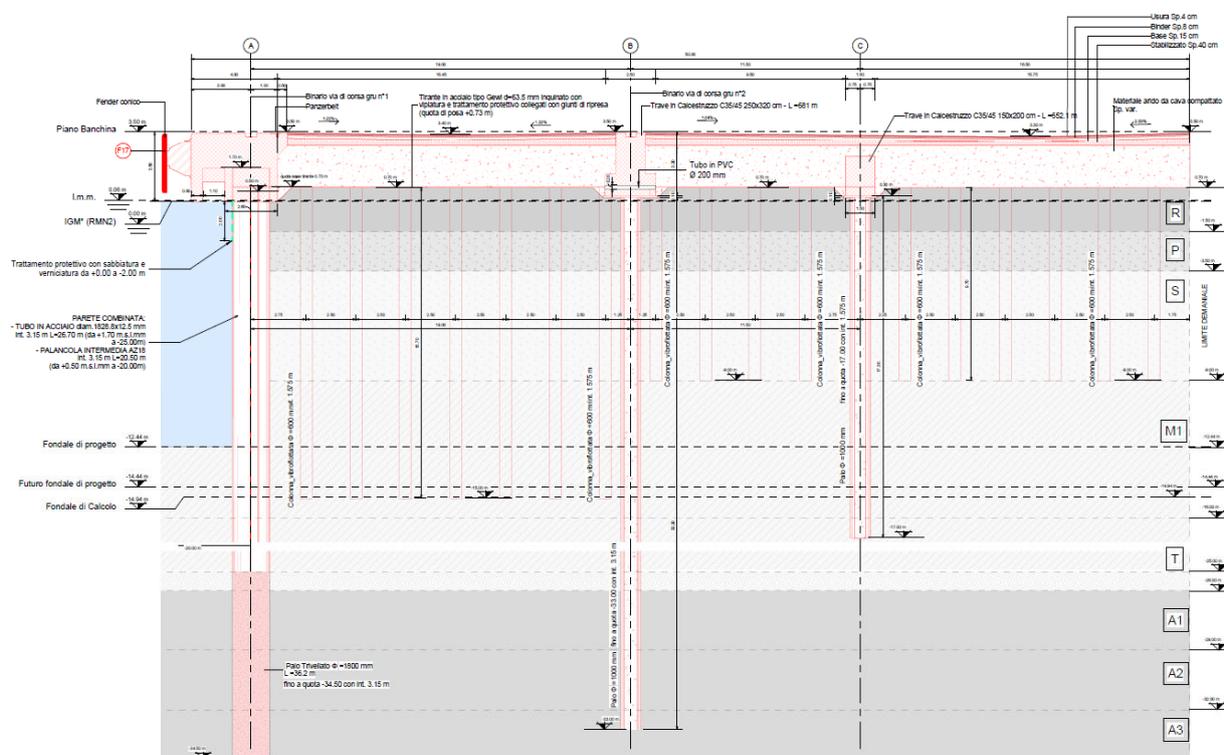


Figura 12 – Sezione adeguata della banchina FUTURO CTS – tratto privo di banchina

Nel tratto privo di banchina, gli scavi sono legati

- allo sbancamento fino a quota +0.70 m s.l.m.m
- alla realizzazione della parete combinata ( $\varnothing$  1800)
- alla realizzazione dei nuovi pali ( $\varnothing$ 1000) che costituiscono le fondazioni delle vie di corsa della gru STS

### 3.3 Volumi dei materiali da rimuovere e destinazione

Nelle tabelle seguenti sono indicati, per ognuna delle banchine considerate, i volumi di terre e rocce da scavo che derivano dalla realizzazione delle opere sopra descritte, così come riportati nel computo estimativo delle opere. Il materiale in banco subirà inevitabilmente un incremento di volume dovuto all'attività di scavo e di riduzione del grado di compattazione: tale variazione dipende dalla tipologia di scavo e dalla natura del materiale. Sulla base dell'esperienza in attività analoghe, è possibile considerare un incremento medio pari al 20%, che sarà riportato in una colonna in fianco.

Sono anche evidenziate le stime (arrotondate) dei volumi:

- idonei al conferimento a cava la Bosca (CSC colonna A)
- da riutilizzare in sito per il riempimento parziale o totale degli scavi, conformi ai limiti per siti industriali (CSC colonna B)
- che saranno conferiti all'area Logistica S3 Sud (conformi a CSC colonna B)

La stima di questi ultimi deriva dagli esiti del piano di caratterizzazione ambientale già effettuati e descritti in dettaglio nel capitolo finale della presente relazione.

Per ogni sondaggio che presenta superamenti delle CSC di Colonna A si individua planimetricamente una cella che si estende dal sondaggio con superamenti fino al punto intermedio rispetto al primo sondaggio conforme o fino al limite dell'area di lavoro di ogni banchina. Lo spessore interessato viene calcolato, in modo analogo, considerando non conforme lo spessore tra l'orizzonte in cui risulta il superamento ed il punto intermedio lungo la verticale con il primo campione conforme o il termine dello scavo.

In corso d'opera potranno essere effettuate indagini aggiuntive sui cumuli di materiale scavato, al fine di modificare le stime riportate nel seguito, dandone tempestiva informazione ad ARPAE.

#### 3.3.1 Banchina Lloyd

Tabella 4 banchina Lloyd. Stima dei materiali derivanti dagli scavi

Lavorazione	Quantità Totale m3	Incremento volume 20%	Quantità totale con incred vol.20% m3
Scavi a sezione aperta per sbancamento	5.257	1.051	6.309
Scavi a sezione obbligata	1.875	375	2.250
Palo trivellato di diametro pari a 1.000 mm	5.634	1.127	6.761
Palo trivellato di diametro pari a 800 mm	5.482	1.096	6.578
<b>TOTALE</b>	<b>18.248</b>	<b>3.650</b>	<b>21.898</b>

Tabella 5 banchina Lloyd. Destino dei materiali derivanti dagli scavi (include incremento volumetrico)

Destino	Quantità (m <sup>3</sup> )
Cava La Bosca	16.200
Area logistica S3	3.600
Riutilizzati in sito	2.100
<b>TOTALE</b>	<b>21.900</b>

### 3.3.2 Banchina Trattaroli Sud – Cantieri E e F

Tabella 6 banchina Trattaroli Sud (cantieri E e F). Stima dei materiali derivanti dagli scavi

	Lavorazione	Quantità Totale (m <sup>3</sup> )	Incremento volume 20% (m <sup>3</sup> )	Quantità totale con incremento vol.20% (m <sup>3</sup> )
Cantiere E	Scavi a sezione aperta per sbancamento	4.281	856	5.137
	Scavi a sezione obbligata	557	111	669
	Palo trivellato di diametro pari a 1.000 mm	5.293	1.059	6.351
	<b>TOTALE</b>	<b>10.131</b>	<b>2.026</b>	<b>12.157</b>
Cantiere F	Scavi a sezione aperta per sbancamento	4.902	980	5.883
	Scavi a sezione obbligata	1265	253	1.517
	Palo trivellato di diametro pari a 1.000 mm	6.147	1.229	7.376
	<b>TOTALE</b>	<b>12.314</b>	<b>4.489</b>	<b>16.802</b>

Tabella 7 - Banchina Trattaroli Sud (E). Destino dei materiali derivanti dagli scavi (include incremento volumetrico)

Destino	Quantità m <sup>3</sup>
Cava La Bosca	10.900
Area logistica S3	700
Riutilizzati in sito	600
<b>TOTALE</b>	<b>12.200</b>

Tabella 8 - Banchina Trattaroli Sud (F). Destino dei materiali derivanti dagli scavi (include incremento volumetrico)

Destino	Quantità m <sup>3</sup>
Cava La Bosca	16.200
Area logistica S3	0
Riutilizzati in sito	600
<b>TOTALE</b>	<b>16.800</b>

### 3.3.3 Banchina IFA

Tabella 9 banchina IFA. Stima dei materiali derivanti dagli scavi

Lavorazione	Quantità Totale m3	Incremento volume 20%	Quantità totale con increm vol.20% m3
Scavi a sezione aperta per sbancamento	2.439	488	2.927
Scavi a sezione obbligata	1.161	232	1.394
Palo trivellato di diametro pari a 1.000 mm	4.710	942	5.652
<b>TOTALE</b>	<b>8.310</b>	<b>1.662</b>	<b>9.973</b>

Tabella 10 banchina IFA. Destino dei materiali derivanti dagli scavi (include incremento volumetrico)

Destino	Quantità m <sup>3</sup>
Rifiuto	500
Cava La Bosca	6.300
Area logistica S3	2.800
Riutilizzati in sito	400
<b>TOTALE</b>	<b>10.000</b>

### 3.3.4 Banchina Futuro CTS (N2)

Tabella 11 banchina Futuro CTS (cantiere N2). Stima dei materiali derivanti dagli scavi

Lavorazione	Quantità Totale m3	Incremento volume 20%	Quantità totale con increm vol.20% m3
Scavi a sezione aperta per sbancamento	28.263	5.653	33.916
Scavi a sezione obbligata	7.827	1.565	9.392
Palo trivellato di diametro pari a 1.000 mm	12.325	2.465	14.790
Palo trivellato di diametro pari a 1.800 mm	22.097	4.419	26.516
<b>TOTALE</b>	<b>70.512</b>	<b>14.102</b>	<b>84.614</b>

Tabella 12 Futuro CTS (cantiere N2). Destino dei materiali derivanti dagli scavi (include incremento volumetrico)

Destino	Quantità m <sup>3</sup>
Cava La Bosca	78.100
Area logistica S3	0
Riutilizzati in sito	6.900
<b>TOTALE</b>	<b>85.000</b>

### 3.4 PERCORSI PREVISTI PER IL TRASPORTO DEI MATERIALI DI SCAVO

Nel caso del riutilizzo in sito, il materiale scavato non uscirà dalle aree di cantiere e sarà accumulato nelle vasche di deposito temporaneo situate in corrispondenza di ogni area in lavorazione o trasportato immediatamente verso le altre banchine di progetto. Solo nel caso di capienza insufficiente o di necessità operative, sarà utilizzata l'area in disponibilità del Contraente Generale.

In quest'ultimo caso, essendo le perimetrazioni delle aree in lavorazione non contigue, nel caso di aree situate in destra al canale Candiano, sarà necessario interessare per un breve tratto la viabilità locale di collegamento delle aree industriali portuali. Nel caso delle aree in sinistra, si renderà necessario interessare il medesimo percorso che sarà utilizzato per il trasporto a cava la Bosca (descritto nel seguito), fino a via Trieste, dove si piegherà verso nord in via Classicana, verso la penisola Trattaroli.

Per quanto riguarda il trasporto verso i siti di destino finale, sono stati individuati percorsi che privilegiano la viabilità principale fino ad arrivare in prossimità delle aree di cantiere e dei siti di destino finale.

Quindi nelle aree situate ad Est del canale Candiano i percorsi interessano la via Classicana, poiché questa costituisce l'asse di comunicazione principale da e verso la penisola Trattaroli; nelle aree situate ad Ovest si utilizza invece l'asse costituito da via Baiona e via Monti, come evidenziato nella tabella e figura seguenti.

*Tabella 13 ipotesi di percorso dalle aree di cantiere verso cava La Bosca e viceversa*

<b>Aree di cantiere a Est del canale Candiano</b>	<b>Aree di cantiere a Ovest del canale Candiano</b>
Via Classicana SS67 Via Marabina Via Bosca	Via Baiona Via Monti Via Trieste SS67 Svincolo SS309 Via Bosca

Il trasporto dei materiali di scavo dai siti di produzione sia verso il sito di deposito intermedio esterno alle aree in lavorazione che verso i siti di destino finale, sarà effettuato mediante autocarri con cassoni eventualmente a tenuta.

Laddove necessario si procederà all'umidificazione del materiale durante le fasi di movimentazione e alla copertura degli stessi durante il trasporto mediante teli temporanei in LDPE al fine di impedire la dispersione di polveri in atmosfera.

Per assicurare la tracciabilità del materiale, i mezzi viaggeranno con idoneo documento di trasporto (DDT).

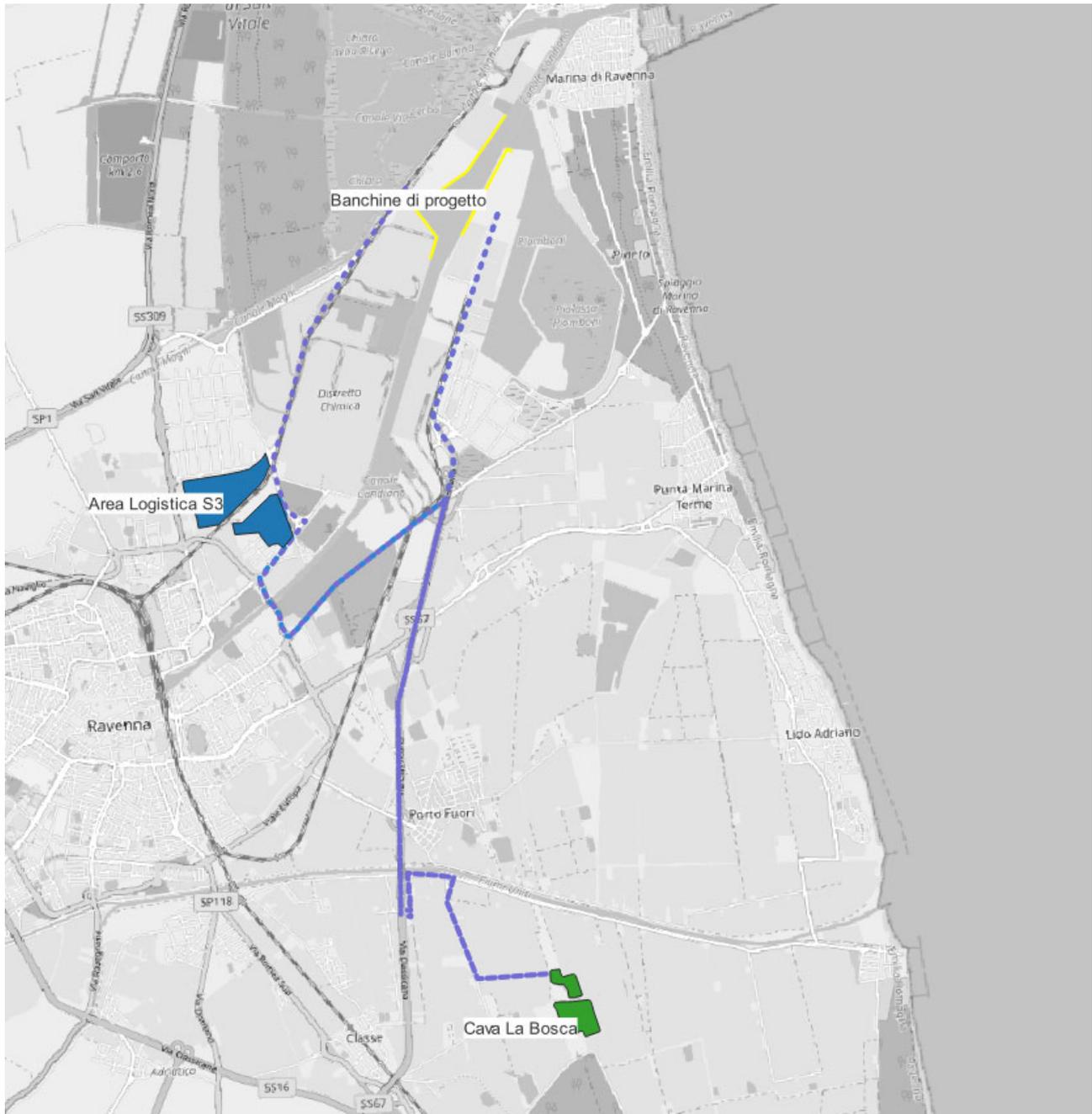


Figura 13 –Planimetria dei percorsi dalle aree di cantiere verso i siti di destino finale (e viceversa)

### 3.5 CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITA'

Come ricordato in premessa, le opere sono realizzate secondo una programmazione articolata in due fasi.

Le opere di prima fase partono in parallelo al mese 1 e si concludono in momenti diversi, in base alla durata. Le opere che si concludono per ultime sono quelle legate alla realizzazione del futuro CTS, dopo 36 mesi.

Le opere di II fase iniziano a partire dal mese 15 con la realizzazione della banchina IFA, seguita via via dalla realizzazione delle rimanenti banchine con calendario sfalsato. L'ultima banchina a essere realizzata è la banchina Trattaroli sud -nord (cantiere E), che parte nel mese 34.

Complessivamente i lavori (prima e seconda fase) si completano in 48 mesi, comprensivi anche dell'allestimento delle opere provvisionali.

Nella tabella seguente è riportata la durata della realizzazione di ognuna delle banchine in progetto.

*Tabella 14 Durata delle attività di cantiere*

BANCHINA		CANTIERE	FASE	GG	MESI
0	ALLESTIMENTO OPERE PROVVISORIE - BRICCOLE	--	I	60	2
1	IFA	I	II	624	21
2	TRATTAROLI SUD	H	I	410	14
3	TRATTAROLI SUD	G	I	410	14
4	TRATTAROLI SUD	F	II	452	15
5	TRATTAROLI SUD/NORD	E	II	452	15
6	TRATTAROLI NORD	D	I	540	18
7	LLOYD	O/1	II	365	12
8		O/2	II	365	12
9	ALMA	C	I	540	18
10	BUNGE SUD	B	I	330	11
11	BUNGE NORD	A	I	100	3,4
12	DOKS PIOMBONI	M	I	321	11
13	TERMINAL CONTAINERS	N1+N2	I	1082	36

## 4 INQUADRAMENTO URBANISTICO

### 4.1 STRUMENTI URBANISTICI VIGENTI

I documenti di riferimento per la pianificazione urbanistica del Comune di Ravenna sono:

- il PUG – Piano Generale Urbanistico. Il 21.12.2017 è stata approvata la nuova legge urbanistica della Regione Emilia-Romagna n. 24/2017 “Disciplina regionale sulla tutela e l’uso del territorio”, entrata in vigore dal 1° gennaio 2018. Il PUG è lo strumento di pianificazione che il Comune predispone, con riferimento a tutto il proprio territorio, per delineare le invarianze strutturali e le scelte strategiche di assetto e sviluppo urbano di propria competenza, orientate prioritariamente alla rigenerazione del territorio urbanizzato, alla riduzione del consumo di suolo e alla sostenibilità ambientale e territoriale degli usi e delle trasformazioni.
- Il PSC – Piano Strutturale Comunale. Il Piano Strutturale Comunale (PSC) è lo strumento di pianificazione urbanistica generale che deve essere predisposto dal Comune, con riguardo a tutto il proprio territorio, per delineare le scelte strategiche di assetto e sviluppo e per tutelare l’integrità fisica ed ambientale e l’identità culturale dello stesso. Il PSC non attribuisce in nessun caso potestà edificatoria alle aree né conferisce alle stesse una potenzialità edificatoria subordinata all’approvazione del POC ed ha efficacia conformativa del diritto di proprietà limitatamente all’apposizione dei vincoli e condizioni non aventi natura espropriativa.
- Il RUE Regolamento Urbanistico Edilizio. Il Regolamento Urbanistico ed Edilizio (RUE) contiene le norme attinenti alle attività di costruzione, di trasformazione fisica e funzionale e di conservazione delle opere edilizie, ivi comprese le norme igieniche di interesse edilizio, nonché la disciplina degli elementi architettonici e urbanistici, degli spazi verdi e degli altri elementi che caratterizzano l’ambiente urbano.
- Il POC – Piano Operativo Comunale. Il Piano Operativo Comunale (POC) è lo strumento urbanistico che individua e disciplina gli interventi di tutela e valorizzazione, di organizzazione e trasformazione del territorio da realizzare nell’arco temporale di cinque anni.

Nel seguito vengono riportati i risultati delle analisi svolte facendo riferimento alla cartografia aggiornata consultabile sul Sistema Informativo Territoriale del comune di Ravenna (Ravenna Urban Planning).

### 4.2 SITI DI PRODUZIONE

Le banchine portuale sono ubicate all’interno dell’area portuale che viene disciplinata nelle ‘Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del RUE.

Nelle tavole del RUE 2 *Regimi normativi della città esistente e del territorio extraurbano* tutte le aree in progetto rientrano tutte nello spazio portuale, e sono classificate come aree consolidate per attività produttive portuali (Zone SP1 e SP2) aree consolidate per attività industriali portuali (zone SP3). La zona ad est del canale Candiano (rappresentata in tratteggio) è classificata come area di nuovo impianto per aree produttive portuali.

La medesima classificazione si riscontra nel PSC, che conferma la destinazione d’uso portuale-industriale.



Figura 14 – Estratti del Regolamento Urbanistico Edilizio (a) e del Piano Strutturale Comunale (b) del Comune di Ravenna, relativi all'area portuale , ove sono ubicate le banchine in progetto

## 4.3 SITI DI DESTINO FINALE

### 4.3.1 Cava “La Bosca”

L'autorizzazione all'esercizio delle attività estrattive è stata rilasciata dal Comune di Ravenna nel 2017 (N. 116629 del 12/07/2017); il perimetro dell'area autorizzata è riportata nella figura seguente, che comprende sia i due bacini derivanti dalle attività di scavo precedenti (denominati: lago nord e lago sud) , che le aree di futura coltivazione (denominate area di ampliamento), ubicate nella parte più settentrionale dell'area.

È previsto che la termine della coltivazione l'intera area sia soggetta a ripristino ambientale e restituita ad uso paesaggistico- naturalistico. Il progetto di ripristino naturalistico, conformemente a quanto stabilito dal Piano Territoriale Stazione “Pineta di Classe e Salina di Cervia” del Parco del Delta del Po, prevede per le aree classificate come PP.CAV.a, come il Polo Bosca, la realizzazione di zone umide a fini naturalistici di 0,5 – 1 m di profondità.



I volumi complessivi che possono essere conferiti<sup>1</sup>, sono stati stimati tenendo conto dei volumi asportati durante la coltivazione dell'area e del citato progetto di creazione delle zone umide, che prevede il mantenimento di un battente d'acqua minimo pari a 50 cm sopra il materiale depositato.

La capienza volumetrica delle tre zone della cava è quindi risultata pari a:

- AREA AMPLIAMENTO 265.385 m<sup>3</sup>
- LAGO NORD 516.593 m<sup>3</sup>
- LAGO SUD 1.337.745 m<sup>3</sup>

Per un totale pari a circa 2. 1 milioni m<sup>3</sup>

Nelle figure seguenti sono riportati gli estratti delle tavole del RUE e del PSC che identificano l'intera superficie come zona di cava in corso di coltivazione.



Figura 16 – Estratti del Regolamento Urbanistico Edilizio (a) e del Piano Strutturale Comunale (b) del Comune di Ravenna, relativi alla cava “La Bosca”

#### 4.3.2 Area Co S3 Logistica Romea Bassette

Come si può osservare dall'estratto della cartografia del Regolamento Urbanistico Edilizio e del Piano Strutturale Comunale, consultabili sul SIT del comune di Ravenna (Ravenna Urban Planning) e riportate nelle figure seguenti, entrambe le aree S3 nord ed S3 sud rientrano tra quelle incluse nel progetto Hub portuale.

<sup>1</sup> Servin, 2014.. Progetto definitivo ampliamento del polo La Bosca - Studio di impatto ambientale approvato con Delibera G.C. 151784 del 02/12/2014

In recepimento all'approvazione del progetto Hub Portuale, con Delibera di Consiglio Comunale prot. verb. n.204 del 30.04.2019 *“Ricognizione degli effetti degli strumenti urbanistici vigenti (PSC, POC, RUE) derivanti dall'approvazione del progetto definitivo Hub portuale”* il Comune di Ravenna ha approvato specifica variante al PSC, in recepimento degli effetti sui propri strumenti urbanistici vigenti, prendendo atto delle modifiche apportate dallo stesso progetto Hub portuale.

Per queste aree il Piano Operativo Comunale 2010-2015 del comune di Ravenna (scheda di ambito ad attuazione indiretta concertata art 18 LR 20/2000 CoS3 Logistica Romea Bassette annessa al PSC e POC) prevede usi logistici produttivi, tendenzialmente per medio grandi piattaforme unitarie.

Nel 2019 su incarico dell'AdSP di Ravenna, è stato predisposto un Progetto urbanistico delle aree, orientato a definirne il futuro assetto urbanistico in base a 3 scenari alternativi che sono poi confluiti in un impianto definitivo flessibile delle aree produttive e logistiche e del sistema infrastrutturale complessivo di servizio.

Considerata la destinazione d'uso prevista per l'area, il materiale che verrà utilizzato dovrà possedere le caratteristiche qualitative idonee ed essere conforme alle concentrazioni espresse nella Colonna B (Siti ad uso Commerciale ed Industriale) dell'Allegato 5, Parte IV, Titolo V del DLgs 152/06 e smi.

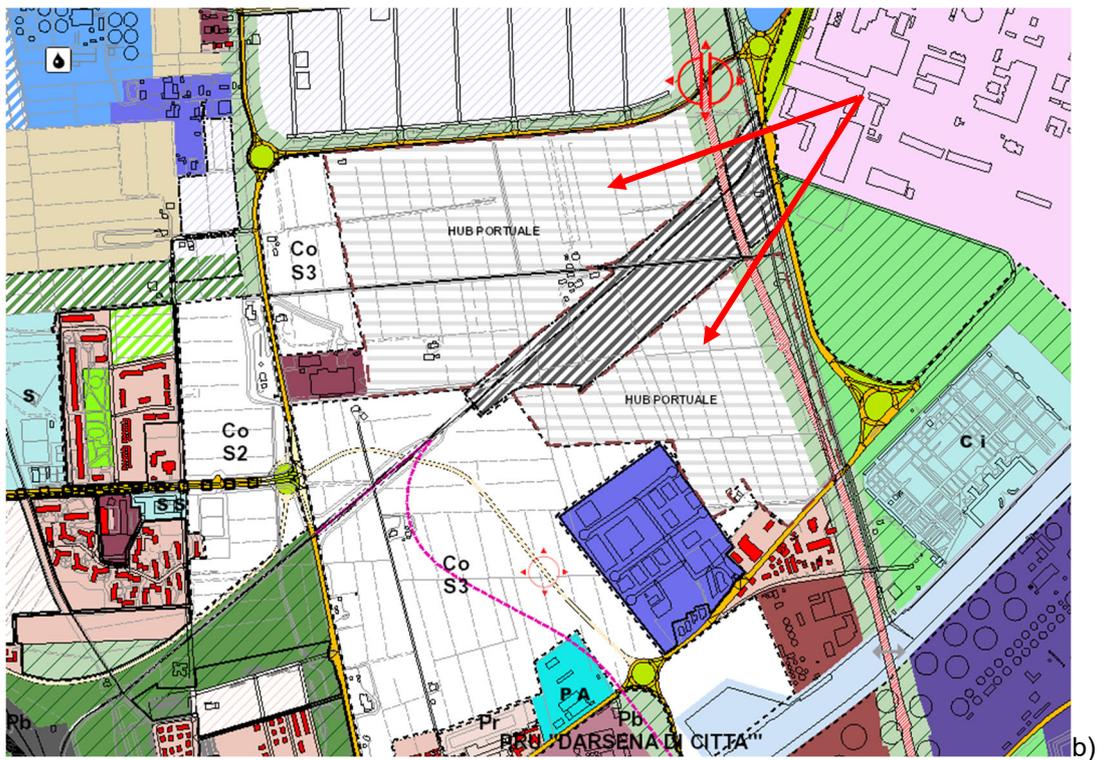
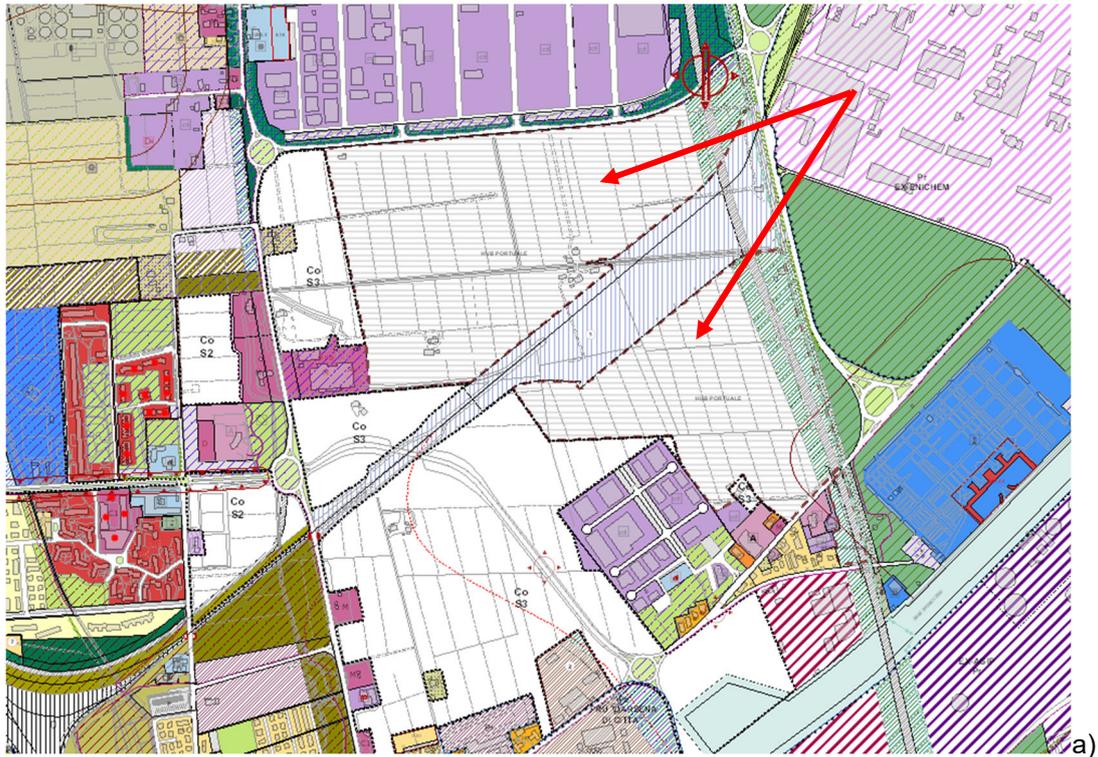


Figura 17 – Estratti del Regolamento Urbanistico Edilizio (a) e del Piano Strutturale Comunale (b) relativi all'area S3 Nord e Sud (indicate dalle frecce)

### 4.3.3 Riutilizzo nei siti di produzione

Come evidenziato in precedenza, tutte le aree in lavorazione hanno una destinazione d'uso di tipo portuale-industriale.

## 5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

### 5.1 AREA VASTA

L'inquadramento geologico ed idrogeologico dell'area deriva dalle indagini svolte nell'ambito del presente progetto e dall'analisi della letteratura disponibile, che sono più approfonditamente descritte nella relazione geologica di progetto, cui si rimanda.

Dal punto di vista geomorfologico, il territorio del comune di Ravenna è assimilabile ad un piano debolmente inclinato N-NE, con lievi ondulazioni che si manifestano con depressioni a fondo sub-pianeggiante separate da zone in rilievo di forma allungata.

L'evoluzione morfologico-sedimentaria della pianura costiera romagnola è conseguenza dell'interazione di processi fluviali, marini costieri e tidali che hanno caratterizzato la dinamica deposizionale del Quaternario

Le successioni dell'attuale pianura romagnola sono il risultato di avanzamenti e arretramenti della linea di costa dati dalla variazione del livello eustatico, in particolare nella parte finale del Quaternario.

Durante l'ultima glaciazione (regressione Würmiana 60.000-70.000 anni fa) il livello del mare si era abbassato rispetto a quello attuale di un centinaio di metri spostando la linea di costa a sud di Ancona, favorendo la deposizione di limi argillosi con intercalazioni di argille e sabbie corrispondenti ad un ambiente di piana alluvionale.

Successivamente seguì una fase trasgressiva, corrispondente alla trasgressione Flandriana (circa 17.000 anni fa), che favorì l'ingressione marina e un arretramento della linea di costa circa 16-20 km ad ovest della costa attuale all'altezza di Ravenna. Tale evento è rappresentato da depositi di sabbie fini con intercalazioni limose-argillose corrispondenti ad un ambiente costiero di alta energia che interagiva con lo sfociare di fiumi locali quali Lamone, Montone, Ronco, Savio.

Seguì una fase di regressione normale (Tardo Olocene) che si è verificata sulla costa dell'alto Adriatico, non più indotta da variazioni eustatiche ma di tipo deposizionale, che causò lo spostamento della vecchia linea di costa verso est, fino alla posizione attuale, dando luogo alla formazione dei depositi olocenici recenti.

La progressiva migrazione verso mare della linea di costa fu data dal notevole apporto sedimentario dei fiumi Po e dei canali distributori meridionali, in particolare del Primaro (che corrisponde circa all'attuale fiume Reno a nord di Ravenna), che favorirono la formazione di un lobo deltizio di notevoli dimensioni. Questa fase nella parte meridionale del delta del Po corrisponde a facies di ambienti di piana alluvionale formate da argille e limi più o meno sovra consolidati e ad un sistema costiero formato da una serie di cordoni litorali sabbiosi con un orientamento NW-SE (parallelo all'antica linea di costa)

La presenza umana ha comportato una progressiva modifica dell'evoluzione naturale, riducendo il trasporto solido a scapito dell'avanzamento costiero e inducendo un tasso di subsidenza elevato che ha portato il territorio ad un abbassamento complessivo dell'ordine del metro e mezzo, modificando pesantemente l'assetto morfologico ed idrogeologico del luogo.

Infatti, negli anni subito successivi si verificò l'impossibilità dello scolo delle acque meteoriche, per questo motivo fu realizzato e potenziato negli anni un imponente sistema di idrovore per un mantenimento della falda

sotto il piano campagna a una profondità comunque compatibile con la coltivazione dei terreni destinati a produzione agricola.

L'abbassamento del suolo, l'abbattimento della falda e la modifica dell'assetto idrogeologico del primo substrato furono cause convergenti dell'imponente ingressione dell'acqua del Canale Candiano in questo acquifero, situazione favorita dalla notevole permeabilità dei terreni costituiti da cordoni dunosi e linee di riva aventi una grande continuità laterale permettendo un'ampia diffusione spaziale del fenomeno. L'area costiera assume quote assolute generalmente di -1/2 m s.l.m.

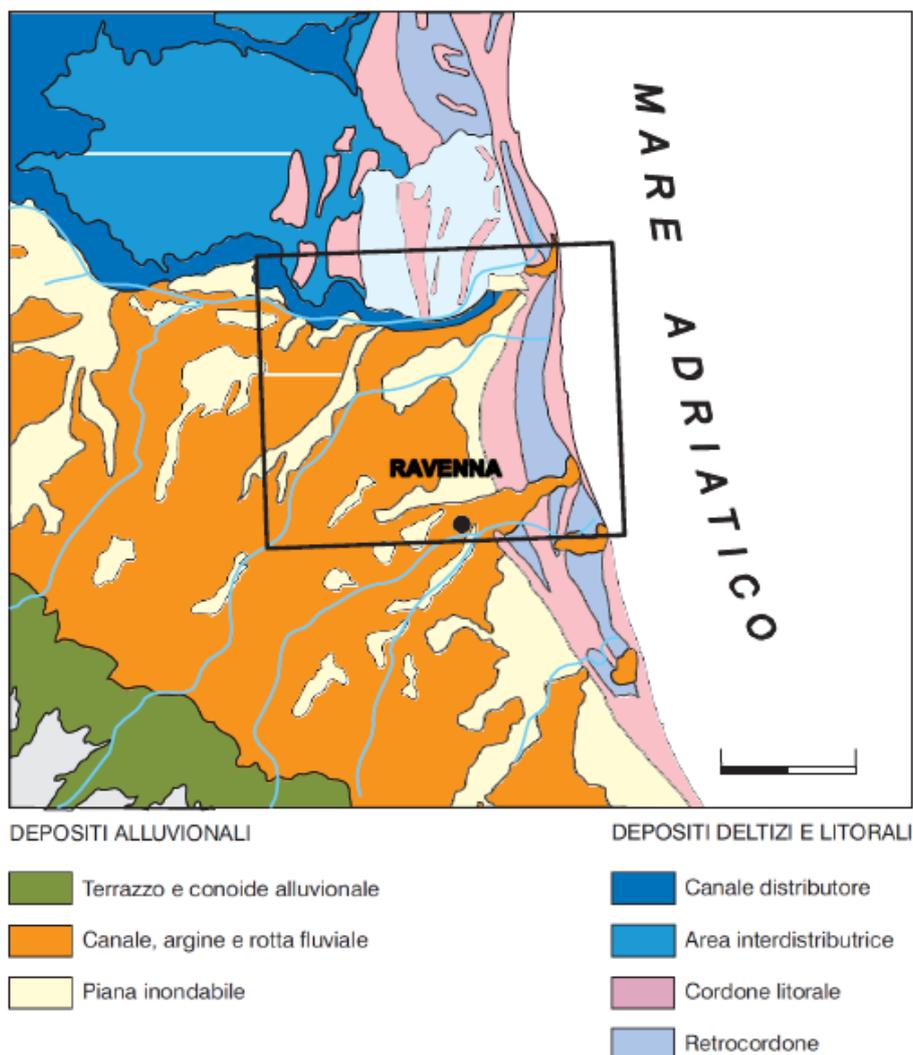


Figura 18– Schema geologico di superficie della Pianura Padana orientale (tratto dalla Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna). Si noti l'alternanza dei depositi di cordone litorale e di retrocordone nella parte costiera.

I cordoni sabbiosi sono intercettati dai sondaggi S13Pz/20 e CPTu6/20, essi fanno parte del cordone sabbioso delle pinete di San Vitale e di Classe, il quale interseca e sormonta sul lato a monte il più antico cordone sabbioso delle Bassette. I cordoni presentano uno spessore variabile tra i 10-15 m.

L'associazione di facies "S" è limitata inferiormente dall'associazione di facies "M" come risulta dall'assetto geologico di tutta la bassa pianura romagnola e viene intercettato soltanto dalle prove SCPTu (SCPTu12/20, SCPTu13/20) profonde -30 m da p.c.

Dal punto di vista idrogeologico, si rileva la presenza di un acquifero che può essere assimilato a scala regionale ad un sistema unico multistrato, strettamente connesso alla stratigrafia presente della pianura emiliana.

Ciascun acquifero risulta idraulicamente separato da quelli sovrastanti e sottostanti per la presenza di livelli argillosi impermeabili sviluppati a scala regionale, denominati “barriere di permeabilità regionali”.

Nell’ambito del territorio comunale di Ravenna è riconoscibile un sistema acquifero contenuto all’interno dei terreni quaternari continentali e delimitato inferiormente dall’interfaccia acqua dolce/acqua salata.

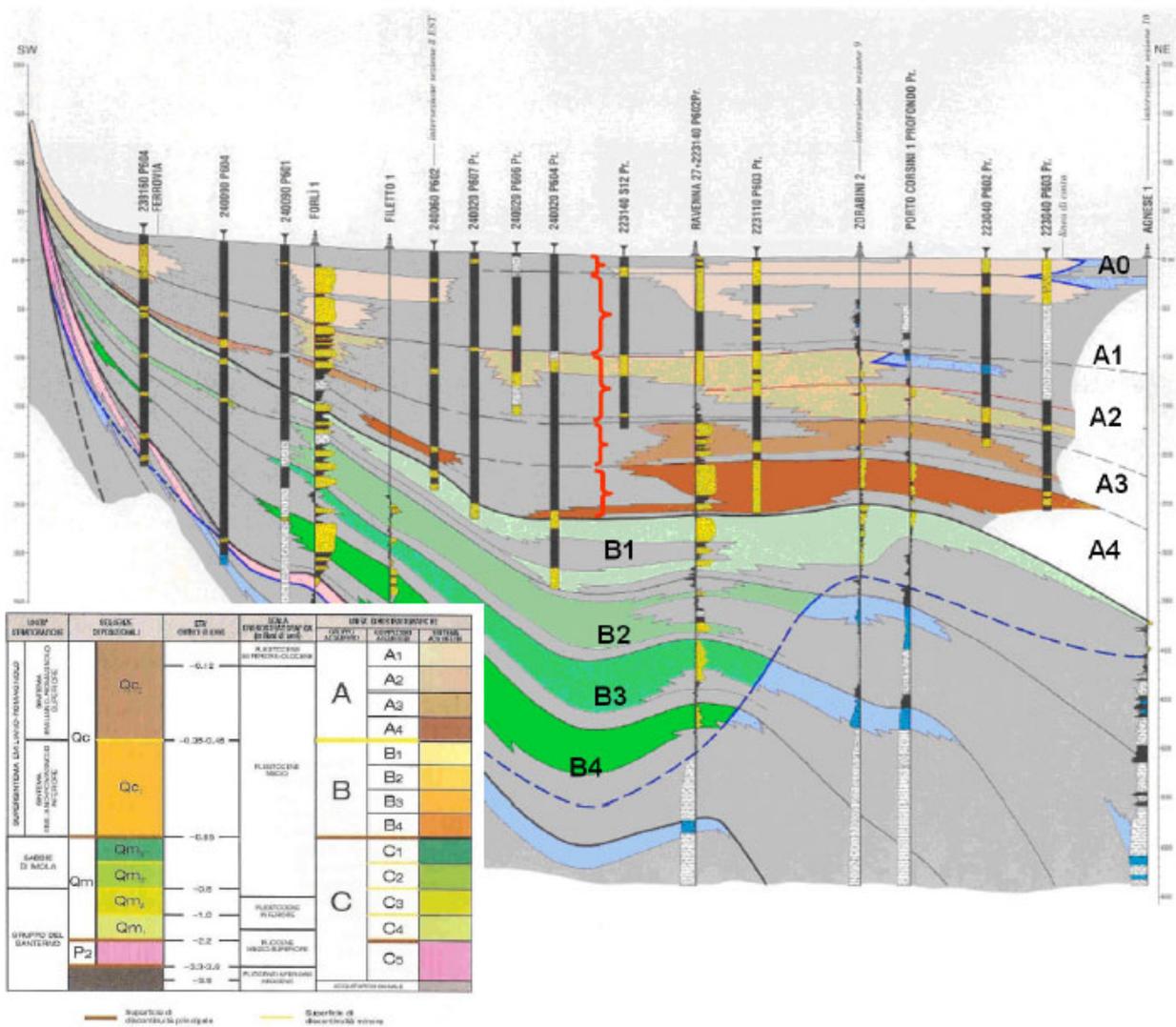


Figura 19– Schema stratigrafico e suddivisione stratigrafico-sequenziale dei depositi plio-quaternari del l’area romagnola con indicazioni delle unità idrostratigrafiche

## 5.2 ASSETTO STRATIGRAFICO IN CORRISPONDENZA DELLE AREE PORTUALI

L'elaborazione del modello geologico e dei modelli geotecnici deriva dalla interpretazione di tutte le prove disponibili in sito e di laboratorio sia della indagine effettuata nell'ambito del di progetto definitivo che di quella eseguita nelle fasi iniziali del progetto esecutivo. I risultati delle due indagini sono in buon accordo, così come si nota una discreta corrispondenza tra i risultati delle prove in sito e quelle di laboratorio.

In base a tali risultati è stato possibile definire l'assetto stratigrafico di riferimento, che comprende le seguenti unità geologiche a partire dal piano campagna:

- unità R: terreni di riporto
- unità S: sabbie fini di cordone litorale
- unità P: depositi di palude salmastra
- unità M: depositi di prodelta
- unità T: strati sabbiosi trasgressivi
- unità A: depositi di piana alluvionale

Al di sotto dei terreni di riporto, presenti con spessore variabile sino ad una profondità di +1.0÷-3.0m s.l.m., e fino alla profondità di circa -8÷-13m s.l.m., si rileva la presenza delle sabbie fini di cordone litorale (unità S). Tali terreni sono costituiti in prevalenza da sabbie intercalate a livelli limosi di spessore decimetrico e presentano valori della resistenza alla punta  $q_c$  misurata nelle prove penetrometriche statiche compresa tra 2MPa e 8MPa.

Anche se senza continuità su tutta l'area indagata, al di sotto dell'unità S, è stata rilevata la presenza di terreni argillosi e torbosi, costituenti i depositi di palustri superficiali (unità P) di spessore variabile ad un massimo di 3m, caratterizzati da valori di resistenza alla punta  $q_c$  compresa tra 0.5MPa e 1.2MPa.

A seguire e sino alla profondità di -25.0 ÷ -27.0m s.l.m. si incontrano i depositi di prodelta (unità M). La litologia è caratterizzata dalla presenza di limi argillosi, ma si riconosce anche la presenza di livelli sabbiosi più consistenti dalla quota di -16.0 ÷ -23.0m s.l.m. ( $q_c$  compresa tra 0.8MPa e 3.5MPa). Si è pertanto deciso di definire le due sottounità M1 e M2.

Da -23.0÷-25.0m s.l.m. si rileva la presenza di un orizzonte granulare composto da sabbie e sabbie limose (unità T) di spessore metrico ( $q_c$  compresa tra 8MPa e 13MPa). Tale deposito è intercalato da livelli fini tanto da non venire sempre identificato nelle colonne stratigrafiche di sondaggio.

Infine, e sino alle massime profondità indagate, si incontrano i depositi di piana alluvionale (unità A) caratterizzati dalla presenza di argille consistenti di spessore metrico al di sotto delle quali sono presenti alternanze di sabbie, limi argillosi, argille limose e sabbie limose in strati sottili. I livelli più sabbiosi presentano valori di resistenza alla punta  $q_c$  prossimi a 10 MPa. Si è deciso pertanto di distinguere l'unità coesiva superiore da quella essenzialmente granulare inferiore nelle due sottounità A1 e A2.

Sulla base della interpretazione delle prove geotecniche condotte in laboratorio è stato possibile distinguere ulteriormente gli assetti geologici nell'area di progetto, individuando due modelli geologici caratterizzati da un diverso spessore dell'unità S:

- modello MG1 con spessore medio di circa 11m;
- modello MG2 con spessore medio di circa 6m.

Nelle tabelle seguenti è evidenziato l'assetto stratigrafico medio per i due modelli, ovviamente possono esserci leggere differenze in corrispondenza delle singole banchine, in funzione del locale spessore delle unità.

Tabella 15 – Inquadramento geologico-geotecnico – Modello MG1 e MG2

Terreno	MG1			MG2		
	Z <sub>in</sub>	Z <sub>fin</sub>	Spessore	Z <sub>in</sub>	Z <sub>fin</sub>	Spessore
	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m]
Unità R	2,0	-1,0	3,0	2,0	-1,5	3,5
Unità S	-1,0	-12,5	11,5	-1,5	-3,5	2,0
Unità M1	-12,5	-19,0	6,5	-3,5	-9,0	4,5
Unità M2	-19,0	-25,0	6,0	-9,0	-16,0	7,0
Unità T	-25,0	-26,0	1,0	-16,0	-25,0	9,0
Unità A1	-26,0	-27,0	1,0	-25,0	-26,0	1,0
Unità A2	>-27,0		>5,0	>-26,0		>5,0

La ubicazione dei due assetti stratigrafici è individuata nella figura seguente; si può notare che il modello MG1 comprende essenzialmente la parte più meridionale della sponda sinistra e quindi le banchine Trattaroli Sud ed IFA, mentre il modello MG2 include la maggior parte delle banchine in progetto sia in sponda sinistra che destra.

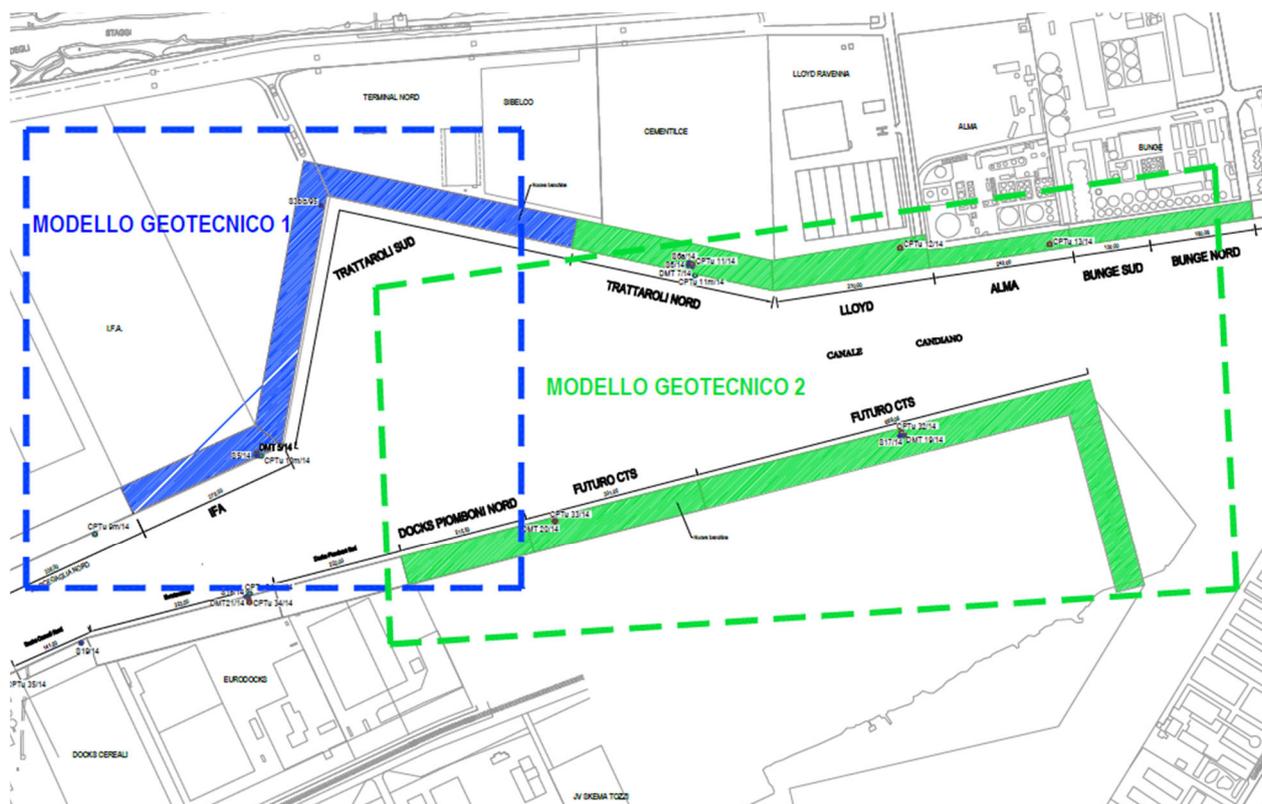


Figura 20 – Inquadramento geologico-geotecnico – Distribuzione planimetrica modelli stratigrafico-geotecnici MG1 e MG2

Il progetto prevede in corrispondenza della banchina IFA e delle banchine Futuro CTS interventi di miglioramento del terreno di fondazione e nello specifico dello strato S al fine di migliorarne le caratteristiche di resistenza e compressibilità e di ridurre il rischio di liquefazione. Gli interventi di consolidamento previste nel PD consistono in realizzazione, con la tecnica della vibrosostituzione, di colonne in ghiaia Ø600 disposte a maglia quadrata con lato 2,50m x 2,50m.

Per quanto riguarda il dettaglio degli interventi specifici e delle richieste prestazionali per l'intervento di consolidamento previste per ciascuna banchina, legati alle scelte tecnologie, costruttive e progettuali si rimanda ai documenti specifici nell'ambito del PE.

Si riportano nelle seguenti tabelle i modelli geotecnici di riferimento per le aree omogenee individuate.

### Modello geotecnico IFA

Tabella 5-16: Stratigrafia di calcolo e parametri geotecnici caratteristici - Modello Geotecnico IFA

Unità	Tipologia Terreno	da [m s.l.m.]	a [m s.l.m.]	$\gamma/\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	v [-]	OCR [-]	e <sub>0</sub> [-]	C <sub>c</sub> [-]	C <sub>R</sub> [-]	c <sub>v</sub> [m <sup>2</sup> /s]	D <sub>R</sub> [%]	$\phi'_k$ [°]	c' <sub>k</sub> [kPa]	c <sub>u,k</sub> [kPa]	V <sub>s</sub> [m/s]	G <sub>0</sub> [MPa]	E <sub>op</sub> [MPa]	r [-]	M [MPa]
R	Incoerente	2	-1,5	19/9	0,25	-	-	-	-	-	-	32	-	-	140	38	25	2	15
S	Incoerente	-1,5	-12,5	20/10	0,25	-	-	-	-	-	40	34	-	-	160	52	25	2	15
S <sub>trattato*</sub>	Incoerente	-1,5	-12,5	20/10	0,25	-	-	-	-	-	60	36	-	-	170	60	30	2	18
M1	Coesivo	-12,5	-19	18,5/8,5	0,30	1	0,95	0,16	0,04	2,0E-07	-	29	5	30	175	58	9	4	6
M2	Coesivo	-19	-25	18,5/8,5	0,30	1	0,95	0,16	0,04	4,0E-07	-	30	5	45	225	95	12	4	8
T	Incoerente	-25	-26	20/10	0,25	-	-	-	-	-	50	35	-	-	250	127	42	2	25
A1	Coesivo	-26	-29,5	19/9	0,30	1	0,80	0,25	0,04	-	-	29	5	65	240	112	15	4	10
A2	Incoerente	-29,5	-31,5	20/10	0,25	1	-	-	-	-	50	35	-	-	260	131	50	2	30
A1	Coesivo	-31,5	-35	19/9	0,30	1	-	0,25	0,04	-	-	29	5	75	260	131	22	4	15

\* caratteristiche dello stato S a seguito degli interventi di vibroflottazione-vibrosostituzione ove previsti.

### Modello geotecnico TRATTAROLI SUD 2 / TRATTAROLI NORD

Tabella 5-17: Stratigrafia di calcolo e parametri geotecnici caratteristici - Modello Geotecnico TRATTAROLI SUD 2 / TRATTAROLI NORD

Unità	Tipologia Terreno	da [m s.l.m.]	a [m s.l.m.]	$\gamma/\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	v [-]	OCR [-]	e <sub>0</sub> [-]	C <sub>c</sub> [-]	C <sub>R</sub> [-]	c <sub>v</sub> [m <sup>2</sup> /s]	D <sub>R</sub> [%]	$\phi'_k$ [°]	c' <sub>k</sub> [kPa]	c <sub>u,k</sub> [kPa]	V <sub>s</sub> [m/s]	G <sub>0</sub> [MPa]	E <sub>op</sub> [MPa]	r [-]	M [MPa]
R	Incoerente	2	-1,5	19/9	0,25	-	-	-	-	-	-	32	-	-	140	38	25	2	15
P	Coesivo	-1,5	-3,5	18/8	0,30	1	1,00	0,25	0,04	1,0E-06	-	28	2,5	25	150	41	7	4	5
S	Incoerente	-3,5	-9	20/10	0,25	-	-	-	-	-	40	34	-	-	160	52	25	2	15
M1	Coesivo	-9	-19	18,5/8,5	0,30	1	0,95	0,16	0,04	2,0E-07	-	29	5	30	175	58	9	4	6
M2	Coesivo	-19	-25	18,5/8,5	0,30	1	0,95	0,16	0,04	4,0E-07	-	30	5	45	225	95	12	4	8
T	Incoerente	-25	-26	20/10	0,25	-	-	-	-	-	50	35	-	-	250	127	42	2	25
A1	Coesivo	-26	-28	19/9	0,30	1	0,80	0,25	0,04	-	-	29	5	65	240	112	15	4	10
A2	Incoerente	-28	-31	20/10	0,25	-	-	-	-	-	50	35	-	-	260	131	50	2	30
A1	Coesivo	-31	-35	19/9	0,30	1	-	0,25	0,04	-	-	29	5	75	260	131	22	4	15

\* caratteristiche dello stato S a seguito degli interventi di vibroflottazione-vibrosostituzione ove previsti.

## Modello geotecnico TRATTAROLI FUTURO CTS

Tabella 5-18: Stratigrafia di calcolo e parametri geotecnici caratteristici - Modello Geotecnico FUTURO CTS

Unità	Tipologia Terreno	da [m s.l.m.]	a [m s.l.m.]	$\gamma/\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	v [-]	OCR [-]	$e_0$ [-]	$C_c$ [-]	$C_R$ [-]	$c_v$ [m <sup>2</sup> /s]	$D_R$ [%]	$\phi'_k$ [°]	$c'_k$ [kPa]	$c_{u,k}$ [kPa]	$V_s$ [m/s]	$G_0$ [MPa]	$E_{op}$ [MPa]	r [-]	M [MPa]
R	Incoerente	2	-1,5	19/9	0,25	-	-	-	-	-	-	30	-	-	140	38	13	2	8
P	Coesivo	-1,5	-3,5	18/8	0,30	1	1,00	0,25	0,04	1,0E-06	-	28	2,5	25	150	41	7	4	5
S	Incoerente	-3,5	-9	20/10	0,25	-	-	-	-	-	40	34	-	-	160	52	25	2	15
S <sub>trattato*</sub>	Incoerente	-1,5	-12,5	20/10	0,25	-	-	-	-	-	60	36	-	-	170	60	30	2	18
M1	Coesivo	-9	-19	18,5/8,5	0,30	1	0,95	0,16	0,04	2,0E-07	-	29	5	30	175	58	9	4	6
M2	Coesivo	-19	-25	18,5/8,5	0,30	1	0,95	0,16	0,04	4,0E-07	-	30	5	45	225	95	12	4	8
T	Incoerente	-25	-26	20/10	0,25	-	-	-	-	-	50	35	-	-	250	127	42	2	25
A1	Coesivo	-26	-29	19/9	0,30	1	0,80	0,25	0,04	-	-	29	5	65	240	112	15	4	10
A2	Incoerente	-29	-32	20/10	0,25	-	-	-	-	-	50	35	-	-	260	131	50	2	30
A1	Coesivo	-32	-38	19/9	0,30	1	-	0,25	0,04	-	-	29	5	75	260	131	22	4	15

\* caratteristiche dello stato S a seguito degli interventi di vibroflottazione-vibrosostituzione ove previsti.

Le indagini condotte per la caratterizzazione dei materiali di scavo (vedi cap. 7) hanno sostanzialmente confermato i modelli geologici di riferimento sopra descritti.

È evidente l'uniformità dell'assetto stratigrafico sull'intera area di progetto, dovuta alla stabilità del bacino di sedimentazione ed alla uniformità dei processi di sedimentazione, come confermato da tutte le indagini realizzate. Le differenze sono dovute per lo più alla difficoltà di individuare correttamente i passaggi stratigrafici tra le diverse unità direttamente dalla descrizione visiva delle carote, a causa delle variazioni progressive in termini granulometrici tra le diverse unità. La definizione precisa dei limiti tra le unità può quindi essere fatta solo con il supporto di prove dedicate di laboratorio e di prove in sito come CPTU, che sono state eseguite nelle indagini geognostiche di PE.

## 6 ATTIVITÀ PREGRESSE SVOLTE NEL SITO

### 6.1 AREA PORTUALE

Come buona parte delle aree urbanizzate nel dopoguerra nel Comune di Ravenna anche le aree del porto industriale sono insediate su aree paludose progressivamente bonificate. Nella figura seguente, relativa al volo IGM GAI del 1954, antecedente allo sviluppo del porto, si possono osservare le grandi aree paludose presenti nelle aree retrostanti il litorale.

Lo sviluppo del porto industriale avviene alla fine degli anni Cinquanta quando viene fondata la soc. S.A.P.I.R. (Società per Azioni Porto Industriale di Ravenna) e vengono realizzate le due dighe foranee. Negli anni seguenti si insediano lungo le sponde del porto canale di raffinerie e del petrolchimico, legato alla scoperta di estesi giacimenti di metano nelle acque antistanti la città.

A partire dagli anni Settanta, a seguito della drastica diminuzione dell'approvvigionamento di petrolio, accompagnata in parallelo dall'aumento di merci secche convenzionali, fece sì che lo scalo ravennate passasse gradualmente da porto industriale a porto prevalentemente commerciale con lo sviluppo di nuovi terminal specializzati nella movimentazione di rinfuse, merci varie e container.

Nel decennio successivo si insediarono lungo il porto canale industrie ad alto contenuto tecnologico, specialmente metalmeccaniche, che beneficiarono degli ampi spazi disponibili per il trasporto eccezionale. In termini temporali l'ultima attività che si è sviluppata in ambito portuale è quella crocieristica concentrata nelle parti più vicine al mare

Attualmente il porto è uno dei maggiori in Italia per quanto riguarda le rinfuse solide: è leader nello sbarco delle materie prime per l'industria della ceramica, dei cereali, dei fertilizzanti e degli sfarinati. E' inoltre un importante scalo per merci varie, come i prodotti metallurgici, in particolare coils e per il legname ed ospita diverse industrie attive nel settore della cantieristica navale.

Alla presenza delle diverse attività industriali e commerciali lungo i canali portuali è da associare la presenza di diversi inquinanti sia nei sedimenti dei canali, che nei suoli e nella falda.

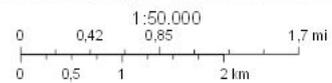
Tra gli inquinanti "storici" si possono citare:

- il mercurio, utilizzato come catalizzatore dall'industria petrolchimica per la produzione di 'acetaldeidene ed altri prodotti,
- rame e stagno, presenti nelle pitture "antifouling",
- piombo e zinco, legati all'industria metalmeccanica, alla cantieristica oltre (nel caso del biombo) ai traffici veicolari
- gli idrocarburi, connessi al trasporto dei prodotti petroliferi
- gli idrocarburi policiclici aromatici, derivanti dai fenomeni di combustione e rilasciati in atmosfera dalle ciminiere industriali e dal traffico veicolare marittimo e terrestre.

VoLo IGMI GAI 1954



28/1/2022, 11:55:36

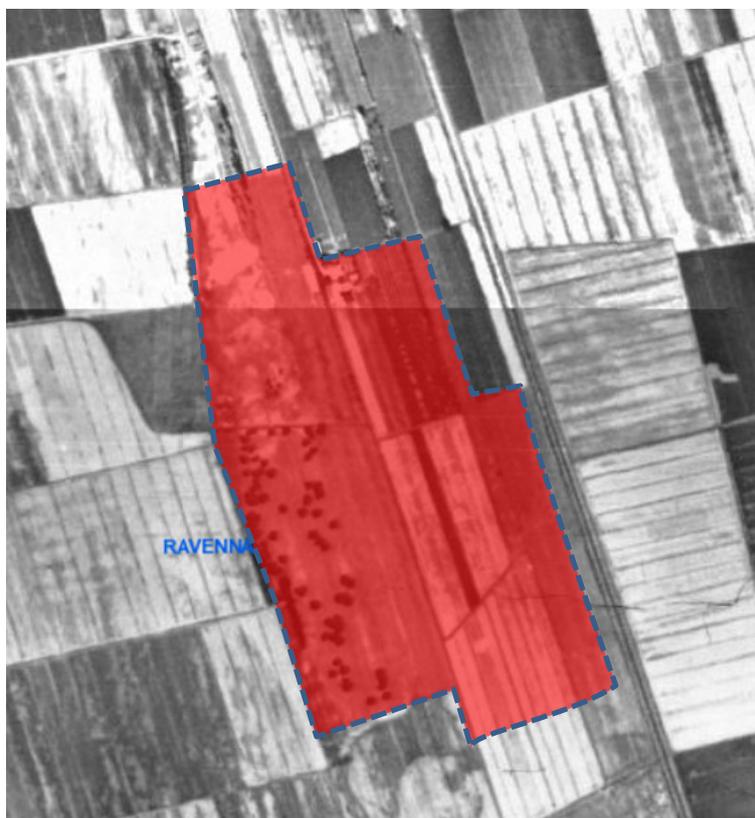


Regione Emilia-Romagna

Figura 21 L'area portuale nel 1954 (Fonte geoportale Regione Emilia Romagna)

## 6.2 CAVA LA BOSCA

Cava la Bosca è stata realizzata su aree precedentemente agricole; la prima foto aerea disponibile della zona, antecedente alla realizzazione della cava è quella del volo IGMI GAI del 1954, che mostra la presenza di aree agricole.



*Figura 22 – Foto aerea del 1954 della zona occupata dalla cava La Bosca (fonte: geoportale della Regione Emilia-Romagna) E' evidenziato il perimetro dell'area attualmente in coltivazione*

Le prime immagini disponibili (anno 2000) relativamente alla cava già insediata, con le aree in corso di coltivazione, evidenziano come lo sviluppo sia avvenuto a spese di terreni agricoli. L'uso agricolo peraltro viene mantenuto in tutte le aree circostanti.



Figura 23 – Foto aerea del 2000 della zona occupata dalla cava La Bosca (fonte: sito internet del comune di Ravenna).  
Sono evidenziate le zone in coltivazione nell'anno di friferimento

In base all'evoluzione storica del territorio, non è ipotizzabile la presenza di sorgenti puntuali di inquinamento generati dalle attività storicamente insediate nell'area. Gli inquinanti presenti nelle acque di falda sono il risultato di sorgenti di tipo diffuso, riscontrabili e tipici delle aree a sfruttamento agricolo intensivo (ad es. pesticidi, fertilizzanti) in concentrazioni analoghe a quelle delle aree circostanti.

Un elemento di interesse per il presente lavoro è la presenza di cloruri e solfati in concentrazioni apprezzabili, per effetto delle infiltrazioni di acque marine, come già segnalato nell'ambito del Progetto Definitivo.

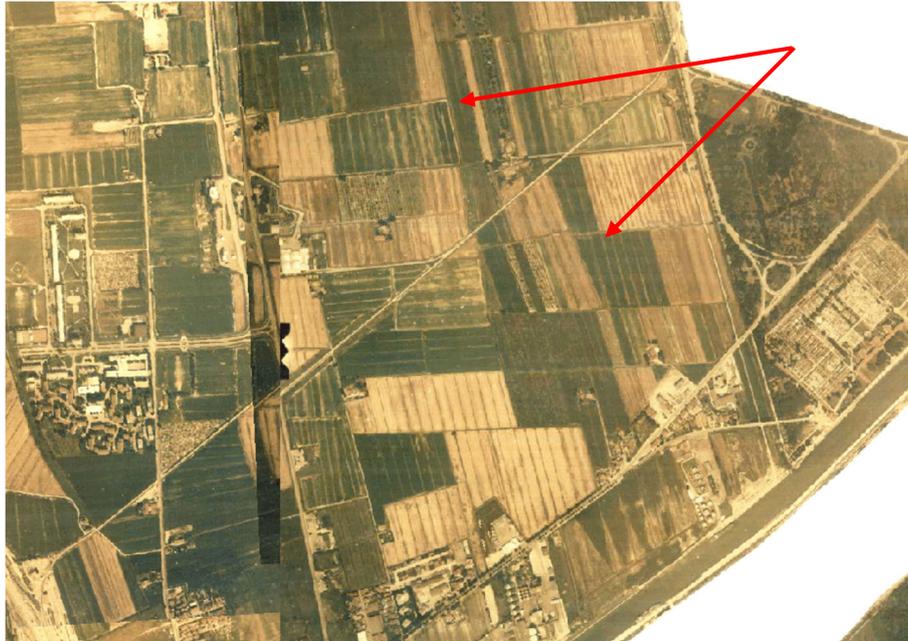
### 6.3 AREA LOGISTICA S3

Le aree interessate dal deposito dei materiali fanno parte del sistema di aree paludose progressivamente bonificate nell'ambito delle grandi bonifiche sviluppate a partire dal primo Novecento, per recuperare nuove aree a scopo agricolo.

Nel periodo dello sviluppo industriale del dopoguerra parte delle aree agricole circostanti Ravenna è stata occupata da attività industriali, ma tale destino non ha interessato le aree in oggetto, destinate ad essere utilizzate come aree logistiche a servizio del porto, che hanno mantenuto il prevalente uso agricolo, come evidenziano le foto aeree relative al 1981 presenti sul Sistema Informativo Territoriale del Comune di Ravenna.

Per tali motivi non è ipotizzabile la presenza di sorgenti puntuali di inquinamento e gli inquinanti presenti sono quelli riscontrabili e tipici delle aree a sfruttamento agricolo intensivo (ad es. pesticidi, fertilizzanti) in concentrazioni analoghe a quelle delle aree circostanti.

Un elemento da considerare è la presenza di una falda salinizzata per effetto delle infiltrazioni di acque marine, con concentrazioni variabili di cloruri e solfati.



*Figura 24 – Foto aerea del 1981 della zona occupata dalle aree logistiche S3 (fonte: sito internet del comune di Ravenna)*

## 7 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEL SITO

### 7.1 IL PIANO DI INDAGINE

Per la caratterizzazione ambientale dei materiali, l'AdSP ha promosso un piano di indagini che è stato realizzato tra ottobre e dicembre del 2021. Il Piano ha previsto l'esecuzione di diversi sondaggi in corrispondenza di ogni banchina, ubicati in modo da includere le aree interessate da scavi di sbancamento e da scavi per la realizzazione dei nuovi pali di fondazione e dei tiranti di ancoraggio.

La profondità dei sondaggi e gli spessori di suolo interessato sono stati definiti in base alle effettive profondità di scavo, che sono variabili a seconda della banchina considerata.

Per una descrizione di dettaglio dei criteri di ubicazione e del numero delle indagini, si rimanda alle due relazioni del Piano, che sono allegate al presente documento:

- AdSP Mare Adriatico Centro Settentrionale (2021) Redazione di piani di caratterizzazione delle banchine oggetto di intervento e delle aree logistiche nell'ambito dell'appalto di Hub portuale. Piano di campionamento e di caratterizzazione – scavi di sbancamento
- AdSP Mare Adriatico Centro Settentrionale (2021) Redazione di piani di caratterizzazione delle banchine oggetto di intervento e delle aree logistiche nell'ambito dell'appalto di Hub portuale. Piano di campionamento dei materiali provenienti da trivellazioni, realizzazione tiranti e pali

In corrispondenza di ogni sondaggio sono stati prelevati diversi campioni di suolo, su cui sono state effettuate le determinazioni previste dal DPR n.120/2017 al fine di verificare la possibilità di gestire i materiali scavati, qualificandoli come sottoprodotti e quindi escludendoli dalle disposizioni relative ai rifiuti.

I campioni di terreno sono stati analizzati rispetto ai seguenti parametri:

- Arsenico
- Cadmio
- Cobalto
- Cromo totale
- Cromo (VI)
- Mercurio
- Nichel
- Piombo
- Rame
- Zinco
- Benzene
- Etilbenzene
- Stirene
- Toluene
- m,p-Xilene
- o-Xilene
- Xilene
- Benzo (a) antracene

- Benzo (a) pirene
- Benzo (b) fluorantene
- Benzo (k) fluorantene
- Benzo (g,h,i) perilene
- Crisene
- Dibenzo (a,e) pirene
- Dibenzo (a,l) pirene
- Dibenzo (a,i) pirene
- Dibenzo (a,h) pirene
- Dibenzo (a,h) antracene
- Indeno (1,2,3 - c,d) pirene
- Pirene
- Idrocarburi C>12
- Amianto

I risultati sono stati confrontati con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5 alla Parte IV Titolo V del D. Lgs. 152/2006.

Inoltre, ai sensi di quanto previsto dall'Allegato 2 del DPR 120/2017, si è proceduto alla caratterizzazione delle acque sotterranee in virtù del fatto che le operazioni di perforazione raggiungeranno profondità tali da andare ad interferire direttamente con la falda che si attesta intorno a 1,0/1,2 m slm.

In corrispondenza de alcune banchine è stato quindi attrezzato a piezometro almeno uno dei sondaggi realizzati per la caratterizzazione dei materiali prodotti nell'ambito delle attività di trivellazione e realizzazione di pali e tiranti, fino alla profondità di 15m dal p.c.

Da ogni sondaggio è stato prelevato un campione d'acqua che è stato sottoposto ad analisi di laboratorio rispetto ai parametri di cui alla Tabella 2, Allegato 5 alla Parte IV Titolo V del D. Lgs. 152/2006.

Nel seguito si riportano i risultati delle indagini per ognuna delle banchine considerate.

## 7.2 BANCHINA LLOYD

Per la caratterizzazione dei materiali di scavo, sono stati realizzati:

- 4sondaggi spinti fino alla profondità di 1.4 m, dai quali sono stati prelevati 2 campioni ciascuno
- 2 sondaggi spinti fino alla profondità di 38 m, dai quali sono stati prelevati rispettivamente 3 campioni (TPS1) e 4 campioni (TP S2).

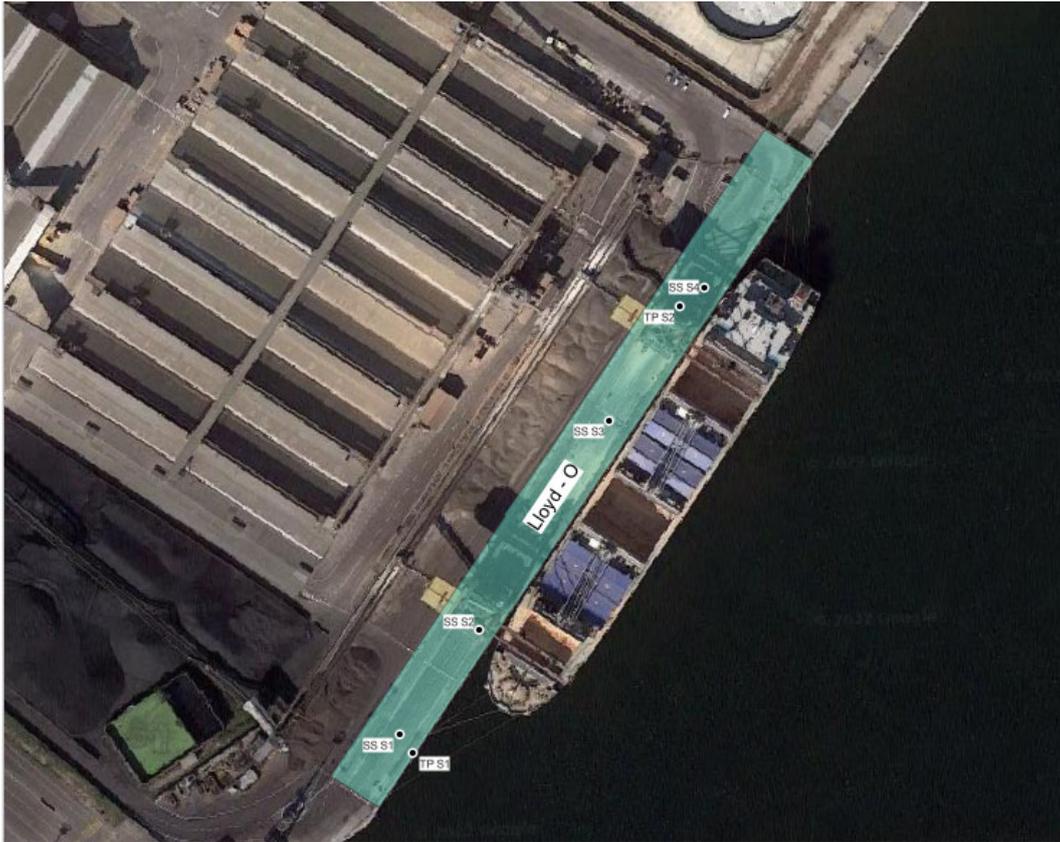


Figura 25 Banchina LLoyd. Ubicazione dei sondaggi di caratterizzazione ambientale

Dai certificati analitici allegati al presente rapporto, si evince che i campioni risultano compatibili con le CSC di Colonna A, tranne per i seguenti campioni:

- SS-S3 tra 1,0 e 1,4 m di profondità (idrocarburi >12 e toluene)
- SS-S4 tra 1,0 e 1,4 m di profondità (idrocarburi >12)
- TP-S2 tra 0,4 e 1,0m di profondità (idrocarburi >12)

i quali riportano una concentrazione comunque inferiore alla CSC di Colonna B.

Per calcolare i volumi non riutilizzabili in Cava La Bosca, si è proceduto ad identificare una cella corrispondente ai sondaggi con superamenti e lo spessore di terreno oggetto di scavo al quale riferire il campione non conforme con le CSC di Colonna A.

L'estensione della cella è stata determinata considerando la distanza intermedia tra il sondaggio SS-S3 ed il primo sondaggio i cui campioni risultano conformi alle CSC di Colonna A, ovvero il punto SS-S2. Di fatto tutta la porzione nord dell'area interessata allo scavo di sbancamento (campioni SS-S1 e SS-S2) è stata considerata non conforme. Adottando tale criterio si ottiene un volume classificabile come B pari a circa 4.200 m<sup>3</sup> (considerando un incremento del 20% dopo lo scavo).

In modo analogo si è determinato come non conforme la porzione di scavo profondo che rientra nella cella attribuita al campione TP S2 il cui volume è stato determinato considerando una profondità pari a 7 m (intermedia fra e il campione superficiale classificato come "B" ed il campione classificato come "A" posto a 15 m di profondità) e la distanza intermedia fra TP S1 e TP S2. Adottando tale criterio si ottiene un volume classificabile come B pari a 1.500 m<sup>3</sup> (considerando un incremento del 20%).

### 7.3 BANCHINA TRATTAROLI SUD (CANTIERI E - F)

Per la caratterizzazione dei materiali di scavo, sono stati realizzati:

- 4 sondaggi (SS) spinti fino alla profondità di 1,6 m, da cui sono stati prelevati 2 campioni ciascuno
- Un sondaggio (SS7) spinto fino a - 5 m, da cui sono stati ricavati 4 campioni
- 3 sondaggi (TP) spinti fino alla profondità di 38 m, dai quali sono stati prelevati 4 campioni

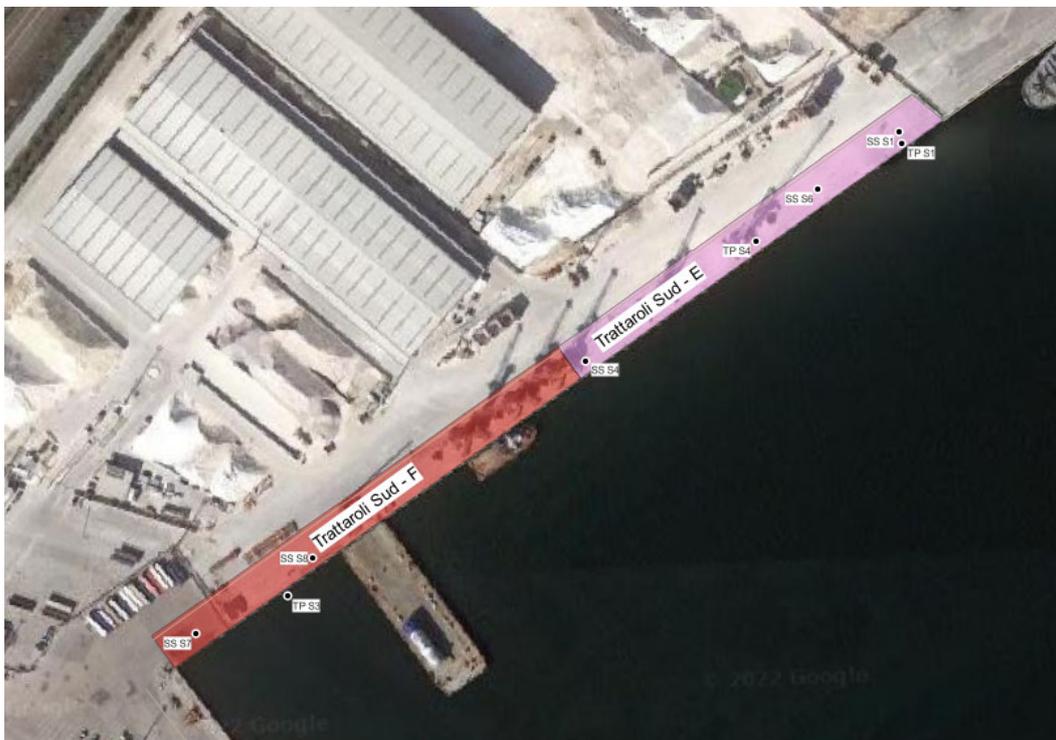


Figura 26 Banchina Trattaroli Sud (E, F). Ubicazione dei sondaggi di caratterizzazione ambientale

Dai certificati analitici allegati al presente rapporto, si evince che i campioni risultano compatibili con le CSC di Colonna A, tranne per i seguenti campioni:

- SS-S1 tra 0,1 e 1,0 m di profondità (idrocarburi >12)
- TP-S4 tra 0,2 e 1,0 m di profondità (idrocarburi >12)
- TP-S3 tra 0,2 e 1,0 m di profondità (idrocarburi >12)

i quali riportano una concentrazione comunque inferiore alla CSC di Colonna B.

Per calcolare i volumi non riutilizzabili in Cava La Bosca, si è proceduto ad identificare una cella corrispondente ai sondaggi con superamenti e lo spessore di terreno oggetto di scavo al quale riferire il campione non conforme con le CSC di Colonna A.

L'estensione delle celle è stata determinata considerando la distanza intermedia tra i sondaggi non conformi ed il primo sondaggio i cui campioni risultano conformi alle CSC di Colonna A, Nel caso di SS1, si è trascurato cautelativamente il campione TPS1 (conforme)

Il volume è stato determinato considerando uno spessore pari 0,5 m che corrisponde allo spessore medio dello scavo di sbancamento, poiché i campioni hanno evidenziato assenza di contaminazione a partire da - 1 m. Adottando tale criterio si ottiene un volume classificabile come B pari a 1.300 m<sup>3</sup> (considerando un incremento del 20%).

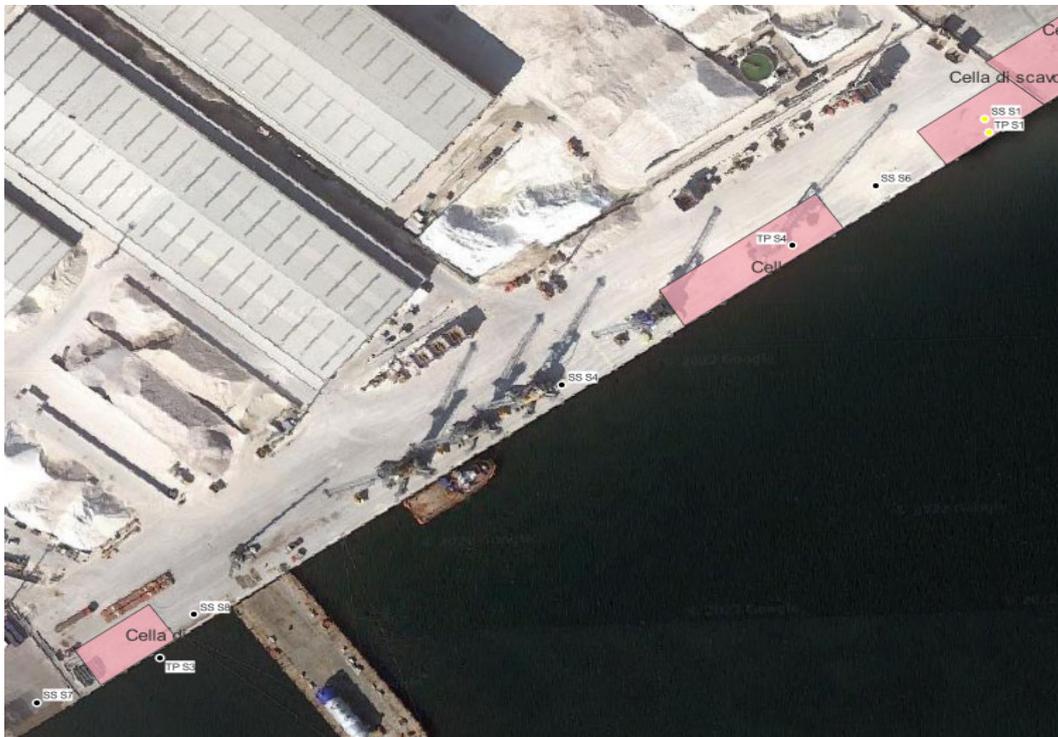


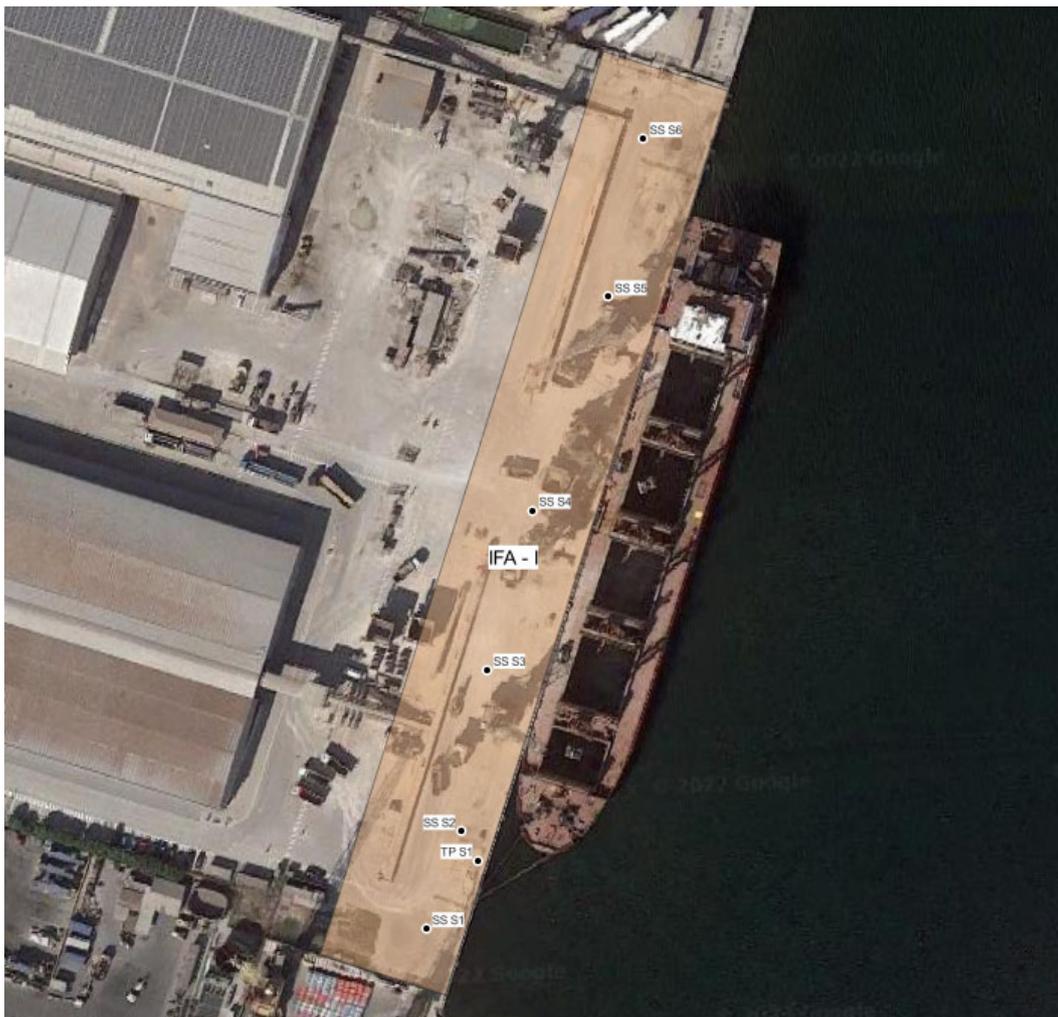
Figura 27 Banchina Trattaroli Sud (E, F). Ubicazione delle celle di scavo da gestire come materiale conforme a classe B

## 7.4 BANCHINA IFA

Per la caratterizzazione dei materiali di scavo, sono stati realizzati:

- 6 sondaggi spinti fino alla profondità di 1,7 m (sondaggi 2-5) e -1,2 m (sondaggi 1 e 6). Dai sondaggi più lunghi sono stati prelevati 2 campioni ciascuno
- 1 sondaggio (TPS1) spinto fino alla profondità di 38 m, dai quali sono stati prelevati 4 campioni

L'ubicazione dei diversi sondaggi è riportata nella figura seguente



*Figura 28 Banchina IFA. Ubicazione dei sondaggi di caratterizzazione ambientale*

Dai certificati analitici allegati al presente rapporto, si evince che i campioni risultano compatibili con le CSC di Colonna A, tranne per i seguenti campioni:

- SS-S2 tra 1,0 e 1,7 m di profondità (mercurio)
- TP-S1 tra 14,0 e 15 m di profondità (idrocarburi >12)
- TP-S1 tra 17,5 e 18,5 m di profondità (idrocarburi >12)

i quali riportano una concentrazione comunque inferiore alla CSC di Colonna B.

Il campione SS S1 ha presentato una concentrazione di idrocarburi >12 superiore alla CSC di colonna B e quindi sarà gestito in regime di rifiuto.

Per calcolare i volumi di rifiuto e quelli non riutilizzabili in Cava La Bosca, si è proceduto ad identificare le celle di scavo corrispondenti ai sondaggi con superamenti e lo spessore di terreno oggetto di scavo al quale riferire il campione non conforme vedi figura seguente)

Per i rifiuti, considerando una profondità media di scavo di 50 cm , il volume è stimabile in circa 500 m<sup>3</sup>, (incluso l'aumento di volume dopo scavo) Nel caso del materiale di classe B, il volume è stimabile in 800 m<sup>3</sup>

Per quanto riguarda i materiali provenienti dalla trivellazione dei pali, le analisi hanno evidenziato superamenti nella parte centrale dei sondaggi per la presenza di idrocarburi. Si tratta di un risultato abbastanza anomalo ma in assenza di ulteriori evidenze analitiche, si è proceduto cautelativamente a considerare tutto lo spessore centrale della carota come non conforme, per un intervallo compreso fra – 7 e – 24 m



Figura 29 Banchina IFA. Ubicazione delle celle di scavo rispettivamente per la parte da gestire come rifiuto (S1) e come materiale conforme a classe B (S2)

In considerazione della scarsa rappresentatività del dato rispetto all'intero orizzonte per tutto lo sviluppo della banchina, in corso d'opera potrà essere eseguita una caratterizzazione su cumulo del materiale estratto corrispondente alle profondità indicate, in modo da definire con maggiore certezza l'impossibilità al riutilizzo in cava Bosca.

## 7.5 BANCHINA FUTURO CTS (CANTIERE N2)

Per la caratterizzazione dei materiali di scavo, sono stati realizzati:

- 12 sondaggi (sondaggi S) spinti fino alla profondità di 1.5 m per caratterizzare lo scavo di sbancamento da cui sono stati prelevati due campioni ciascuno
- 4 sondaggi (sondaggi P) spinti fino alla profondità di 30 m circa , dai quali sono stati prelevati 4 campioni

L'ubicazione dei diversi sondaggi è riportata nella figura seguente

Dai certificati analitici allegati al presente rapporto, si evince che la quasi totalità dei campioni risulta compatibile con le CSC di Colonna A. fanno eccezione i seguenti campioni:

- P1 tra 0 e 1 m di profondità (zinco)
- P4 tra 0 e 1 m di profondità (Benzo a pirene, indeno 123-cd pirene, benzo ghi perilene, dibenzo ae pirene)

i quali riportano una concentrazione comunque inferiore alla CSC di Colonna B.



Figura 30 Banchina Futuro CTS (N2). Ubicazione dei sondaggi di caratterizzazione ambientale

Per calcolare i volumi di rifiuto e quelli non riutilizzabili in Cava La Bosca, si è proceduto ad identificare le celle di scavo corrispondenti ai sondaggi con superamenti e lo spessore di terreno oggetto di scavo al quale riferire il campione non conforme (vedi figura seguente)



Figura 31 Banchina futuro CTS (N2). Ubicazione delle celle di scavo da gestire materiale conforme a classe B

In considerazione del fatto che tutti i campioni relativi allo scavo di sbancamento (S) per uno spessore fino ad 1,5 m di profondità sono risultati conformi alle CSC di colonna A, in corrispondenza dei punti con superamenti, si è considerato non conforme una profondità pari a quella dello scavo di sbancamento (circa 0,9 m)

Il volume complessivo classificato come "B" è stato stimato in circa 3400 m<sup>3</sup>, comprensivo dell'incremento a valle dello scavo.

## 8 ACQUE DI FALDA

Dal momento che gli scavi profondi per la realizzazione dei pali interesseranno anche orizzonti saturi, In corrispondenza di alcune banchine è stato allestito un piezometro da cui, dopo le operazioni di spurgo, è stato eseguito un campionamento delle acque di falda,

I punti di prelievo sono così codificati:

Banchina Bunge Nord S1 BN  
 Banchina Bunge Sud: S2 BS  
 Banchina Alma: S1 AL  
 Banchina Lloyd: S2 LL  
 Banchina Trattaroli Sud: S1 TS, S3 TS  
 Banchina Trattaroli Nord: S2 TN  
 Banchina Docks: S2 DOC  
 Banchina Nuovo terminal Container: S3 NTC, S2 NTC, S2 TC N1

I risultati analitici ottenuti sono stati comparati con i limiti fissati per la qualità delle acque sotterranee (Tabella 2 All. 5, Tit. V, P. Quarta, D.Lgs. n. 152 del 03.04.06 (S.O. n. 96 alla G.U. n. 88 del 14/04/06), per lo scarico in fognatura (Tabella 3, colonna 2, Allegato 5, parte terza, D.Legs 152/06) e per l'immissione in acque superficiali (Tabella 3, colonna 1, Allegato 5, parte terza, D.Legs 152/06).

Il confronto con i limiti sopra elencati ha prodotto i risultati riportati in tabella

*Tabella 8-1 valutazione della conformità delle acque campionate rispetto a vari riferimenti normativi. Sono riportati i parametri che determinano la eventuale non conformità*

	Nome campione										
	S1-T-S	S2-T-N	S2-B-S	S1-B-N	S1-AL	S3-NTC	S2-NTC	S2-TC-N1	S2-DOC	S2-L-L	S3-T-S
Confronto con limiti acque di falda (Tabella 2 All. 5, Tit. V, P. Quarta, D.Lgs. n. 152 del 03.04.06 (S.O. n. 96 alla G.U. n. 88 del 14/04/06)	SO4--, B, Mn	SO4--, F-	SO4--, As, B, Mn, 123TP	SO4--, B, Mn	As, Mn	SO4--, B, Mn	SO4--, F-, B, Mn	SO4--, B, Mn, Ni	SO4--, B, Mn	SO4--, B, Mn, Ni	SO4--, B, Mn
Confronto con limiti allo scarico in acque superficiali (Tabella 3, colonna 1, Allegato 5, parte terza, D.Legs 152/06)	SO4--, B	Conforme	B	SO4--, B	Conforme	SO4--, B	SO4--, B	SO4--, B	SO4--, B	Conforme	B
Confronto con limiti allo scarico in pubblica fognatura (Tabella 3, colonna 1, Allegato 5, parte terza, D.Legs 152/06)	SO4--	Conforme	Conforme	SO4--	Conforme	SO4--, B	SO4--, B	SO4--, B	SO4--, B	SO4--	Conforme

Si può osservare che i superamenti rispetto ai limiti per le acque di falda riguardano principalmente alcuni metalli (manganese, arsenico nichel) ad alcuni anioni inorganici (solfati, Boro e Fluoro). Tra i composti organici si è rilevato un solo debole superamento per il 123 Tricloropropano (123TP) nel campione S2-B-S. Tale valore, visti anche i bassi valori dello stesso parametro in tutti gli altri campioni, è probabilmente dovuto ad una contaminazione molto localizzata. Il superamento andrebbe, visti anche i valori negli altri piezometri, confermata da un nuovo campionamento.

Con riferimento alle concentrazioni di arsenico e manganese, si può osservare che la presenza in concentrazioni più elevate per motivi legati alle caratteristiche geochimiche degli acquiferi è già stata segnalata

in studi condotti dalla Regione Emilia-Romagna <sup>2</sup>. In condizioni riducenti (quali quelli in esame) aumenta il passaggio in soluzione del manganese e dell'arsenico anche per la riduzione dell'effetto di immobilizzazione esercitato dagli ossidi ed idrossidi di ferro.

Più complesso determinare l'origine dei superamenti per il nichel. Si può comunque notare che le concentrazioni superano di poco il limite di riferimento per le acque di falda e sono molto inferiori ai limiti allo scarico, quindi, non generano alcuna problematica per la gestione delle acque di esubero durante le lavorazioni.

Nel caso dei fluoruri (F<sup>-</sup>), presenti con valori superiori ai limiti solo in due campioni, è possibile ipotizzare un contributo da parte delle acque marine, dove il fluoro è generalmente presente in concentrazioni dell'ordine di 1-3 mg/l, ovvero ritenere sia riconducibile all' elevato fondo naturale riscontrato nell'acquifero confinato della pianura alluvionale costiera<sup>3</sup> (2 mg/l).

Nel caso degli altri anioni inorganici, l'origine è da ricercare nelle acque marine prospicienti le banchine dove sono stati effettuati i campionamenti. Per quanto riguarda i solfati (SO<sub>4</sub><sup>--</sup>), le concentrazioni tipiche delle acque marine sono comprese tra 2000 e 4000 mg/L. È evidente che la componente di origine marina di tutti i campioni, tranne il campione S1-AL, determina il forte innalzamento dei livelli di SO<sub>4</sub><sup>--</sup>. I valori riscontrati di SO<sub>4</sub><sup>--</sup> restano sempre inferiori al valore inferiore di riferimento per il Mar Mediterraneo (2000 mg/L). Non sono stati rinvenuti in letteratura riferimenti diretti per la concentrazione di SO<sub>4</sub><sup>--</sup> per il Porto di Ravenna.

L'altro elemento che presenta superamenti per quanto riguarda gli standards riferiti allo scarico nelle acque superficiali o in pubblica fognatura è il boro (B). la concentrazione di boro nelle acque di falda rappresenta un problema in molte aree del bacino del Mediterraneo ed il loro studio è stato oggetto di un progetto Europeo dal 2001 al 2007.

Tra le aree interessate allo studio c'era anche il bacino prospiciente l'Alto Adriatico. Purtroppo, non è stato possibile rintracciare i dati dello studio, ma da una successiva pubblicazione <sup>4</sup> è stata desunta la seguente figura che mostra che nell'area di studio di Ravenna le concentrazioni di B nelle acque di falda erano dell'ordine di 1 mg/L. Tale indicazione è in linea anche con i valori riportati nel già citato studio della regione

---

<sup>2</sup> RER concentrazioni anomale di sostanze pericolose per discriminare la componente naturale da quella antropica nei corpi idrici sotterranei di pianura. Quadro conoscitivo – Allegato 3  
RER Valori di fondo naturale di arsenico negli acquiferi profondi di pianura per classificare lo stato chimico delle acque sotterranee. Quadro conoscitivo – Allegato 4

<sup>3</sup> RER (2020) Allegato 3- Valutazione dello stato delle acque sotterranee 2014 – 2019.

<sup>4</sup> Pennisi M. and A. Muti (2008). *Boron contamination of water resources. The BOREMED project*. L'Acqua 1/2008 2: 63:72.

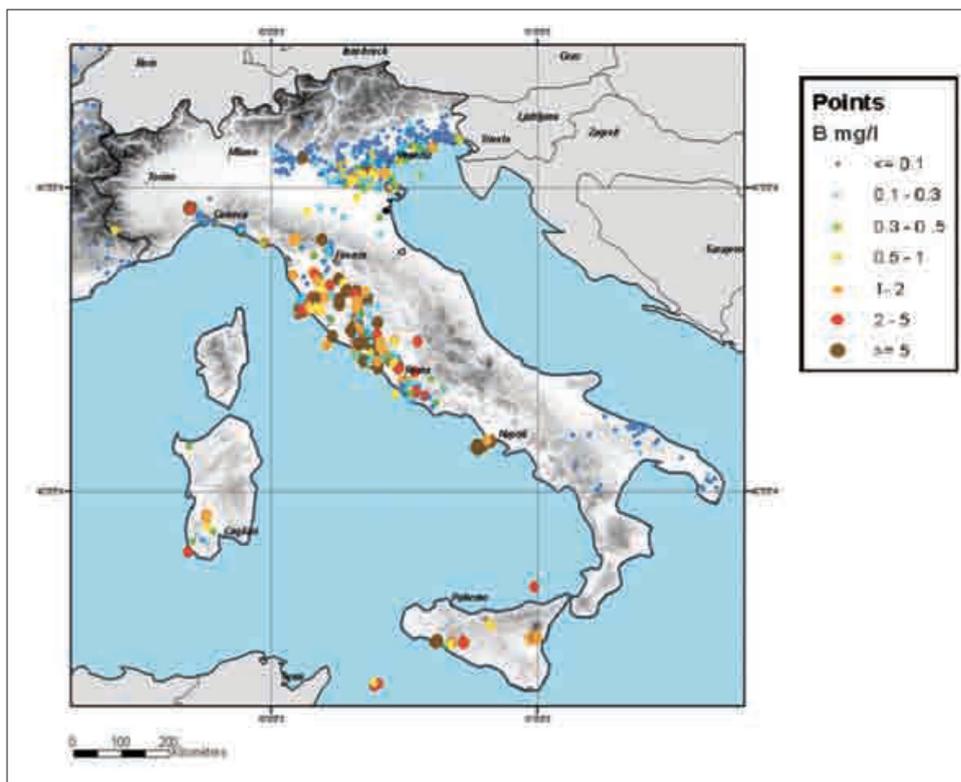


Figura 8-1 Concentrazione di boro nelle acque di falda in diverse regioni italiane

Per altro, le acque del Mar Mediterraneo mostrano livelli di B attorno a  $4 \text{ mg/L}^5$  con valori anche che arrivano a  $6.6 \text{ mg/L}$  (Monti Carlo, comunicazione personale). È evidente, quindi, che come per i solfati anche per il B c'è un forte contributo marino che determina gli elevati valori riscontrati. Come per i solfati, tutti i valori di concentrazione del B sono risultati minori delle concentrazioni massime di B derivate dalla letteratura per il Mar Mediterraneo.

La probabile origine comune di  $\text{SO}_4^{--}$  e B può anche essere desunta dalla figura seguente in cui sono riportate le concentrazioni di B in funzione di quelle di  $\text{SO}_4^{--}$ . E' stata calcolata l'equazione della retta di interpolazione ed il suo coefficiente di correlazione ( $R^2$ ) è risultato pari a 0,64 indicando la probabile stessa origine della parte eccedente il fondo naturale di  $\text{SO}_4$  e B. L'origine più probabile, vista la vicinanza del mare, è quindi da ricercare nell'intrusione salina nella falda.

<sup>5</sup> Carrano C.J, S. Schelleberg, S.A. Amin, D.H Green and F.C. Kupper (2009). *Boron and marine Life: a new look at an enigmatic element*. Mar. Biotechnol. 2009, 11: 431-440.

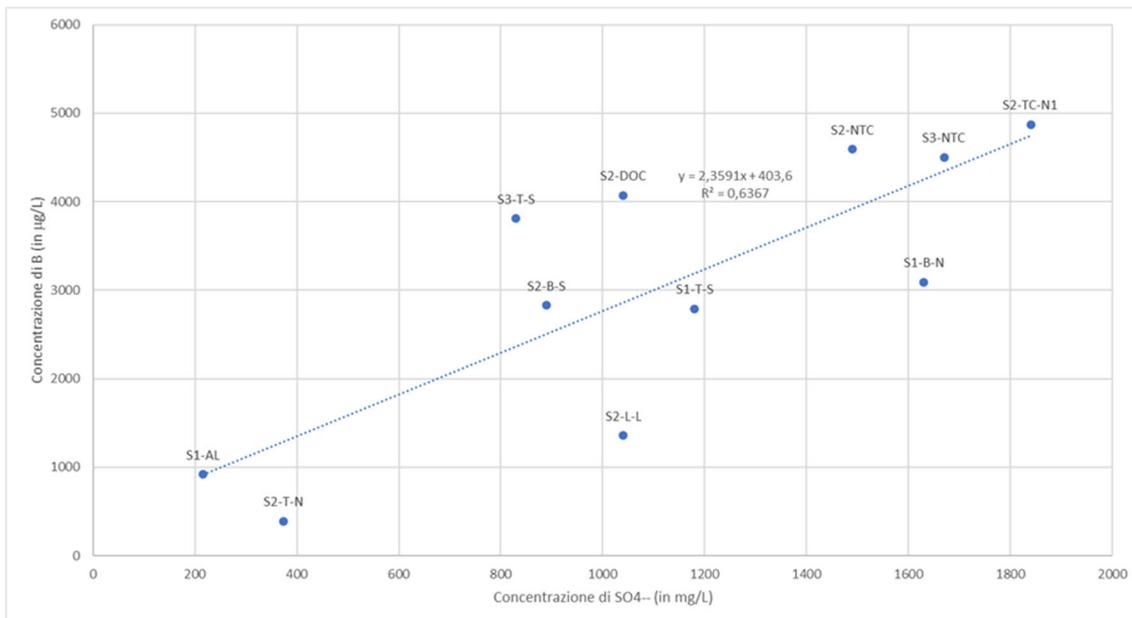


Figura 8-2 Correlazione tra le concentrazioni di SO4-- e B

Con riferimento alla gestione delle acque di falda durante le operazioni di scavo, si può osservare che i fattori limitanti per lo scarico sono esclusivamente le concentrazioni di solfati (SO4--) e di Boro, mentre tutti gli altri parametri rientrano nei limiti definiti dal DLgs 152/06.

Considerato che le acque del corpo recettore (canale Candiano) sono marine e come tali con concentrazioni di solfati e boro analoghe o superiori a quelle riscontrate nelle acque di falda e considerata la probabile origine marina di questi anioni in falda, come sopra evidenziato, si ritiene possibile richiedere autorizzazione allo scarico in mare delle acque di emungimento, con deroga per i parametri citati.

## 9 ALLEGATI

1. Piani di indagine
2. Planimetrie e sezioni di scavo
3. Certificati analitici