

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 INDAGINI
ELABORATI GENERALI
PIANO INDAGINI E ALLEGATI

file
1114-E-SIN-RIL-RE-01-1.doc

codice
1114-E-SIN-RIL-RE-01-1.doc

scala
-

Revisione	data	causale	redatto	verificato	approvato
A	28/10/2021	Emissione per approvazione	P. Smorgon	P. Pampanin	L. de Angelis
1	06/12/2021	Revisione per riscontro validazione	P. Smorgon	P. Pampanin	L. de Angelis

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

RILIEVI ED INDAGINI

Piano indagini e allegati

6 dicembre 2021

INDICE

1. PREMESSA	4
2. BANCHINE	6
2.1. Descrizione sintetica	6
2.2. Sintesi delle indagini integrative	7
2.3. Geologia e geotecnica	9
2.3.1. Assetto stratigrafico	9
2.3.2. Indagini eseguite allegate al progetto definitivo	10
2.3.3. Indagini integrative per la verifica dei parametri geotecnici	10
2.3.4. Individuazione Vs equivalente	14
2.4. Indagini strutturali	15
2.4.1. Indagini già effettuate nel progetto definitivo	15
2.4.2. Proposta di indagini integrative sui materiali	16
2.5. Rilievi topografici, verifiche dei paramenti e verticalità delle banchine e individuazione della posizione delle teste dei tiranti	17
2.5.1. Rete di inquadramento e la materializzazione dei capisaldi	18
2.5.2. Indagini laser scanner 3D	19
2.5.3. Rilievi fotografici con Drone	20
2.5.4. Indagini multibeam e lidar	20
2.5.5. Georadar 3D	22
2.6. Verifica piani di banchina e piazzali	23
2.6.1. Indagini sismiche a rifrazione	23
2.7. Sottoservizi	24
2.7.1. Indagini già eseguite e riportate nel progetto definitivo	24
2.7.2. Verifica dei sottoservizi e interferenze – indagini non distruttive	24
2.7.3. Verifica dei sottoservizi e interferenze – saggi a campione	25
2.7.4. Verifica dei paramenti – saggi a campione	25
3. DRAGAGGI	27
3.1. Descrizione sintetica	27
3.2. Indagini già effettuate e riportate nel progetto definitivo	27
3.2.1. Rilievo batimetrico	27
3.2.2. Caratterizzazione dei sedimenti	27
3.3. Proposta di indagini integrative	28
3.3.1. Rilievo batimetrico dei fondali esistenti con indagine Multibeam	29
3.3.2. Caratteristiche dei sedimenti: prelievo campioni, verifica della stabilità volumetrica dei materiali dragati e verifica del rigonfiamento	30
3.3.3. Indagini per aspetti archeologici	33
4. CASSE DI COLMATA	35

4.1.	Cassa NADEP	36
4.1.1.	Descrizione sintetica	36
4.1.2.	Sintesi indagini integrative	36
4.1.3.	Rilievo topografico delle casse di colmata NADEP	37
4.1.4.	Rilievo aerofotogrammetrico	38
4.1.5.	Rilievo geoelettrico	38
4.1.6.	Geologia e geotecnica	39
4.2.	Casse di colmata aggiuntive	42
4.2.1.	Sintesi indagini integrative	42
4.2.2.	Rilievo topografico	43
4.2.3.	Rilievo aerofotogrammetrico	44
4.2.4.	Rilievo geoelettrico	44
4.2.5.	Geologia e geotecnica	44
5.	AREE LOGISTICHE	49
5.1.	Area logistica – Comparto S3	50
5.2.	Area logistich L1 e L2	51
5.3.	Indagini integrative proposte	52
5.3.1.	Rilievo topografico	53
5.3.2.	Rilievo aerofotogrammetrico	53
5.3.3.	Interferenze e sottoservizi - Indagini georadar 3D	54
5.3.4.	Indagini elettromagnetiche	56
5.3.5.	Geologia e geotecnica	58

La presente relazione è redatta nell'ambito della definizione della campagna di indagine integrative propedeutiche alla progettazione esecutiva delle opere in oggetto, riportate nella Planimetria di inquadramento generale del Progetto Definitivo (Fig. 1-1).

Per una migliore e più uniforme lettura, le indagini sono state suddivise per macro-interventi:

1. BANCHINE
2. DRAGAGGIO
3. CASSE DI COLMATA
4. AREE LOGISTICHE

Per ogni macro-intervento si riportano:

- la descrizione sintetica delle opere in oggetto
- le indagini già eseguite prima dell'elaborazione del progetto definitivo posto a base dell'affidamento
- la proposta di Indagini Integrative proposte dal Contraente Generale in coerenza con l'offerta formulata in sede di gara.

Le specifiche tecniche sono dettagliate nelle appendici.

L'ubicazione delle indagini è riportata nelle planimetrie allegate.

2. BANCHINE

2.1. Descrizione sintetica

Gli interventi previsti nell'ambito dell'approfondimento dei fondali del Canale Candiano e Baiona riguardano l'adeguamento strutturale di parte delle banchine esistenti e la realizzazione di un Nuovo Terminal in penisola Trattaroli.

A. Adeguamento delle banchine esistenti:

- Bunge Nord (Cantiere A)
- Bunge Sud (Cantiere B)
- Alma (Cantiere C)
- Lloyd (Cantiere O)
- Cementi Romagna (Trattaroli Nord) - (Cantiere D)
- Terminal NORD (Trattaroli Sud) - (Cantiere E e F)
- T&C (Trattaroli Sud) - (Cantiere G e H)
- IFA (Cantiere I)
- Docks Biomboni Nord (Cantiere M)

B. Nuovo Terminal in penisola Trattaroli:

- Futuro Terminal (Cantiere N): adeguamento 1° tratto (sopraelevazione) e nuovo tratto



Fig. 2-1 - Planimetria relativa alle banchine da adeguare e al nuovo terminal in penisola Trattaroli (PD)

Nel progetto definitivo sono stati previsti i seguenti interventi:

1. Sulla sinistra idraulica del canale Candiano

- Banchina BUNGE SUD: realizzazione di impalcato in c.a. con tre allineamenti di pali in c.a., $\varnothing 1200$ la prima fila lato mare e $\varnothing 1000$ la seconda e la terza lato terra, esecuzione di nuovi ancoraggi in barre a bulbo in jet-grouting ad interasse di 1,875 m;
- Banchina BUNGE NORD: esecuzione di nuovi ancoraggi in trefoli a bulbo iniettato ad interasse medio di 6 m;
- Banchina ALMA PETROLI: infissione a tergo del palancoato esistente di pali cavi in acciaio $\varnothing 1219$, ricostruzione della trave di coronamento in c.a. e nuovi ancoraggi in barre a bulbo in jet-grouting ad interasse variabile;
- Banchina LLOYD Ravenna: infissione di nuovo palancoato metallico tipo H+Z in avanzamento al diaframma esistente, realizzazione di impalcato in c.a. con tre allineamenti di pali $\varnothing 1000$ in c.a., esecuzione di nuovi ancoraggi in barre con bulbo in jet-grouting ad interasse di 1,80 m;
- Banchina TRATTAROLI NORD: realizzazione di impalcato in c.a. con tre allineamenti di pali $\varnothing 1000$ in c.a., esecuzione di tiranti integrativi a barre con bulbo in jet-grouting ad interasse 3,58 m;
- Banchina TRATTAROLI SUD: realizzazione di impalcato in c.a. con tre allineamenti di pali $\varnothing 1000$ in c.a., esecuzione di tiranti integrativi a barre con bulbo in jet-grouting ad interasse 3,60 m;
- Banchina IFA: infissione a tergo del diaframma esistente di palancoato metallico tipo H+Z, ricostruzione della trave di coronamento in c.a., nuovi ancoraggi in barre a bulbo in jet-grouting ad interasse 1,5 m, e consolidamento del terreno con colonne in ghiaia vibroflottate;

2. Sulla destra idraulica del canale Candiano:

- Banchina DOCKS PIOMBONI NORD: realizzazione di 4 file di pali $\varnothing 600$ in c.a. di rinforzo a tergo della paratia esistente, con pulvini e geogriglia strutturale, esecuzione di tiranti integrativi in barre a bulbo in jet-grouting ad interasse di 2,0 m;
- Banchina TRATTAROLI DESTRA (sopraelevazione del tratto già realizzato): realizzazione di 4 file di pali $\varnothing 600$ di rinforzo a tergo della paratia esistente, con pulvini e geogriglia strutturale, esecuzione di tiranti integrativi in barre a bulbo in jet-grouting ad interasse di 1,79 m, e consolidamento del terreno con colonne in ghiaia vibroflottate;
- FUTURO TERMINAL CONTAINER: infissione di palancoato metallico tipo H+Z lato mare, realizzazione di due file di pali in c.a., la prima a ridosso del palancoato con diametro $\varnothing 1200$, la seconda lato terra con diametro $\varnothing 1000$, esecuzione di ancoraggi in barre a bulbo iniettato tipo IRS ad interasse 1,60 m e a barre orizzontali. è, inoltre, previsto il consolidamento del terreno con colonne in ghiaia vibroflottate.

2.2. Sintesi delle indagini integrative

Le indagini integrative che il Contraente Generale propone di eseguire prima dello sviluppo della Progettazione Esecutiva, hanno lo scopo di verificare le ipotesi progettuali assunte nel progetto definitivo e di acquisire ulteriori elementi di carattere geometrico, meccanico e

geotecnico al fine di assicurare un quadro di informazioni di maggiore completezza. In particolare le indagini integrative proposte, riguarderanno:

- Verifica dello stato delle banchine, dal punto di vista geometrico, strutturale, geotecnico e sismico;
- La verifica – per quanto possibile eseguire indagini compatibili con le attività in corso da parte dei Concessionari:
 - a) delle interferenze attraverso la ricerca di eventuali sottoservizi esistenti (cunicoli, impianti di rete, etc.) ovvero di strutture/fondazioni presenti nel corpo delle banchine;
 - b) delle strutture di contrasto delle banchine esistenti (tiranti, strutture di ancoraggio etc.) per come riportate nel Progetto Definitivo

La verifica delle interferenze dovrà comunque essere preceduta da una intervista con i Concessionari di riferimento ai quali verrà sottoposta l'analisi dei sottoservizi e delle interferenze riportati nel progetto definitivo al fine di acquisire eventuali ulteriori dati documentali e/o indizi per la ricerca nel sottosuolo.

La sintesi delle indagini integrative per le banchine esistenti è riportata in Tab. 2.1.

Tab. 2-1: Banchine – indagini integrative

1 BANCHINE ESISTENTI			
1A	Verifica dello stato delle banchine esistenti	Verifiche consistenza strutturale paramenti, verticalità e individuazione presenza tiranti (da mare) con rilievo delle relative posizioni	Sonar, Multibeam 3D/LIDAR, saggi meccanici sul paramento, ispezione a campione tasche alloggiamento tiranti (n. 1 per banchina), ispezione con OTS
		Monitoraggio planoaltimetrico del paramento delle banchine e dei piazzali	rilievo fotografico georeferenziato a bassa quota con DRONE
			- Rete di inquadramento con la materializzazione dei capisaldi - Laserscanner 3D - sismica a rifrazione dei piazzali (per banchine dove previsto vibroflottazione/jetgrouting) - Georadar
			esecuzione di saggi a campione sul paramento esterno della banchina, mediante locale asportazione del paramento instabile ed esecuzione di perfori di ispezione d:20/30 mm
		Saggi sul piano di banchina	esecuzione di saggi localizzati sul piano di banchina, dim 4,0 x 4,0 m x h Var sull'allineamento dei tiranti, per verificare la deviazione dell'allineamento dei tiranti e la posizione delle strutture di contrasto esistenti
		Verifiche di penetrazione ai cloruri (non eseguite nel PD) indagini integrative sui materiali	prelievi di carote e prove a compressione sui cls (carbonatazione + ione cloruro), prelievo di armature
			Buchi con trapano nelle carote già prelevate o in nuove carote, prelievo polveri e analisi secondo UNI EN 1744-1
		Verifica dei parametri geotecnici, conferma dati assunti su rischio liquefazione (materiali granulari), determinazione Vs	6 sondaggi e CPTU, piezometri e prove di dissipazione, 9 SCPTU (con sismocono), MASW, REMI + georadar propedeutico a individuazione sottoservizi
Verifica/caratterizzazione ambientale a tergo banchine *	Prelievo sondaggi e analisi di laboratorio		
1B	Sottoservizi	Verifica dei sottoservizi esistenti/interferenze	indagini indirette e non distruttive: georadar 3D
		Presenza di torre faro (come visto in sopralluogo) - dovrebbe avere fondazioni superficiali	Verifica con parziale scoprimento delle fondazioni e saggi

NOTA * caratterizzazione ambientale (banchine e siti di utilizzo): sarà eseguita da terzi (a carico AdSP)

2.3. Geologia e geotecnica

2.3.1. Assetto stratigrafico

Nel Progetto Definitivo, al fine di stabilire lo stato di fatto delle opere in maniera tale da progettare efficacemente gli interventi

L'assetto stratigrafico e geotecnico nell'area di progetto, come identificato nel Progetto Definitivo, è composto dalle seguenti unità, descritte dall'alto verso il basso della sequenza deposizionale:

- **Unità R (Attuale):** deposito antropico composto da ghiaie e sabbie limose con frammenti di laterizi e calcestruzzo, usato per rialzare l'area del porto di Ravenna. Lo spessore è nell'ordine di 2 – 3 m, le ghiaie sono spesso confinate nel primo metro;
- **Unità P (Olocene):** deposito di palude salmastra composto da limi argillosi/argille limose con frammenti di torba dispersa. Lo spessore è nell'ordine di 1 – 2 m;
- **Unità S (Olocene):** deposito di cordone litorale composto da sabbie medio – fini limose, la frazione fine localmente può aumentare. Lo spessore è nell'ordine di 5 – 10 m;
- **Unità M (Olocene):** deposito di prodelta composto da limi argillosi con la presenza ritmica di livelletti sabbiosi a spessore cm/mm, la frazione sabbiosa diminuisce nella porzione superiore dell'unità. Lo spessore è nell'ordine di 10 – 15 m;
- **Unità T (Olocene):** deposito trasgressivo composto da sabbie medie con abbondante presenza di conchiglie. Lo spessore è nell'ordine di 2 m;
- **Unità A (Pleistocene):** deposito di piana alluvionale composto da una intercalazione di strati a spessore metrico di limi argillosi/argille limose e di sabbie limose. L'unità presenta al tetto uno strato spesso 1 – 2 m di limo/argilla molto consistente di colore giallo – marrone. Lo spessore è superiore alla profondità della indagine e nell'ordine di qualche decina di metri.

La figura seguente mostra uno stralcio del *Profilo geotecnico* di progetto definitivo in corrispondenza delle opere di progetto.

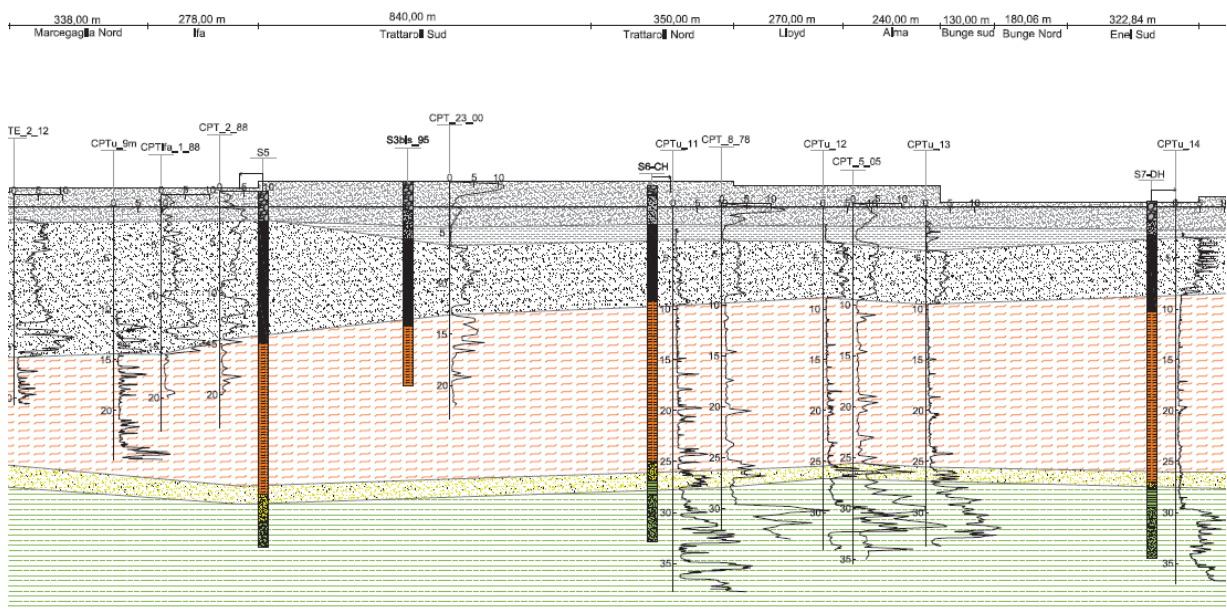


Fig. 2-2 - Assetto stratigrafico – Stralcio Profilo Geotecnico di PD

2.3.2. Indagini eseguite allegate al progetto definitivo

Il progetto definitivo posto a base dell'affidamento tiene conto dell'insieme di indagini svolte nell'intera area del porto di Ravenna ed appresso sinteticamente rappresentate:

- n.24 sondaggi a carotaggio continuo (L = 35 m);
- n.10 prove down – hole e n.1 prova cross – hole;
- prelievo di campioni rimaneggiati ed indisturbati;
- n.48 prove CPTU lato terra (L = 30 – 35 m);
- n.16 prove CPTU lato mare (L = 15 – 20 m);
- n.30 prove DMT (L = 10 – 30 m);
- n.6 stazioni microtremori.

Le prove di laboratorio, eseguite sui campioni prelevati, sono di tipo classificativo e per la misura della resistenza e deformabilità dei terreni come prove triassiali (TRX-UU, TRX-CIU, TRX-CID), prove edometriche, prove con colonna risonante per la misura della curva di decadimento del modulo di taglio.

Nell'area di progetto ricadono le seguenti indagini:

- n.3 sondaggi (L = 35 m);
- n.1 prova down – hole e n.1 prova cross – hole;
- prelievo di campioni rimaneggiati ed indisturbati;
- n.5 prove CPTU lato terra (L = 35 – 38 m);
- n.2 prove CPTU lato mare (L = 15 – 16 m);
- n.5 prove DMT (L = 27 – 30 m);
- n.2 stazioni microtremori.

2.3.3. Indagini integrative per la verifica dei parametri geotecnici

Le indagini esistenti realizzate nell'area del porto di Ravenna definiscono un assetto stratigrafico lineare, composto da unità stratigrafico – geotecniche con caratteristiche ben definite ed abbastanza omogenee nell'intera area in accordo con lo schema deposizionale.

Si propone quindi di integrare le indagini già eseguite, ricadenti nell'area di progetto, al fine di definire meglio gli spessori delle suddette unità e di acquisire dati mancanti e/o di caratterizzare compiutamente i terreni di fondazione in rapporto al loro comportamento geotecnico e sismico.

Le indagini integrative che si propongono prevedono l'esecuzione in campo di carotaggi, prelievi di campioni, prove penetrometriche (CPTU e SCPTU), prove geolettriche (MASW/REMI/ESAC), rilevamenti piezometrici etc. e l'esecuzione di prove di laboratorio.

Indagini di campo

Si realizzeranno quindi delle prove per la misura della permeabilità dei terreni, assenti nelle indagini di progetto definitivo, valore fondamentale per il calcolo dei tempi di consolidazione.

Inoltre, le indagini di progetto definitivo classificano i terreni di fondazione nell'area di progetto con una categoria sismica D, mentre per le aree portuali esterne si è indicata una categoria C.

Per quanto riguarda invece lo studio di progetto definitivo di Eucentre in merito alla *Valutazione del potenziale di liquefazione*, si ha che l'area di progetto è caratterizzata per un periodo di ritorno di 712 anni dalla liquefazione parziale dei terreni di fondazione, associata allo sviluppo di cedimenti, che possono generare danni strutturali. È stata fornita una stima dell'entità di tali cedimenti che è risultata essere compresa tra 10 – 30 cm.

Alla luce di quanto suddetto si ritiene necessario eseguire una serie di prove integrative SCPTU (sismo - cono con misura velocità onde Vs), che permetteranno di acquisire i dati necessari per la definizione della categoria sismica dei terreni di fondazione e per una rivalutazione dell'analisi del rischio alla liquefazione.

Le informazioni indirette desunte dalle CPTU sui caratteri stratigrafici dei terreni saranno validate tramite l'esecuzione di alcuni sondaggi, che permetteranno inoltre l'esecuzione di prove di permeabilità ed il prelievo di campioni per le analisi di laboratorio, che integreranno quelle esistenti.

In particolare, l'unità P è stata scarsamente indagata con prove di laboratorio, pertanto si ritiene che debba essere oggetto di prove di laboratorio in virtù della sua natura coesiva e della sua posizione nella colonna stratigrafica immediatamente al di sotto dell'unità R.

La lunghezza dei sondaggi sarà di 50 m, al fine di indagare compiutamente la profondità interessata dai pali di fondazione degli interventi sulle banchine esistenti.

La figura seguente riporta l'ubicazione delle indagini proposte: Sxx/20 sono sondaggi, mentre SCPTUxx/20 sono prove penetrometriche statiche continue con sismocono.



Fig. 2-3 - Banchine – Indagini integrative – Planimetria di ubicazione da Google Earth

La tabella seguente riporta le quantità relative ai sondaggi, prove in sito e campionamenti:

- Pz: piezometro a tubo aperto con installazione diver per monitoraggio livello acqua per 15gg e successive n.4 letture manuali;
- Lefranc: prova a carico variabile da eseguirsi all'interno delle unità P (z = 4 – 6 m da p.c.), S (z = 6 – 12 m da p.c.), M (z = 12 – 20 m da p.c.) ovvero in numero di 1 prova per ciascuna unità suddetta per ciascun sondaggio;
- C.R. campioni rimaneggiati prelevati sull'intera verticale ogni 4 m di profondità a partire da 1 m al di sotto del p.c.;
- C.I. campioni indisturbati prelevati all'interno dell'unità P (n.2 campioni) ed M (n.3 campioni).

Le profondità suddette potranno variare di ± 2 m in funzione della reale stratigrafia.

I sondaggi saranno eseguiti lato terra ad una distanza dal filo banchina variabile tra 2 – 5 m in funzione delle interferenze presenti, individuate a seguito di apposita indagine (georadar).

Tab. 2-2: Banchine – Indagini integrative – Sondaggi, campionamenti e prove in sito

Banchine esistenti - Sondaggi, campionamenti e prove in					
Sond.	L	Pz	Lefranc	C.R.	C.I.
(n.)	(m)	(m)	(n.)	(n.)	(n.)
S1Pz/20	50	15	3	12	5
S2Pz/20	50	15	3	12	5
S3Pz/20	50	15	3	12	5
S6Pz/20	50	15	3	12	5
Totale	200	60	12	48	20
Pz: piezometro a tubo aperto//Lefranc: prova a carico variabile//C.R.: campione rimaneggiato//C.I.: campione indisturbato					

La tabella seguente riporta le quantità relative alle prove penetrometriche statiche continue con punta elettrica, che saranno eseguite con sismocono SCPTU (misura di qc, fs, u, Vs).

Si eseguiranno inoltre delle prove di dissipazione per la misura della permeabilità dei terreni di fondazione.

Le prove SCPTU saranno realizzate tutte lato terra ad una distanza dal filo banchina variabile tra 2 – 5 m in funzione delle interferenze presenti, individuate a seguito di apposita indagine.

Si dovrà realizzare un preforo di 1.5 - 2 m, al fondo del quale le prove SCPTU inizieranno; il preforo è necessario per la presenza della pavimentazione e di uno strato ghiaioso al di sotto spesso 1 – 1.5 m, come desunto dai sondaggi eseguiti.

L'acquisizione della velocità delle onde di taglio avverrà con passo di 1 m, mentre le prove di dissipazione saranno realizzate alle profondità indicate in tabella, che potranno variare di ± 2 m in funzione della reale stratigrafia.

Le prove SCPTU saranno realizzate con penetrometro tale da garantire un contrasto di pesi sufficienti per raggiungere profondità di 40 m. (penetrometro da 20 t montato su autocarro).

Tab. 2-3: Banchine – Indagini integrative – Prove penetrometriche statiche continue con punta elettrica

Banchine esistenti - Prove penetrometriche statiche continue con punta elettrica				
SCPTU	L	Vs	Dissip.	Dissip.
(n.)	(m)	(m)	(n.)	(m da p.c.)
SCPTU1/20	40	40	2	5 (P) e 10 (S)
SCPTU2/20	40	40	-	-
SCPTU3/20	40	40	2	5 (P) e 16 (M)
SCPTU4/20	40	40	-	-
SCPTU5/20	40	40	2	5 (P) e 10 (S)
SCPTU6/20	40	40	-	-
SCPTU7/20	40	40	2	5 (P) e 16 (M)
SCPTU8/20	40	40	2	5 (P) e 16 (M)
SCPTU9/20	40	40	2	5 (P) e 16 (M)
Totale	360	360	12	-

Vs: acquisizione velocità onde di taglio//Dissip.: prove di dissipazione

A seguito della esecuzione dei sondaggi e delle prove SCPTU si dovrà provvedere all'intasamento dei fori con materiale adeguato o con malta cementizia ed al ripristino della pavimentazione.

Prove di laboratorio da eseguire su campioni prelevati

La tabella seguente riporta per ciascun sondaggio la tipologia ed il numero delle prove di laboratorio da eseguire.

Le analisi granulometriche saranno eseguite con vagli meccanici e con densimetro, al fine di verificare la frazione limosa e quella argillosa.

Ciascuna prova triassiale TRX-CIU sarà eseguita su n.3 provini diversi, che dovranno essere consolidati alle seguenti pressioni di confinamento laterale $\sigma'v0$, $2\sigma'v0$, $3\sigma'v0$.

Le prove edometriche EDO saranno realizzate con saturazione iniziale dei provini, come da prassi, fino al raggiungimento della pressione di 3200 (KPa).

Tab. 2-4: Banchine – Indagini integrative – Sondaggi e prove di laboratorio

Banchine esistenti - Prove di laboratorio									
Sond.	C.R.	C.I.	Gran.	Lim.Att.	Gs	γ	wn	TRX-CIU	EDO
(n.)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)
S1Pz/20	12	5	17	17	3	5	5	2	2
S2Pz/20	12	5	17	17	3	5	5	2	2
S3Pz/20	12	5	17	17	3	5	5	2	2
S6Pz/20	12	5	17	17	3	5	5	2	2
Totale	48	20	68	68	12	20	20	8	8

C.R.: campione rimaneggiato//C.I.: campione indisturbato//Gran.: analisi granulometrica per sedimentazione//Lim.Att.: limiti di Atterberg//Gs: peso specifico grani// γ : peso di volume//wn: contenuto d'acqua//TRX-CIU: prova triassiale consolidata non drenata//EDO: prova compressibilità edometrica

Nota:

La fascia delle banchine interessate da interventi di adeguamento funzionale la cui mappatura dei sottoservizi risulta incerta in relazione alla documentazione ricevuta ed ai rilievi non distruttivi effettuati sul campo, sarà coperta da indagine Georadar-3d allo scopo di individuare i sottoservizi che possano essere d'intralcio sia per la realizzazione delle indagini geotecniche sia per le opere previste

Per le modalità di indagine Georadar vedere par. 2.5.3 (e relative specifiche tecniche).

2.3.4. Individuazione Vs equivalente

Per ogni banchina si propone di eseguire indagini con onde di superficie tramite uno stendimento MASW, REMI/ (o ESAC a seconda degli spazi a disposizione) in modo da determinare la Vs equivalente secondo quanto previsto dalle NTC'18, e qualche stendimento di sismica a rifrazione per verificare la continuità laterale delle stratigrafie desunte dalle indagini geotecniche.

Al fine di ottenere il profilo delle onde di taglio (Vs equivalente) dei primi 30m di terreno, dovranno essere realizzati stendimenti di 24 geofoni con frequenza propria di 4.5Hz e lunghezza minima pari a 69m, per la registrazione di onde di superficie con le tecniche integrate di tipo attivo MASW e di tipo passivo con microtremori ReMi o Esac.

Gli stendimenti dovranno essere georeferenziati con GPS RTK.

L'elaborazione dovrà avvenire con software dedicati che consentano la rappresentazione dello spettro e che restituiscano la curva di dispersione interpretata per i vari metodi, ed il profilo finale di velocità sui primi 30m.

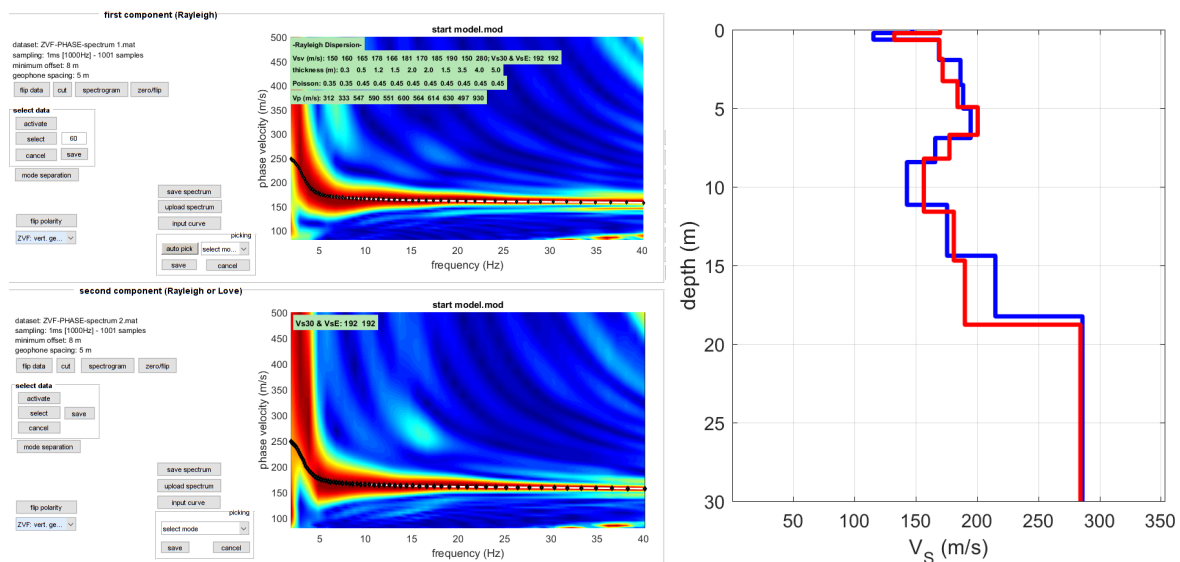


Fig. 2-4 - curva di dispersione su spettro onde di Rayleigh e onde di Love e profilo di velocità Vs medio e più vicino ai dati sperimentali generato dal modello d'inversione

Le caratteristiche richieste e modalità esecutive sono dettagliate nelle specifiche tecniche allegate.

2.4. Indagini strutturali

2.4.1. Indagini già effettuate nel progetto definitivo

Il Progetto Definitivo, al fine di definire lo stato di fatto delle opere in maniera tale da progettare gli interventi di adeguamento, si è basato su una campagna di indagini volte a determinare le caratteristiche dei materiali ed il loro stato di conservazione. In particolare, per quanto concerne i materiali sono stati indagati:

- Tiranti di ancoraggio:
 - o Apertura di alcune nicchie di testata per esame visivo dei sistemi di bloccaggio e misura dell'isolamento elettrico;
 - o Escavo a tergo per valutare presenza dei sistemi di isolamento dei trefoli nella parte libera e stato.
- Calcestruzzi:
 - o Prelievo di carote di calcestruzzo della trave di banchina per eseguire prova di carbonatazione e valutazione della resistenza a compressione;
- Armature per c.a.:
 - o Prelievo di barre di armatura dalla trave di banchina per valutazione della resistenza a trazione.
- Palancolati:
 - o Misura dello spessore dell'ala delle palancole a varie profondità con metodi ultrasonici;
 - o Prelievo di fazzoletti di palanca su cui eseguire prove di trazione.

Di seguito si riporta lo stralcio planimetrico tratto dalla "Relazione indagini e prove sui materiali esistenti" dell'area portuale indagata con la posizione indicativa dei siti di indagine.

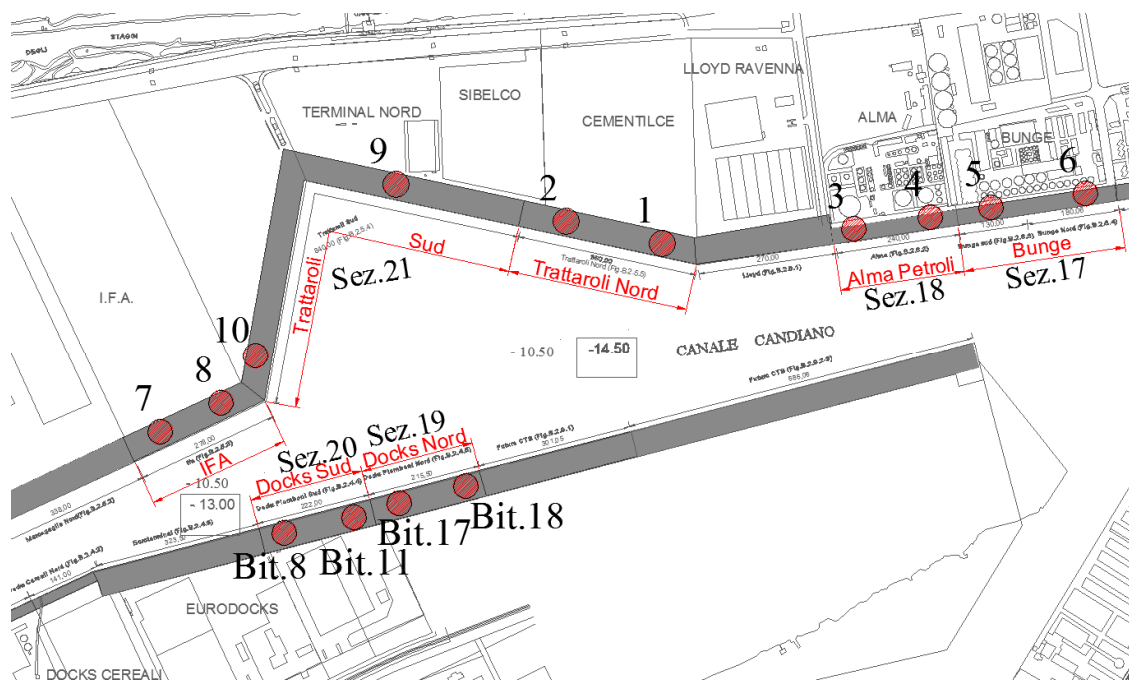


Fig. 2-5 - Stralcio planimetrico con posizione indicativa dei siti di indagine del PD

2.4.2. Proposta di indagini integrative sui materiali

Per quanto concerne le indagini strutturali sulle opere esistenti si sono ravvisate alcune incompletezze e mancanze.

La prima riguarda il numero di provini di calcestruzzo ed acciaio estratti dalle banchine Trattaroli Sud e Piomboni Nord.

La seconda concerne una prova ritenuta necessaria per capire l'avanzamento dello ione cloruro all'interno della struttura di banchina in c.a. che non è stata considerata in fase progettuale.

La proposta integrativa pertanto riguarda un prelievo aggiuntivo di carote e barre di armatura lungo la banchina Trattaroli Sud vista l'estensione di molto superiore alle altre banchine nell'area, nonché un campionamento uguale sulla banchina Piomboni Nord di cui sembra non essere presente alcun risultato in termini di resistenza a compressione delle carote e resistenza a trazione delle barre di armatura nella relazione sulle indagini e prove dei materiali.

Di quest'ultima è vero che oltre la prova di collaudo esistono anche documenti attestanti prove sui materiali, ma trattandosi di una banchina realizzata intorno all'anno 2000 di cui l'adeguamento prevede lo sfruttamento della struttura esistente, si ritiene opportuno un approfondimento della conoscenza dei materiali che compongono la trave di ripartizione di banchina su cui andranno ad intestarsi i nuovi tiranti.

Infine, si consiglia di calcolare la quantità di ioni cloruro all'interno di un provino di calcestruzzo, che può essere effettuato sulle carote già estratte sulla parte corticale delle strutture ed utilizzate per la prova di carbonatazione, oppure in alternativa su nuove carote da prevedere negli stessi siti di indagini previsti a progetto. Tale prova necessita del prelievo di polveri di calcestruzzo mediante un trapano per murature a profondità crescenti, fermandosi di volta in volta a valori di profondità prefissati.

Nel seguito si rappresentano le indagini integrative sui materiali in planimetria da prevedere nella fase di progetto esecutivo.

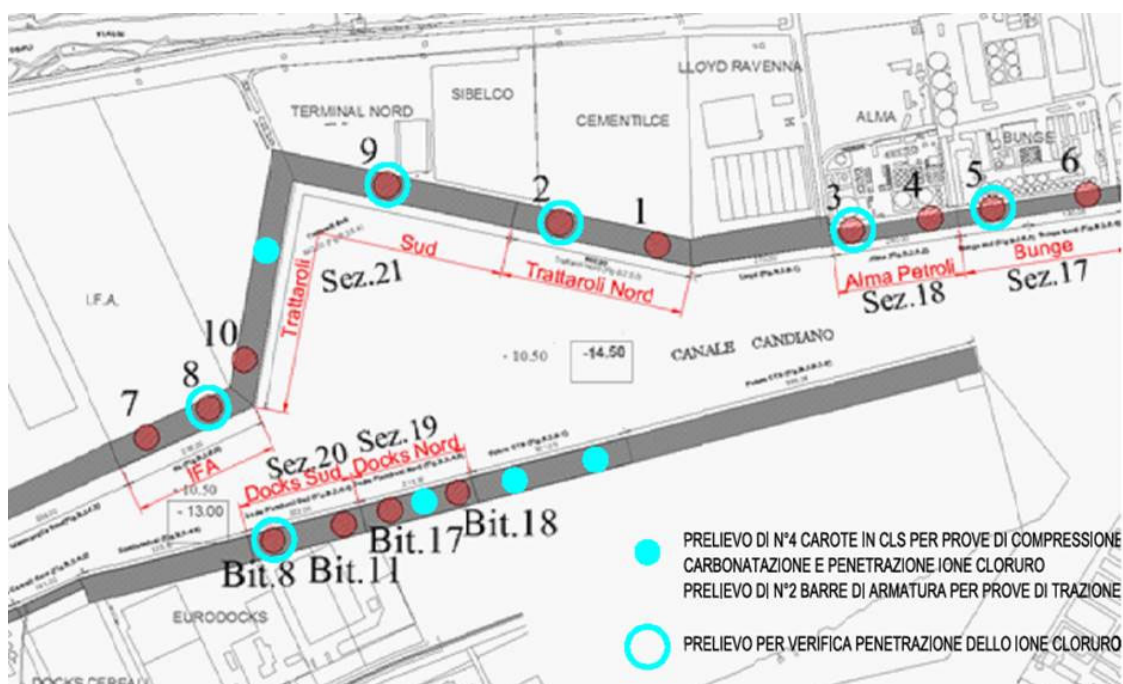


Fig. 2-6 - Planimetria con ubicazione delle indagini integrative sui materiali per il PE

Le indagini aggiuntive constano quindi in:

- Banchina Trattaroli Sud: n° 4 carote per prove di compressione, carbonatazione e avanzamento ione cloruro + n°2 barre di armatura per prova di trazione;
- Banchina Piomboni Nord: n° 4 carote per prove di compressione, carbonatazione e avanzamento ione cloruro + n°2 barre di armature per prova di trazione;
- Rimanenti banchine (siti di indagine 5,3,2,9,8 e Bit.8): n°1 prelievo per verifica di penetrazione dello ione cloruro;
- Banchina Trattaroli destra (sopraelevazione banchina esistente per futuro Terminal Container): n. 8 prelievi da carote in cls, 4 prelievi di spezzoni di armatura e n. 4 prelievi per verifica di penetrazione dello ione cloruro.

Le specifiche relative per l'esecuzione delle indagini sono riportate nell'allegato 15.

2.5. Rilievi topografici, verifiche dei paramenti e verticalità delle banchine e individuazione della posizione delle teste dei tiranti

Per lo studio delle banchine si propone l'esecuzione di un sistema integrato di indagini mirato sia al rilevamento dello stato di consistenza dei paramenti di banchina oggetto degli interventi di adeguamento funzionale al fine di evidenziare eventuali punti critici ed ammaloramenti corticali della parte emersa e sommersa, sia al rilevamento dell'esatta posizione delle teste dei tiranti e delle tasche di alloggiamento delle testate.

In particolare, si evidenzia che gli interventi previsti nel progetto definitivo prevedono, in maniera diffusa, un consolidamento ed adeguamento funzionale delle strutture esistenti lasciando inalterato il paramento delle banchine.

Saranno eseguiti preliminarmente rilevi del paramento delle banchine con strumentazioni Sonar, Multibeam e LIDAR con le attrezzature specialistiche montate su imbarcazioni di servizio.

Tutti i rilievi saranno georeferenziati e collegati ad un sistema di capisaldi materializzati sulla banchina per ogni successiva attività di verifica e tracciamento (Rif. Par. 2.5.1).

Sui target d'interesse individuati da queste indagini saranno eseguite ispezioni subacquee con l'ausilio di una squadra di OTS, mirate alla verifica diretta del paramento. Lo scopo dei rilievi è quello di verificare la verticalità delle banchine, la presenza di eventuali ammaloramenti dei paramenti, tracciando i prevedibili fenomeni di incipiente distacco generate dalla corrosione delle armature sottostanti.

Per ciascuna banchina si prevede la realizzazione di saggi sul paramento per mettere a nudo almeno una testata dei tiranti e rilevare l'esatta configurazione delle teste e degli incassi.

La posizione delle teste dei tiranti, rilevata con le strumentazioni LIDAR/SONAR, sarà anche oggetto di un tracciamento per rendere visibili le posizioni sulla parte sommitale delle banchine.

Inoltre, è prevista la percussione continua sia del paramento emerso che immerso, al fine di rilevare i confini di eventuali aree di incipiente distacco.

Per ciascuna banchina, inoltre, si provvederà ad eseguire saggi sul paramento, di dimensioni non superiori a 1,0 x 1,0 m e perfori (D:20/30 mm) al fine di verificare lo stato di consistenza e conservazione delle armature sottostanti.

L'insieme delle suddette indagini, adeguatamente georeferenziate in un unico sistema di riferimento, sarà riportato in elaborati grafici che consentiranno l'integrazione delle informazioni rilevate.

Nell'area del futuro terminal container (penisola Trattaroli), in cui attualmente è presente la cassa di colmata, dovrà essere eseguito un rilievo topografico dell'area interessata dall'intervento.

2.5.1. Rete di inquadramento e la materializzazione dei capisaldi

Preliminarmente a tutte le attività si propone di creare una rete di inquadramento, indispensabile per la corretta posizione, relativa e assoluta delle varie parti dell'intervento in relazione al territorio circostante, con la materializzazione dei capisaldi.

La materializzazione dei capisaldi (2 o 3) sarà effettuata per ogni banchina in sponda SX ed in sponda DX e la loro misura con un sistema GNSS in modalità RTK (o NRTK), agganciandoli al caposaldo più vicino della Rete Geodetica Costiera RGC, ARPAE 2017), localizzato a Marina di Ravenna. L'accuratezza attesa è dell'ordine dei +/-2,5cm in XY e +/-3,5cm per la Z.

Per migliorare l'accuratezza della quota, sarà effettuata una livellazione geometrica, che partendo dai Capisaldi della RGC più vicini, trasferirà la quota precisa ai capisaldi delle banchine.

Definita la posizione planoaltimetrica dei capisaldi delle banchine, si potrà procedere al rilievo delle stesse, avendo cura di rilevare:

- ciglio di banchina per l'intera larghezza, incluso la larghezza della trave di coronamento, con individuazione dei limiti delle concessioni demaniali in corrispondenza della banchina;
- quote del piano di banchina posta sul retro della trave di coronamento;
- punti singolari (vertici, discontinuità etc.) della banchina;
- posizione delle bitte di ormeggio;
- posizione delle torri faro;
- posizione delle volumetrie esistenti nella parte retrostante delle banchine;
- vie di corsa delle gru (ove esistenti)

La rete di inquadramento definita verrà estesa con l'ausilio di sistemi GNSS RTK anche alle aree esterne al bacino portuale (cassa Nadep, aree logistiche, cave etc.) costituirà il riferimento per la georeferenziazione di tutte le indagini integrative e per i successivi tracciamenti da riportare nel progetto esecutivo.

2.5.2. Indagini laser scanner 3D

Per il rilievo di dettaglio dei piani di banchina oggetto degli interventi di adeguamento funzionale si propone, anche al fine di ridurre i tempi di permanenza in sito e l'impatto con le attività dei concessionari, l'utilizzo del laser scanner 3D, che è uno strumento in grado di rilevare oggetti a scale e risoluzioni differenti, in tempi assai ridotti. I laser scanner utilizzati nel rilevamento dell'ambiente costruito sfruttano la tecnologia del tempo di volo e il risultato del rilievo è un database di coordinate tridimensionali di punti appartenenti alle superfici degli oggetti rilevati denominato di nuvola di punti, inseriti in uno spazio tridimensionale metrico. La posizione tridimensionale dei vertex di appoggio si dovrà acquisire mediante rilievo GNSS, solitamente eseguito in modalità NRTK, avvalendosi del collegamento alla rete di stazioni permanenti omogeneamente diffuse sul territorio nazionale al fine di ottenere il posizionamento in tempo reale del punto con precisione centimetrica.

Lo strumento impiegato dovrà essere con tecnologia tempo di volo, ed in grado di eseguire almeno 1mln di punti/sec con precisione di 3mm, campo visivo orizzontale 360° e 270° sulla verticale, densità della nube fino a 1mmx1mm ad una distanza di 10m.

Attraverso l'utilizzo di software dedicato si dovrà importare la nube di punti completa da rilievo laser scanner e successivamente procedere alla modellazione della mesh tridimensionale.

Infine, il dato dovrà essere integrato con quello relativo alle indagini multibeam e lidar.

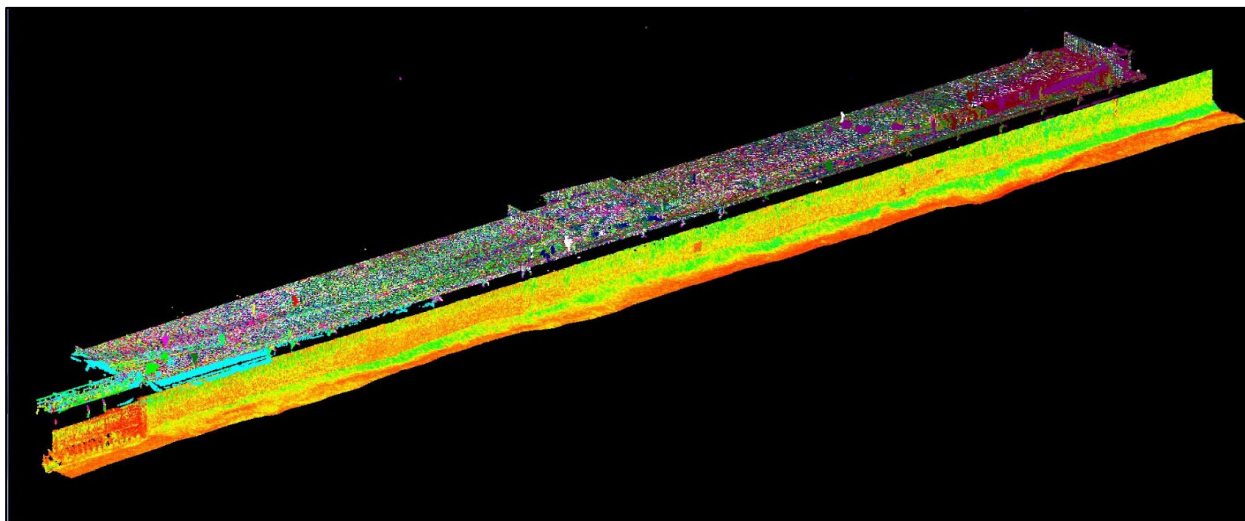


Fig. 2-7 - nuvola di punti creata da acquisizione laserscanner e multibeam di una banchina

2.5.3. Rilievi fotografici con Drone

Per le aree di intervento sulle banchine in sponda SX e DX del canale Baiona si propone, in accompagnamento ai rilievi di dettaglio, un rilievo fotografico georeferenziato da eseguire, a bassa quota, con l'ausilio di Droni, previa acquisizione delle autorizzazioni da parte dell'ENAC in quanto molte aree del porto di Ravenna sono classificate come "no fly zone". Tale rilievo costituirà una base di riferimento, insieme ai rilievi topografici e laserscanner, per definire lo stato attuale delle aree di intervento.

2.5.4. Indagini multibeam e lidar

Le indagini della parte sommersa ed emersa della banchina saranno effettuate tramite sistemi accoppiati di lidar (laserscanner) e multibeam, che hanno lo scopo di rilevare e restituire l'assetto generale delle strutture e descriverne quantitativamente gli eventuali ammaloramenti e divergenze dalla verticalità mediante lo studio della nuvola di punti e realizzazione di mesh 3D.

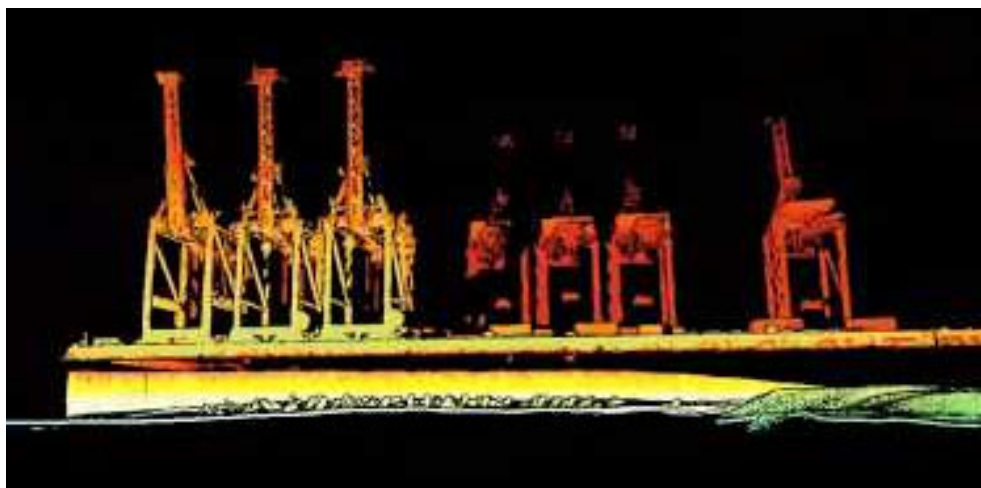


Fig. 2-8 - Esempio di rilievo combinato mbes / lidar

Il posizionamento deve offrire garanzie di massima accuratezza (centimetrica) e stabilità durante le operazioni nelle aree indagate.

Il rilievo della parte sommersa della banchina sarà eseguito mediante sistema multibeam capace di operare a frequenze superiori ai 400 kHz e a risoluzioni angolari fino a 0.5°, e 512 beam in modo da aumentare il numero di sounding per cella a parità di apertura angolare del fascio di acquisizione rispetto ad un sistema a 256 beam.

Il sistema consentirà il rilievo contemporaneo del fondale nelle adiacenze dalla banchina e l'intero sviluppo verticale della struttura garantendo elevata operatività con tempi di installazione e calibrazione molto ridotti.

Il rilievo della parte emersa della banchina e delle strutture adiacenti sarà eseguito contemporaneamente al rilievo multi beam, mediante lidar in grado di operare a frame rate superiori ai 10 Hz e avere una risoluzione angolare non inferiore ai 0.4°.

Le caratteristiche tecniche richieste per il sistema multibeam/lidar e modalità esecutive sono dettagliate nelle specifiche tecniche allegate.

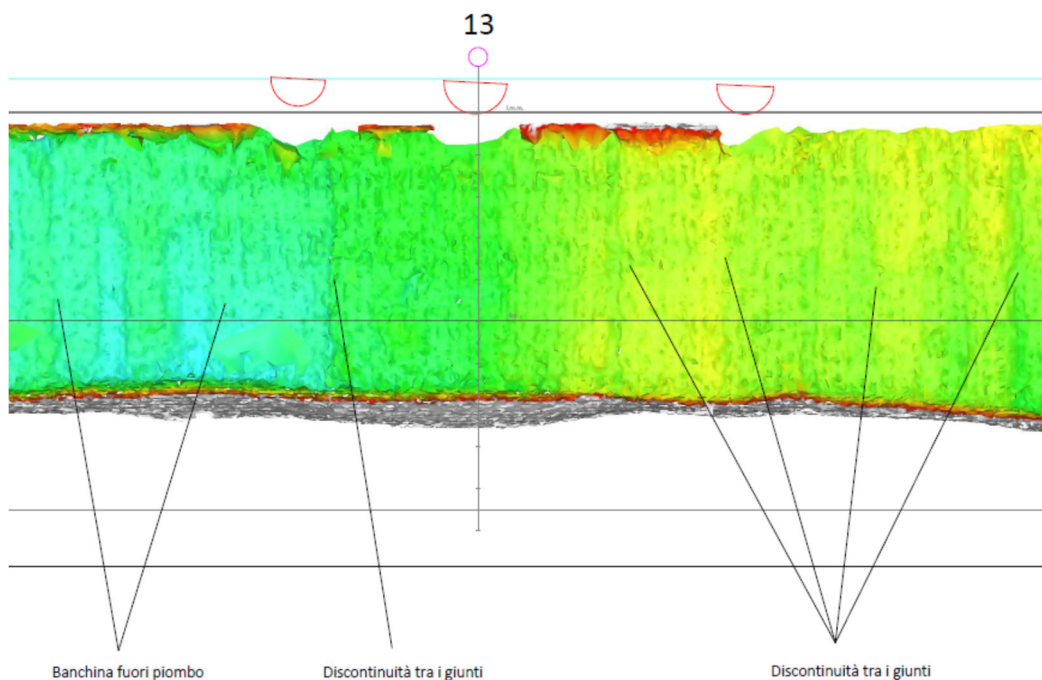


Fig. 2-9 - Mesh 3D del dato multibeam con l'indicazione di punti anomali

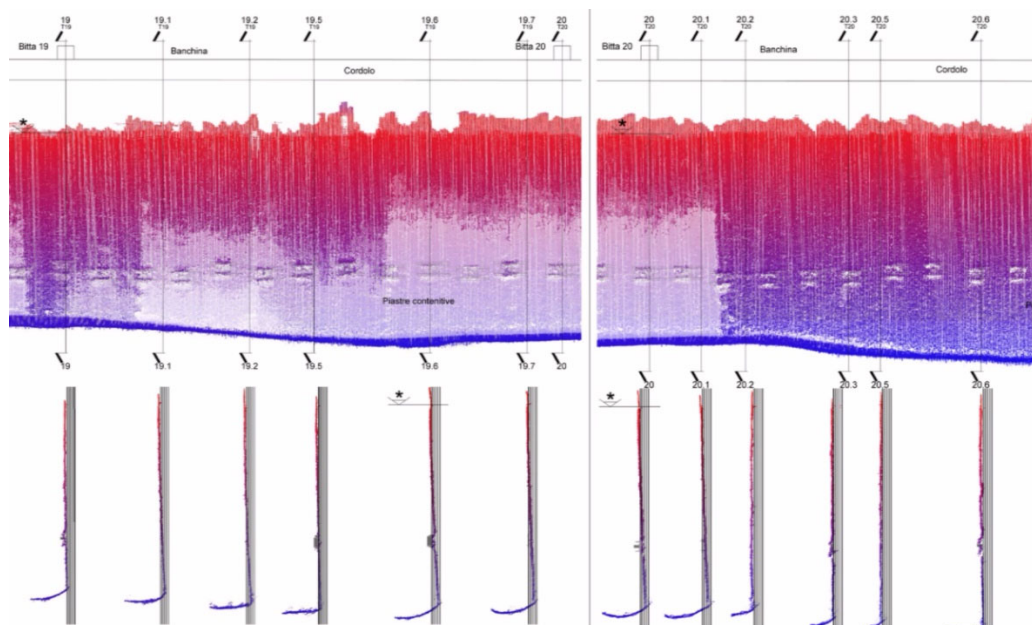


Fig. 2-10 - Sezioni effettuate sulla nuvola di punti che mostrano la verticalità del paramento (i punti in rosso verso l'osservatore e i punti in blu si allontanano dall'osservatore)

2.5.5. Georadar 3D

Le indagini con georadar dovranno essere eseguite, ove necessario, in corrispondenza delle banchine esistenti, e nell'area del futuro terminal container (penisola Trattaroli) in corrispondenza delle piazzole in cui saranno eseguiti i sondaggi e le prove SCPTU.

Il georadar GPR (Ground Penetrating Radar) consente di indagare in modo non invasivo e di rilevare la presenza e la posizione di oggetti sepolti (tubi, sottoservizi, ordigni, cavità, oggetti, opere in c.a.). Il metodo è basato sul principio della propagazione di impulsi elettromagnetici nei materiali e sulla loro riflessione in corrispondenza delle superfici di discontinuità dovute a variazioni di permittività dei materiali investigati.

Dovrà essere impiegato un georadar ad acquisizione 3D multiantenna (non array) con frequenze comprese fra 300 e 500MHz in modo da penetrare i primi 2m circa, interfacciato con GPS RTK. Laddove il rilievo topografico dei sottoservizi e la reperita documentazione storica della banchina oggetto d'intervento risultassero lacunosi, l'area d'interesse della banchina sarà interessata integralmente dal rilievo con georadar in modo da evidenziare tutti i sottoservizi e le anomalie presenti riconducibili a strutture/target presenti nel sottosuolo. Si forniranno come output finale mappe di ampiezza del segnale come "slice" a diverse profondità dal p.c. che saranno interpretate secondo gli elementi individuati e fornite in versione geotiff e shapefile in modo da essere visualizzate su piattaforme GIS. Il risultato dell'interpretazione sarà restituito sempre su base GIS o CAD.



Fig. 2-11 -Slice georadar a -0.70m dal p.c. e restituzione dei sottoservizi evidenti in banchina

2.6. Verifica piani di banchina e piazzali

Per tutte le banchine in dx e sx del canale Baiona, ove il progetto definitivo prevede interventi di adeguamento funzionale delle strutture esistenti, verrà eseguito un dettagliato rilievo laser-scanner ancorato alla rete di capisaldi.

Tale attività verrà anche estesa al fronte di banchina che sarà oggetto di interventi di formazione del nuovo banchinamento per la costruzione del nuovo terminal contenitori; nella parte retrostante del futuro Terminal, tenuto conto dell'estensione dell'area pianeggiante, dell'assenza di ostacoli e della presenza di vegetazione spontanea, il rilievo laser-scanner verrà sostituito con un rilievo topografico dei punti significativi.

2.6.1. Indagini sismiche a rifrazione

I metodi sismici consentono di valutare la continuità laterale degli strati litologici ed evidenziare eventuali variazioni. Per valutare le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei primi 10m di terreno dovranno essere realizzati stendimenti paralleli di sismica a rifrazione con onde P in modo da attraversare tutto il piazzale della banchina.

Gli stendimenti dovranno essere georeferenziati con GPS RTK.

L'elaborazione dovrà avvenire con software dedicati e dovrà essere di tipo tomografico; dovranno essere restituiti i sismogrammi di campagna con la lettura dei primi arrivi, le dromocrone di campagna e calcolate, i parametri dell'inversione selezionata (dimensione celle, range ecc.) e le sezioni bidimensionali tomografiche di velocità correlate ed interpretate con i dati geotecnici.

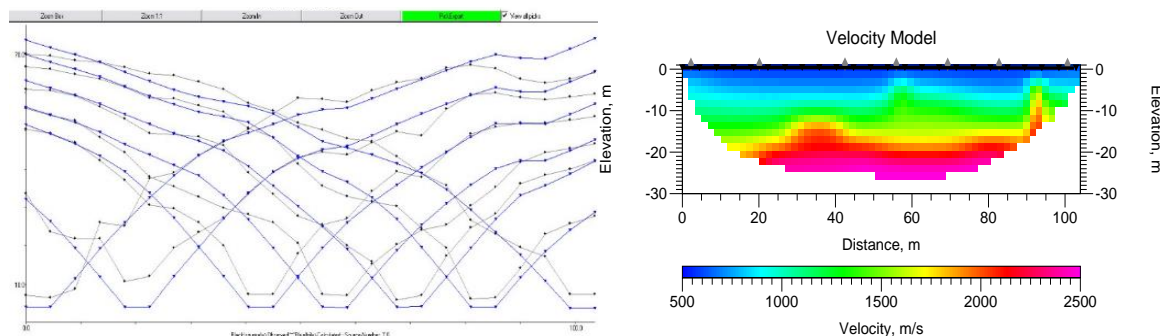


Fig. 2-12 -dromocrone reali e calcolate e sezione sismica tomografica

Le caratteristiche richieste e modalità esecutive sono dettagliate nelle specifiche tecniche allegate.

2.7. Sottoservizi

2.7.1. Indagini già eseguite e riportate nel progetto definitivo

Il progetto definitivo tiene conto dell'esecuzione di campagne di rilievi plano-altimetrici e di indagini di campo conoscitive sulla qualità dei materiali attualmente in opera e della acquisizione di dati di archivio (certificazioni prove su campioni materiali, atti di collaudo, elaborati di progetto).

2.7.2. Verifica dei sottoservizi e interferenze – indagini non distruttive

Data la complessità, l'articolazione e la cronologia realizzativa dell'insieme delle opere sulle quali si interviene in fase di progettazione esecutiva si prevede una fase preventiva di verifica dei sottoservizi ed interferenze, ad integrazione di quelle eseguite nel Progetto Definitivo, per consentire una migliore conoscenza dello stato di fatto delle strutture interrato e dei sottoservizi di ciascun singolo tratto delle banchine sulle quali si interviene.

Saranno quindi effettuate indagini ricognitive ed esplorative finalizzate all'ulteriore approfondimento delle conoscenze e delle informazioni sin qui acquisite:

- Prove indirette non distruttive tramite indagini georadar 3D
- Verifiche con parziali scoprimenti e saggi nelle zone dove si è riscontrata la presenza di torri-faro

La fascia di banchina oggetto d'intervento sarà coperta, ove necessario, da indagine Georadar3d allo scopo di individuare i sottoservizi che possano essere d'intralcio sia per la realizzazione delle indagini geotecniche sia per le opere previste, anche allo scopo di

sopperire alle lacune riscontrate nella reperita documentazione storica della banchina oggetto d'intervento.

Per le modalità di indagine Georadar vedere par. 2.5.3 (e relative specifiche tecniche).

In prossimità delle torri faro si dovrà prevedere, qualora non fosse evidente perché affiorante in superficie, il parziale scoprimento della fondazione (fino a 2 m) al fine di valutarne le dimensioni in pianta e la profondità di posa. Tale attività può avvenire tramite realizzazione di una trinca a fianco della fondazione medesima. Tale attività dovrà essere affiancata anche da indagine georadar 3d intorno alla fondazione.

Per valutare la presenza di fondazioni profonde come ad esempio micropali spesso si impiega la metodologia georadar in foro che differisce dal georadar convenzionale per il fatto che l'antenna (sonda di forma cilindrica) viene calata all'interno di un foro appositamente rivestito con una tubazione in PVC. L'antenna (omnidirezionale) è in grado di rilevare (fino a 40 m di profondità, massima lunghezza del cavo) le strutture adiacenti al foro, ed è quindi particolarmente efficace per investigare porzioni di sottosuolo o strutture altrimenti non raggiungibili. Questa attività potrebbe non essere possibile a causa della presenza della falda.

2.7.3. Verifica dei sottoservizi e interferenze – saggi a campione

Le indagini non distruttive indicate al paragrafo precedente, estese all'intero piano di banchina ed integrate con le eventuali informazioni integrative rese dai Concessionari o acquisite da ulteriori fonti, avranno una forte attendibilità fino ad una dimensione di circa 1,5/2,0 m dal piano di calpestio. Tuttavia, ad una distanza di circa 20/25 m dal ciglio di banchina, la posizione dei tiranti e delle strutture di ancoraggio esistenti (e di cui appare necessario verificare la posizione effettiva) risulta incompatibile con le indagini con georadar.

Per tale motivo appare necessario eseguire, per ciascuna delle banchine interessate da interventi di adeguamento funzionale, dei saggi impegnando un'area di scavo non superiore a 4,0 x 4,0 m con l'eventuale possibilità di effettuare trincee a sezione obbligata a mano ovvero con l'ausilio di mini-escavatori fino a mettere a nudo la parte terminale dei tiranti e delle strutture di ancoraggio; rilevando la posizione planimetrica della testa del tirante e della parte terminale si potrà stimare la deviazione dell'asse del tirante al fine della verifica delle interferenze.

L'ubicazione dei saggi sarà concordata, per ciascuna banchina, con il Concessionario di riferimento ovvero con l'AdSP al fine di limitare le interferenze con le attività in corso.

2.7.4. Verifica dei paramenti – saggi a campione

Le indagini non distruttive sui paramenti di banchina indicate nei paragrafi precedenti, estese all'intero paramento (immerso ed emerso) delle banchine oggetto di interventi di adeguamento funzionale avranno una forte attendibilità per il rilievo geometrico e materico ma, tuttavia, non consentiranno di individuare la presenza di aree di incipiente distacco dovuti a fenomeni di corrosione non visibili esteriormente.

Anche le teste dei tiranti, attualmente visibili dall'esterno ma inglobate in getti cementizi, necessitano di verifiche puntuali per determinare la posizione del centro dei tiranti, la esatta dimensione delle tasche e l'interasse.

Per tale motivo appare necessario eseguire, per ciascuna delle banchine interessate da interventi di adeguamento funzionale, dei saggi sul paramento esterno (quindi non interferenti con le attività dei Concessionari) consistenti in:

- Demolizione controllata con l'ausilio di scalpelli e martelli pneumatici, delle celle contenenti la testa dei tiranti; si prevede per ciascuna banchina la formazione di un saggio;
- Demolizione controllata con l'ausilio di scalpelli e martelli pneumatici di un'area di paramento, di dimensione non superiore a 1,0 x 1,0 m, ove alla battitura si rileva una condizione di incipiente distacco

3. DRAGAGGI

3.1. Descrizione sintetica

Il dragaggio del canale prevede un volume di scavo totale di 4.742.000 mc, dei quali 3.368.000 mc da depositare provvisoriamente in vasche di sedimentazione (casce di colmata) per poi, una volta divenuti palabili, essere portati alle destinazioni finali già individuate (aree logistiche), e 1.374.000 mc da immergere in mare o da portare a ripascimento costiero.

Nella revisione progettuale, in ottemperanza alle prescrizioni della Delibera CIPE n.1 del 28.02.2018 dal quantitativo previsto per il Dragaggio, è stato decurtato l'overdredging di 20 cm sulle aree di scavo, i volumi vengono così modificati: totale volume dragato pari a 4.164.000 m³ suddiviso in 1.200.000 m³ da immergere in mare (di questi 892.800 m³ vengano mandati a ripascimento costiero), i restanti 2.964.000 m³ da confluire in cassa di colmata.

Ad ogni modo nel progetto esecutivo i volumi di escavo e la loro movimentazione saranno nuovamente definiti in funzione del nuovo rilievo batimetrico e in funzione dei risultati della nuova caratterizzazione effettuata nel 2019-2020.

L'intervento di dragaggio è stato suddiviso in cinque Zone portuali:

- Zona 1: area esterna alle dighe foranee;
- Zona 2: area di avamposto compresa tra i moli guardiani e l'imboccatura delle dighe foranee;
- Zona 3: area di canale Candiano compresa tra i moli guardiani, darsena Baiona e largo Trattaroli;
- Zona 4: area largo Trattaroli e tratti di sotto banchine zona 3;
- Zona 5: area di canale compresa tra largo Trattaroli e le darsene San Vitale.

3.2. Indagini già effettuate e riportate nel progetto definitivo

Nell'ambito del progetto definitivo sono stati effettuati le seguenti indagini:

- Rilievo batimetrico (2014)
- Caratterizzazione dei sedimenti (2014)
- Nuova caratterizzazione ambientale dei sedimenti (2019-2020)

3.2.1. Rilievo batimetrico

Nel 2014 è stato effettuato il rilievo batimetrico di tutta l'area del canale interessata da dragaggio (Rif. Elaborati grafici Progetto Definitivo).

3.2.2. Caratterizzazione dei sedimenti

Nel corso del 2014 è stata realizzata una campagna di caratterizzazione dei sedimenti per verificare la qualità degli stessi e la loro possibile destinazione d'uso.

Sulla base dei risultati della campagna di caratterizzazione, il materiale dragato lungo il canale Candiano (fino ai moli), lungo il canale Baiona e nel bacino di evoluzione in avamporto rientra nei parametri di colonna B della tabella riportata nell'Allegato 5 al Titolo V della Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006 "Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo, nel sottosuolo e nelle acque sotterranee in relazione alla specifica destinazione d'uso dei siti".

Il progetto definitivo ha previsto di conferire a cassa di colmata i sedimenti provenienti dal dragaggio delle Zone 2, 3, 4 e 5, per poi trasportarlo nei siti di destinazione finale (aree logistiche); per quanto riguarda la Zona 1 invece, il materiale dragato in corrispondenza della canaletta di avvicinamento al porto, entro e fuori dighe, sulla base dei risultati delle analisi esso risulta compatibile con il deposito a mare (ad una distanza di circa 13 Mn dalla bocca di porto) o ripascimento costiero, fatta eccezione per il quantitativo afferente al primo tratto fuori dai moli, che rientra nei parametri di colonna B e sarà destinato agli usi a terra.

La sintesi delle quantità di dragaggio previste per ogni zona (da Progetto Definitivo) è sintetizzata nella Tab. 3-1. Le quantità indicate in Tab. 3-1 sono inclusive di overdredging.

Tab. 3-1: Dragaggio: zone e quantità (PD)

ZONA DRAGAGGIO		PROFONDITA'	QUANTITA'
N.	Denomin.	(m)	(m ³)
1	Canale avvicinamento	-13,5	1.374.000
2	Avamporto	-12,5	900.000
3	Area Largo Trattaroli - Inizio Moli guardiani - Darsena Baiona	-12,5	898.000
4	Largo trattaroli	-12,5	730.000
5	Area San Vitale - trattaroli	-12,5	840.000
TOTALE			4.742.000

Nel corso del 2019-2020 è stato effettuato l'aggiornamento della caratterizzazione in base ai disposti del Decreto 15 luglio 2016 n. 173 "Regolamento recante le modalità ed i criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini.

In funzione dei risultati della nuova caratterizzazione dei fondali, il materiale dragato proveniente dalle zone di avamporto (Zona 2) che risulterà idoneo per poter essere immerso in mare o utilizzabile per interventi di ripascimento e/o di protezione costiera, dovrà essere utilizzato a tale scopo anche se preliminarmente, nel Progetto Definitivo, si era ipotizzato dovesse essere conferito a terra previo passaggio in cassa di colmata.

Il Progetto Esecutivo dovrà quindi prevedere che tutto il materiale da dragare proveniente dalle Zone 1 e 2 per cui è possibile, venga portato ad immersione in mare o a ripascimento costiero (Rif. CSA – par. 2.6).

3.3. Proposta di indagini integrative

Le indagini integrative propedeutiche alla progettazione esecutiva e all'esecuzione dei dragaggi riguardano:

- i fondali esistenti, per verificare le profondità attuali, ricalcolare i volumi di dragaggio
- i sedimenti di dragaggio per verificarne le caratteristiche
- gli aspetti archeologici per determinare le eventuali presenze di natura archeologica.

La sintesi delle indagini integrative per i dragaggi è riportata nella Tab. 3-1.

Tab. 3-2: Dragaggi – indagini integrative

N.	INTERVENTI	SCOPO	INDAGINI
2	DRAGAGGIO	SCOPO	INDAGINI
2A	Profondità aree del canale da dragare	Verifica stato esistente e quote fondali rispetto al rilievo PD (2014) per calcolo dei volumi di dragaggio	Rilievo multibeam 3D delle aree di dragaggio e di 3 aree aggiuntive
2B	Sedimenti di dragaggio	Verifica stabilità volumetrica dei materiali dragati, verifica del rigonfiamento (bulking factor) e della conseguente riduzione di volume del materiale dragato	Prove di sedimentazione, analisi di laboratorio (con prelievo di campioni in n. 8 punti dalle diverse zone di dragaggio)
2C	Aspetti archeologici (tratto tra largo Trattaroli e curva Marina e canaletta esterna)	Verifica della superficie per eventuale rinvenimento presenze di natura archeologica	Indagini tramite ROV, multibeam-side Scan, Sub Bottom profiler

3.3.1. Rilievo batimetrico dei fondali esistenti con indagine Multibeam

Essendo trascorsi già 6 anni dall'esecuzione del rilievo batimetrico si prevede di realizzare un nuovo rilievo per verificare lo stato esistente e la profondità dei fondali in tutte le aree di dragaggio, in particolare nelle zone di avamposto e dalla canaletta (zona 1 e 2), dove possono verificarsi modifiche della batimetria a causa del trasporto litoraneo.



RILIEVI CON MULTIBEAM 3D	
ZONE DI DRAGAGGIO	QUANTITATIVI
ZONA 1	1.158.438 m ²
ZONA 2	816.313 m ²
ZONA 3	501.247 m ²
ZONA 4	441.294 m ²
ZONA 5	699.560 m ²
TOTALE	3.376.626 m²

RILIEVI CON MULTIBEAM 3D AGGIUNTIVI	
ZONA 6	141.915 m ²
ZONA 7	561.817 m ²
ZONA 8	56.554 m ²
TOTALE	760.286 m²

LEGENDA	
Quota	Colore
-13,50	■
-12,50	■
-11,50	■
-10,00	■
scarpate 1:4	■

Fig. 3-1 - Aree di Rilievo con Multibeam 3D

Si prevede inoltre il rilievo del canale Piombone, fino in prossimità della cassa di colmata NADEP e il rilievo dell'area all'ingresso del canale Piombone, in cui potrebbe essere presente una barra di sabbia; in tal caso dovrebbe essere rimossa per rendere accessibile il canale Piombone alle draghe previste durante l'esecuzione dei dragaggi.

Il rilievo dell'area verrà eseguito mediante sistema multibeam, capace di operare a frequenze superiori ai 400 kHz e a risoluzioni angolari fino a 0.5° e preferibilmente con 512 beam, in modo da aumentare il numero di sounding per cella a parità di apertura angolare del fascio di acquisizione rispetto ad un sistema a 256 beam.

Le caratteristiche tecniche del Multibeam sono dettagliate nelle specifiche tecniche allegate.

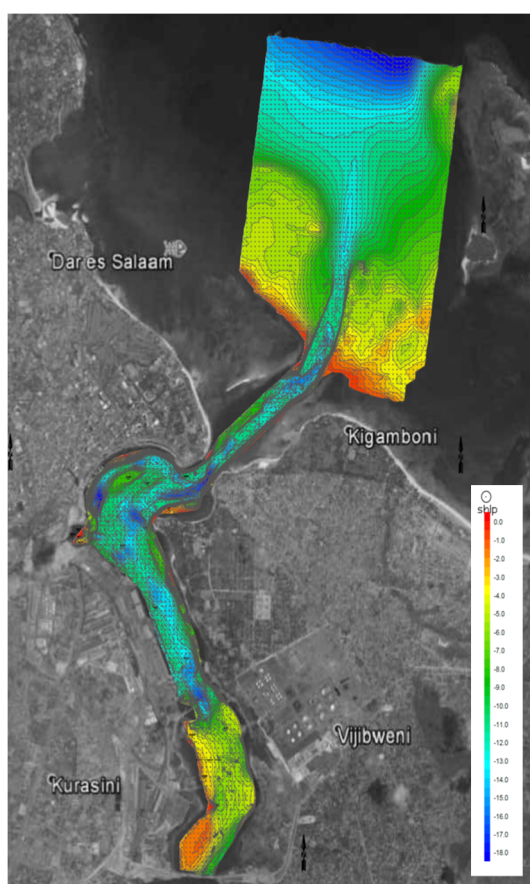


Fig. 3-2 - Esempio di Rilievo Multibeam effettuato nel Porto di Dar es Salaam (Tanzania) per il progetto di dragaggio

3.3.2. Caratteristiche dei sedimenti: prelievo campioni, verifica della stabilità volumetrica dei materiali dragati e verifica del rigonfiamento

Per definire le caratteristiche dei sedimenti si prevede il prelievo di campioni, in modo da poter eseguire i "column test" (test di sedimentazione).

I campionamenti saranno eseguiti con vibrocore in corrispondenza di 8 punti (come indicato in Fig. 3-2). Per ogni punto saranno prelevati circa 30 kg di sedimenti. Per ottenere 30 kg di

sedimento sarà necessario prelevare tre campioni in corrispondenza di ogni punto di campionamento entro un raggio di circa 5 m.

Su ogni campione saranno eseguiti analisi granulometriche (curve granulometriche - incluse % < 63um) e limiti di Attenberg.

Se i campioni dovessero risultare simili non sarà necessario eseguire i test di sedimentazione su tutti i campioni prelevati.



Fig. 3-3 - Dragaggi – indagini integrative: ubicazione delle zone di prelievo dei campioni

Tab. 3-3: Dragaggi – indagini integrative: coordinate e caratteristiche campioni da prelevare

Campione	COORDINATE		Profondità di campionamento	Peso richiesto
	ID	X		
R1	280678	4925152	Da fondale esistente fino a -12,5 m l.m.m.	30kg (peso umido)
R2	281033	4926204	Da fondale esistente fino a -12,5 m l.m.m.	30kg (peso umido)
R3	281389	4927036	Da fondale esistente fino a -12,5 m l.m.m.	30kg (peso umido)
R4	281872	4928031	Da fondale esistente fino a -12,5 m l.m.m.	30kg (peso umido)
R5	282428	4928745	Da fondale esistente fino a -12,5 m l.m.m.	30kg (peso umido)
R6	283185	4929781	Da fondale esistente fino a -12,5 m l.m.m.	30kg (peso umido)
R7	284807	4930265	Da fondale esistente fino a -12,5 m l.m.m.	30kg (peso umido)
R8	285788	4930358	Da fondale esistente fino a -12,5 m l.m.m.	30kg (peso umido)

Coordinates in WGS84 - UTM 33 N

Le specifiche tecniche delle prove di sedimentazione (allegate al piano di indagini) sono state redatte da GEEG (Geotechnical & Environmental Engineering Group) start up dell'Università della Sapienza di Roma. Le prove di sedimentazione saranno eseguite nel laboratorio della citata GEEG).

3.3.3. Indagini per aspetti archeologici

Dovranno essere eseguiti rilievi integrati da apposita imbarcazione da lavoro in uso conto proprio, per verificare la presenza di reperti archeologici. Per verificare la presenza di strutture direttamente sul fondale saranno eseguite indagini Multibeam (rif.to par. 3.3.1), Side scan sonar, e ispezioni con ROV dotato di telecamera e imaging sonar laddove dovessero essere identificati target.

Per verificare invece la presenza di eventuali strutture sepolte sarà necessario l'impiego di un Subbottom Profiler Chirp.

Subbottom Profiler

I rilievi mediante sub bottom profiler hanno lo scopo di definire l'assetto stratigrafico dell'area indagata e individuare eventuali oggetti sepolti.

Si prevede l'utilizzazione di un sistema chirp che potrà essere montato a palo o trainato dall'imbarcazione.

Le caratteristiche richieste e modalità esecutive sono dettagliate nelle specifiche tecniche allegate.

I profili acquisiti mediante il sistema sub bottom profiler saranno elaborati mediante un software dedicato ed interpretati. Le strutture antropiche possono generare iperboli di diffrazione, che dovranno essere mappate e riportate sia negli elaborati cartografici finali (mappe cad o gis), sia in tabella da inserire nella relazione con i seguenti campi minimi: id, easting, northing e profondità stimata.

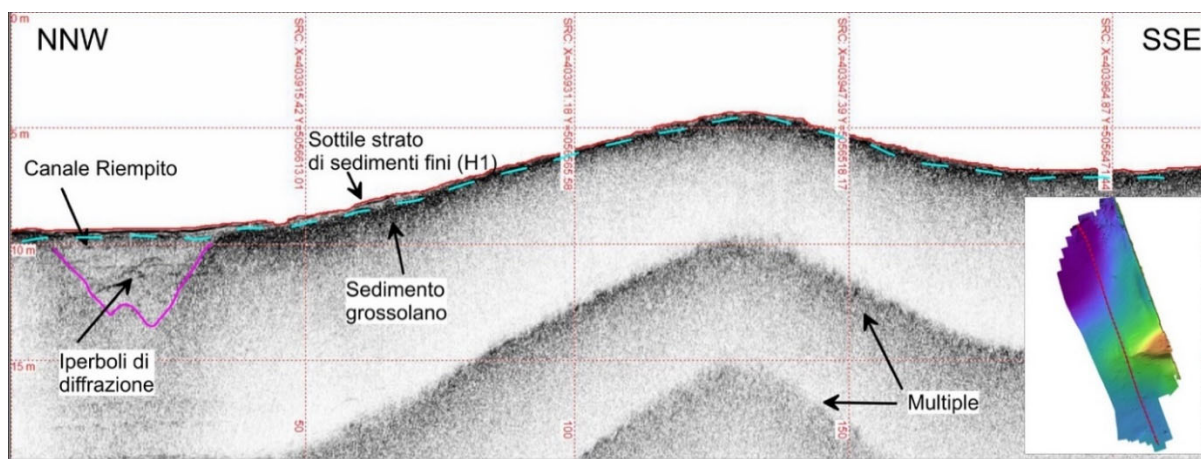


Fig. 3-4 - sezione SBP interpretata

Indagini Side Scan Sonar

Le indagini morfologiche mediante il side scan sonar hanno l'obiettivo di individuare e descrivere le forme del fondale marino aggiungendo l'informazione sulla riflettività del sedimento. Sono particolarmente indicate per riconoscere eventuali oggetti /strutture poggianti sul fondo.

Il sistema side scan sonar può essere trainato o installato a palo (in questo caso va compensato per il comportamento dinamico dell'imbarcazione). Se trainato, il posizionamento può essere effettuato mediante sistemi USBL o mediante layback computato dal software di navigazione, tenendo conto dei metri di cavo filati e misurati dalla pasticca contametri.

Il sistema side scan sonar deve operare almeno ad una frequenza di 400 kHz.

Alternativamente al sistema side scan sonar è possibile utilizzare la registrazione "time series" del backscatter di un sistema multibeam avente frequenze operative comparabili al sistema side scan sonar.

Le caratteristiche richieste e modalità esecutive sono dettagliate nelle specifiche tecniche allegate.

La geometria dei rilievi dipende dal layout del sistema scelto, in ogni caso deve garantire la copertura completa dell'area indagata.

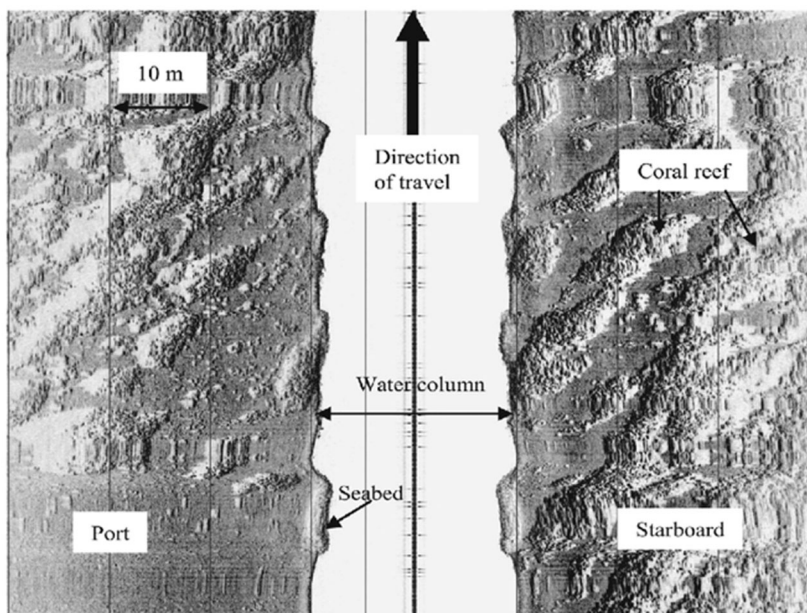


Fig. 3-5 - Esempio di record side scan sonar

Indagini ROV

L'indagine ROV sarà eseguita nel caso in cui dovessero essere identificati tramite i rilievi multibeam e SSS (Side Scan Sonar) possibili target. L'indagine ROV, che sarà guidata dall'imbarcazione a supporto, dovrà garantire l'acquisizione di dati sonar e video (videocamera full hd) in tempo reale in modo da verificare la presenza di target sul fondale.

Il sistema utilizzato dovrà essere dotato di propulsione con almeno 8 thruster (4 verticali + 4 vettoriali) e raggiungere una velocità di 4 nodi.

L'Imaging Sonar installato sul ROV dovrà avere un range di frequenza fra 950 kHz – 1400 kHz, risoluzione almeno di 1cm, e ris. angolare da 0,55° a 0,8°.

4. CASSE DI COLMATA

Il progetto definito prevede l'escavo del canale Candiano e Baiona, la predisposizione mediante svuotamento delle casse di colmata (Nadep e aggiuntive) e la collocazione del materiale sia preesistente che di nuovo dragaggio in aree di destino finale (aree logistiche). Una quota di materiale dragato verrà conferito direttamente in mare tramite immersione o ripascimento.

Le aree di destino finale a terra sono anch'esse schematizzabili in 4 zone: aree logistiche 1, 2 e S3 (Bassette sud-sud) e cava in dismissione da riempire.

In sintesi, nel progetto definitivo è previsto il dragaggio di 4.742.000 mc (incluso overdredging) (quantità in banco naturale) dei quali 1.374.000 verranno immersi in mare o portati a ripascimento. I rimanenti 3.368.000 mc verranno immessi in colmata in quattro fasi successive dell'ordine di circa 900.000 mc cadauno (capienza della vasca).

Il materiale secco attualmente presente nella vasca Nadep (interna e centrale) verrà portato parte in cava (563.000 mc) e parte nel comparto S3 (56.000 mc).

Dall'area in penisola Trattaroli destinata alla costituzione del nuovo terminal container verranno allontanati e portati nel comparto S3 circa 59.000 mc di materiale.

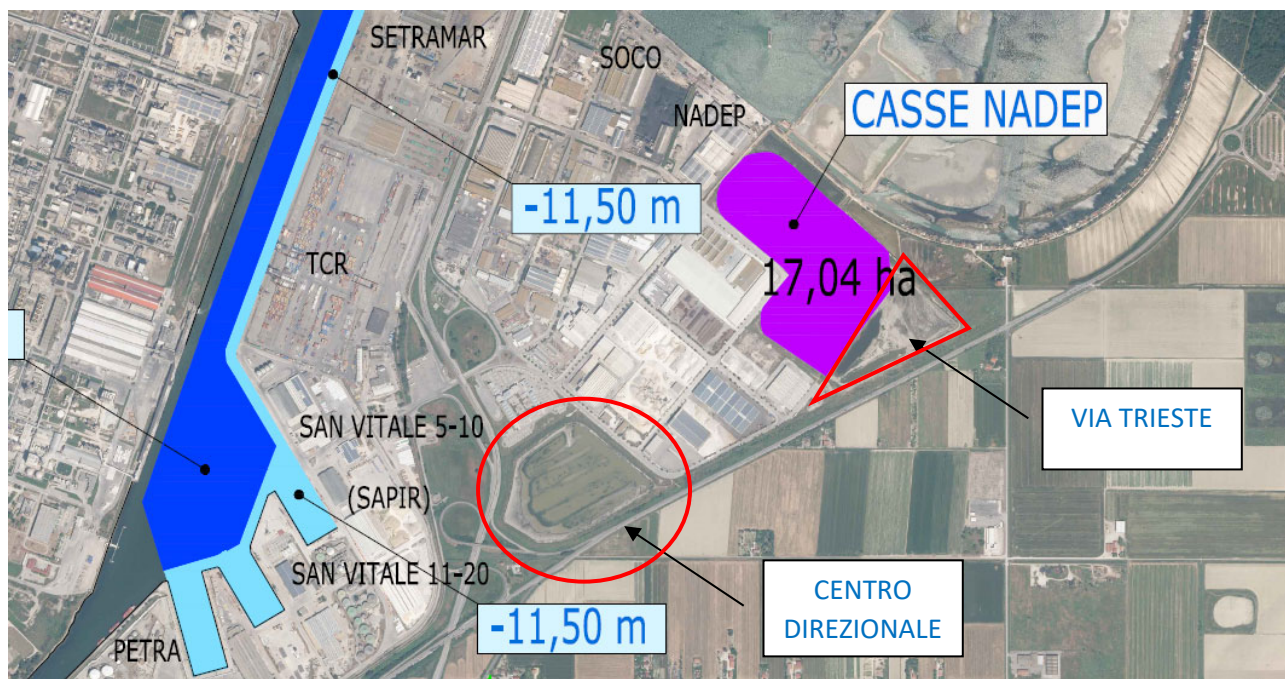


Fig. 4-1 - Ubicazione casse di colmata

4.1. Cassa NADEP

4.1.1. Descrizione sintetica

La vasca di sedimentazione (disponibile nel Progetto definitivo) è quella chiamata Nadep, divisa in due parti funzionalmente autonome (interna e centrale) che afferiscono ad un unico pozzo ove è collocato lo scarico. La sua capienza (una volta svuotata) è di circa 900'000 mc.

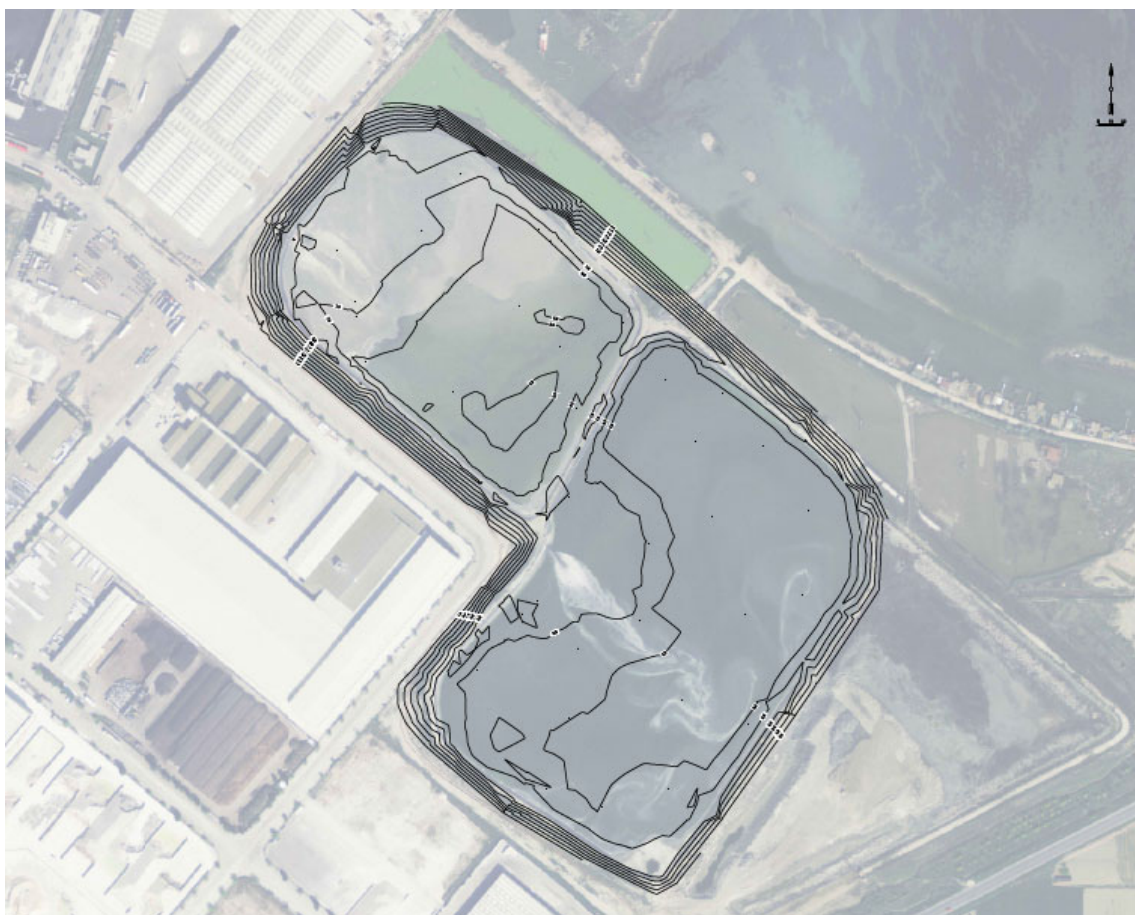


Fig. 4-2 - Cassa di colmata NADEP – rilievo PD

4.1.2. Sintesi indagini integrative

Durante il Progetto definitivo è stato eseguito il rilievo topografico della cassa Nadep, ma essendo passati più di 6 anni, nell'ambito del Progetto Esecutivo si ritiene necessario eseguirne un topografico plano-altimetrico integrativo, per verificare le caratteristiche dimensionali e i volumi calcolati nel Progetto definitivo.

Nella zona di deposito materiale di escavo è necessario eseguire un rilievo topografico plano-altimetrico che potrà essere svolto con due modalità operative a seconda della possibilità di sorvolo della zona tramite APR. Laddove l'area è libera da vincoli ENAC sarà eseguito un rilievo aerofotogrammetrico mentre in eventuali zone vincolate a livello autorizzativo si procederà con rilievo topografico in modalità tradizionale con GPS o Stazione Totale.

Poiché è importante verificare le caratteristiche geotecniche l'impermeabilità dello strato a quota 0 l.m.m ed il livello della falda, oltre alle indagini geotecniche, edometriche e di caratterizzazione sismica, saranno eseguiti stendimenti geoelettrici da correlare con le prove dirette, in modo da evidenziare la presenza di strati argillosi o più sabbiosi fino alla quota d'interesse.

La sintesi delle indagini integrative previste per la cassa di colmata Nadep è riassunta nella Tab. 4-1.

Tab. 4-1: Cassa di colmata NADEP – indagini integrative

3	CASSE DI COLMATA	SCOPO	INDAGINI
3A	Cassa di colmata NADEP	Verifica delle caratteristiche geotecniche e pendenze adottate nel PD e verifica dell'impermeabilità dello strato a quota 0 l.m.m.	materializzazione di capisaldi georeferenziati - rilievo topografico plano-altimetrico con ausilio di droni
		Assetto stratigrafico, parametri geotecnici, classificazione sismica, livello di falda	Indagini geotecniche sugli argini esistenti: 1 SCPTU con sismocono, 1 CPTU (2 prove di dissipazioni), 3 sondaggi (1 piezometro) con prove in foro e di laboratorio. Indagini geotecniche all'interno delle vasche: 2 CPTU (4 prove di dissipazione), 2 stendimenti di geoelettrica

4.1.3. Rilievo topografico delle casse di colmata NADEP

Per identificare lo stato attuale della cassa NADEP, rispetto a quanto rilevato nel Progetto Definitivo, sarà eseguito un rilievo topografico plano-altimetrico effettuato con strumentazione GPS (rilievo ottenuto con drone e rete di appoggio a terra con strumentazione tradizionale), da tale rilievo dovrà essere possibile ricalcolare il volume degli argini e del materiale in essa contenuto.

Il rilievo dovrà essere preceduto dalla materializzazione di capisaldi georeferenziati.

In caso di impossibilità ad eseguire il rilievo aerofotogrammetrico si potrà effettuare un classico rilievo topografico. Il rilievo topografico dovrà essere inquadrato nel sistema di coordinate regionale UTM fuso 32 con le quote ortometriche riferite ai caposaldi della Rete Geodetica Costiera (RGC, ARPAE 2017). Sarà possibile procedere al rilievo utilizzando una stazione totale oppure un sistema GNSS RTK con precisione plano-altimetrica centimetrica.

Tali attività si renderanno possibili solo se la Committente autorizzerà il taglio della vegetazione spontanea

È fondamentale rilevare le linee di discontinuità presenti, fronti di scarpata, rotture di pendenza ecc., in modo da poter rappresentare al meglio la morfologia.

Il rilievo dei particolari del terreno dovrà essere eseguito scegliendo i punti in modo che sia possibile rappresentare con sufficiente chiarezza la morfologia ed interpolare altimetricamente nuove quote fra due punti vicini in modo corretto.

Aree che presentano molte discontinuità dovranno essere rilevate individuando i punti ad una distanza non superiore ai 10 m, per quanto riguarda le aree pianeggianti e poco mosse si potrà utilizzare una maglia di 15 x 15 m, la densità dei punti mediamente battuti dovrà essere pari a circa un punto ogni 200 mq.

Il rilievo dovrà essere restituito con curve di livello derivate da un DTM ottenuto dall'interpolazione dei punti rilevati.

Le caratteristiche richieste, modalità esecutive delle indagini e restituzione dei risultati sono dettagliate nelle specifiche tecniche allegate.

4.1.4. Rilievo aerofotogrammetrico

Il rilievo aerofotogrammetrico dell'area dovrà essere eseguito con APR (Aeromobile a Pilotaggio Remoto) secondo la normativa vigente, ovvero quanto previsto dal Regolamento Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto Ed. 3 del 11/11/2019 emesso dall'ENAC. Pertanto, la ditta esecutrice del rilievo dovrà essere Operatore Specializzato autorizzato e registrato nel portale D'Flight e dovrà utilizzare un APR registrato sullo stesso portale. Il pilota incaricato dovrà essere titolare di Attestato di Pilota APR CRO in quanto la collocazione dell'area fa ricadere il rilievo nelle Operazioni Specializzate Critiche in Scenari Standard.

Quest'area ricade inoltre in uno spazio aereo afferente all'Elisuperficie AGIP ed è consentita una quota massima di 45m AGL (Above Ground Level), a meno di autorizzazioni specifiche da richiedere ad ENAC.

Le caratteristiche richieste, modalità esecutive delle indagini e restituzione dei risultati sono dettagliate nelle specifiche tecniche allegate.

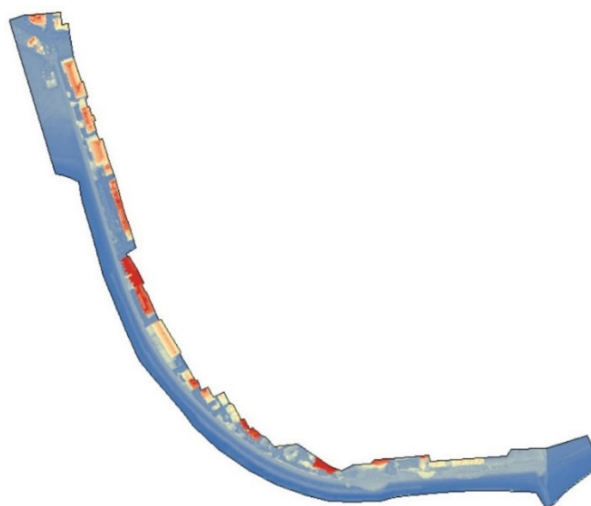


Fig. 4-3 - DSM generato dal modello aerofotogrammetrico

4.1.5. Rilievo geoelettrico

La geoelettrica consiste nella determinazione sperimentale della distribuzione di resistività caratterizzante la struttura elettrica del sottosuolo mediante l'utilizzo di elettrodi a diversa configurazione. Ogni disomogeneità presente nel sottosuolo viene rilevata poiché essa deflette le linee di corrente e distorce pertanto la normale distribuzione di potenziale elettrico e pertanto consente di individuare strati conduttivi attribuibili a livelli impermeabili argillosi ed eventuali livelli più resistivi permeabili e attraversati dalla falda freatica.

Dovranno essere realizzati stendimenti da almeno 48 elettrodi in acciaio, con spaziatura di 3m ed in configurazione Wenner in modo da garantire una penetrazione di circa 20m. Nel caso di più allineamenti paralleli dovrà essere effettuata l'inversione pseudo 3D dei dati e creato il modello di resistività da cui estrarre mappe a diversa profondità.

Gli stendimenti dovranno essere georeferenziati con GPS RTK.

Le caratteristiche richieste, modalità esecutive delle indagini e restituzione dei risultati sono dettagliate nelle specifiche tecniche allegate.

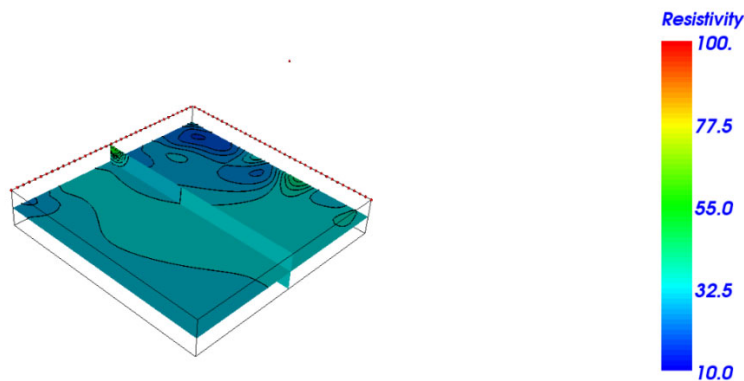


Fig. 4-4 - modello geoelettrico 3D

4.1.6. Geologia e geotecnica

4.1.6.1.1 Assetto stratigrafico

L'assetto stratigrafico di riferimento è quello già descritto per le indagini sulle banchine esistenti.

4.1.6.1.2 Indagini già effettuate

Non esistono indagini geotecniche pregresse.

4.1.6.1.3 Proposta indagini integrative

Le indagini proposte sono finalizzate alla ricostruzione dell'assetto stratigrafico ed alla caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni di fondazione e degli argini esistenti.

L'indagine dovrà fornire il livello piezometrico al di sotto delle vasche e la sua escursione nel tempo.

Inoltre, l'indagine dovrà verificare la presenza di un livello fine di bassa permeabilità a partire dalla quota 0 m slm in accordo con le prescrizioni al progetto definitivo. Tale livello può essere rappresentato dall'unità P, la cui estensione areale sarà verificata andando a correlare i dati delle verticali di indagine tramite degli stendimenti di tomografia geoelettrica.

L'indagine dovrà caratterizzare pertanto in modo adeguato la permeabilità dell'unità P tramite prove Lefranc e prove di dissipazione.

La figura seguente riporta l'ubicazione delle indagini proposte: Sxx/20 sono sondaggi, mentre SCPTUxx/20 (sismocono) e CPTUxx/20 (piezocono) sono prove penetrometriche statiche continue, STExx/20 sono stendimenti di tomografia geoelettrica.

Si rimanda al capitolo successivo per la descrizione delle indagini inerenti la cassa di colmata aggiuntiva Centro Direzionale.

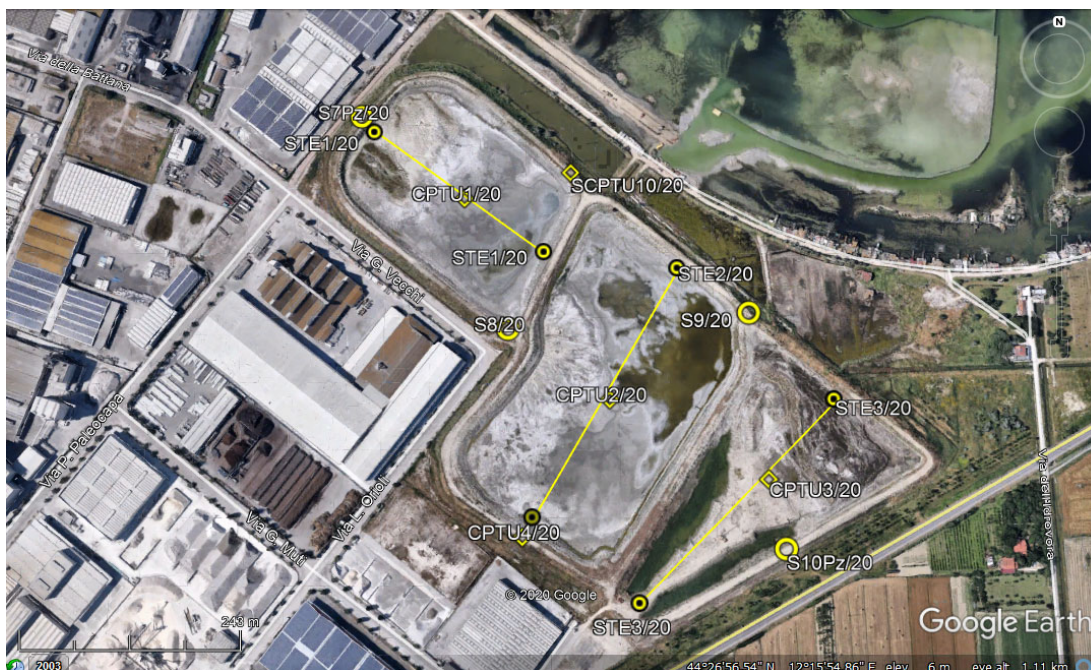


Fig. 4-5 - Cassa di colmata NADEP – Indagini integrative – Planimetria di ubicazione da Google Earth

La tabella seguente riporta le quantità relative ai sondaggi, prove in sito e campionamenti:

- Pz: piezometro a tubo aperto con installazione diver per monitoraggio livello acqua per 15gg e successive 4 letture manuali;
- SPT: prova penetrometrica dinamica standard da eseguirsi a partire da 2 m al di sotto del p.c. con passo di una prova ogni 2 m (caratterizzazione dell'argine e terreni sottostanti);
- Lefranc: prova a carico variabile da eseguirsi all'interno dell'Argine (z = 0 – 7 m da p.c.), P (z = 11 – 14 m da p.c.), S (z = 14 – 20 m da p.c.) ovvero in numero di 1 prova per ciascuna unità suddetta per ciascun sondaggio;
- C.R. campioni rimaneggiati prelevati sull'intera verticale ogni 3 m di profondità a partire da 1 m al di sotto del p.c.;
- C.I. campioni indisturbati prelevati all'interno dell'unità P

Le profondità suddette potranno variare di ± 2 m in funzione della reale stratigrafia.

I sondaggi saranno eseguiti sulla sommità degli argini esistenti in funzione delle interferenze presenti, individuate a seguito di apposita indagine.

Tab. 4-2: Cassa di colmata NADEP – Indagini integrative – Sondaggi, campionamenti e prove in sito

Cassa NADEP - Sondaggi, campionamenti e prove in sito						
Sond.	L	Pz	SPT	Lefranc	C.R.	C.I.
(n.)	(m)	(m)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)
S7Pz/20	25	20	5	3	8	2
S8/20	15	-	5	3	6	1
S9/20	15	-	5	3	6	1
Totale	55	20	15	9	20	4
Pz: piezometro a tubo aperto//SPT: prova penetrometrica dinamica standard//Lefranc: prova a carico variabile//C.R.: campione rimaneggiato//C.I.: campione indisturbato						

La tabella seguente riporta per ciascun sondaggio la tipologia ed il numero delle prove di laboratorio da eseguire.

Le analisi granulometriche saranno eseguite con vagli meccanici e con densimetro, al fine di verificare la frazione limosa e quella argillosa.

Ciascuna prova triassiale TRX-CIU sarà eseguita su n.3 provini diversi, che dovranno essere consolidati alle seguenti pressioni di confinamento laterale $\sigma'v0$, $2\sigma'v0$, $3\sigma'v0$.

Le prove edometriche EDO saranno realizzate con saturazione iniziale dei provini, come da prassi, fino al raggiungimento della pressione di 3200 (KPa).

Tab. 4-3: Cassa di colmata NADEP – Indagini integrative – Sondaggi e prove di laboratorio

Cassa NADEP - Prove di laboratorio								
Sond.	C.R.	C.I.	Gran.	Lim.Att.	γ	wn	TRX-CIU	EDO
(n.)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)
S7Pz/20	8	2	10	10	2	2	1	1
S8/20	6	1	7	7	1	1	1	-
S9/20	6	1	7	7	1	1	1	-
Totale	20	4	24	24	4	4	3	1
C.R.: campione rimaneggiato//C.I.: campione indisturbato//Gran.: analisi granulometrica per sedimentazione//Lim.Att.: limiti di Atterberg// γ : peso di volume//wn: contenuto d'acqua//TRX-CIU: prova triassiale consolidata non drenata//EDO: prova compressibilità edometrica								

La tabella seguente riporta le quantità relative alle prove penetrometriche statiche continue con punta elettrica, che saranno eseguite con piezocono CPTU (misura di qc, fs, u, Vs) e con sismocono SCPTU (misura di qc, fs, u, Vs).

Si eseguiranno inoltre delle prove di dissipazione per la misura della permeabilità dei terreni di fondazione.

Le prove SCPTU10/20 e CPTU4/20 saranno realizzate sulla sommità degli argini esistenti in funzione delle interferenze presenti, individuate a seguito di apposita indagine, mentre le prove CPTU1/20+CPTU2/20 saranno eseguite all'interno delle vasche.

Potrebbe essere necessario eseguire un preforo di 1 m per l'esecuzione delle prove CPTU4/20 e SCPTU10/20 sulla sommità degli argini in funzione del materiale usato per la realizzazione della viabilità sommitale.

L'acquisizione della velocità delle onde di taglio avverrà con passo di 1 m, mentre le prove di dissipazione saranno realizzate alle profondità indicate in tabella, che potranno variare di ± 2 m in funzione della reale stratigrafia.

Tab. 4-4: Cassa di colmata NADEP – Indagini integrative – Prove penetrometriche statiche continue con punta elettrica

Cassa NADEP - Prove penetrometriche statiche continue con punta elettrica				
CPTU	L	Vs	Dissip.	Dissip.
(n.)	(m)	(m)	(n.)	(m da p.c.)
CPTU1/20	15	-	2	8 (P) e 14 (S)
CPTU2/20	15	-	2	8 (P) e 14 (S)
CPTU4/20	15	-	2	10 (P) e 14 (S)
SCPTU10/20	35	35	-	-
Totale	80	35	6	-

Vs: acquisizione velocità onde di taglio//Dissip.: prove di dissipazione

Si eseguiranno quindi n.2 stendimenti di tomografia geoelettrica per la correlazione dei dati delle verticali di indagine, al fine di verificare l'estensione dell'unità P al di sotto delle vasche.

Le lunghezze sono STE1/20 (L = 250 m) e STE2/20 (L = 350 m).

4.2. Casse di colmata aggiuntive

Le nuove casse di colmata aggiuntive, che saranno essere messe a disposizione del Contraente Generale, saranno due e dovranno essere tali da garantire una capacità di stoccaggio minima pari a 900.000 m³ di materiale scavato in canale:

- Centro Direzionale
- Via Trieste

Queste nuove casse potranno essere vuote, pronte per essere utilizzate, oppure totalmente/parzialmente occupate, con la possibilità che il materiale in esse presente, proveniente da dragaggi pregressi, sia assimilabile a rifiuto.

4.2.1. Sintesi indagini integrative

Nelle zone di deposito del materiale di escavo è necessario eseguire un rilievo topografico plano-altimetrico che potrà essere svolto con due modalità operative a seconda della possibilità di sorvolo della zona tramite APR. Laddove l'area è libera da vincoli ENAC sarà eseguito un rilievo aerofotogrammetrico mentre in eventuali zone vincolate a livello autorizzativo si procederà con rilievo topografico in modalità tradizionale con GPS o Stazione Totale.

Poiché è importante verificare le caratteristiche geotecniche l'impermeabilità dello strato a quota 0 l.m.m ed il livello della falda, oltre alle prove geotecniche, edometriche e di caratterizzazione sismica, saranno eseguiti stendimenti geoelettrici da correlare con le prove dirette, in modo da evidenziare la presenza di strati argillosi o più sabbiosi fino alla quota d'interesse.

La sintesi delle indagini integrative previste per le casse di colmata aggiuntive è riassunta nella Tab. 4-5.

Tab. 4-5: Casse di colmata aggiuntive - indagini integrative

3 CASSE DI COLMATE AGGIUNTIVE		SCOPO	INDAGINI
3B	- Via Trieste - Centro Direzionale	Verifica delle caratteristiche geometriche e geotecnica	materializzazione capisaldi georeferenziati - rilievo topografico plano-altimetrico con ausilio di droni
		Assetto stratigrafico, parametri geotecnici, classificazione sismica, livello di falda	Centro direzionale: 1 sondaggio (1 piezometro) con prove in foro e laboratorio sull'argine, 1 CPTU (2 prove di dissipazione) e 1 stendimento geoelettrica nella vasca. Via Trieste: 2 sondaggi (1 piezometri), 1 SCPTU con sismocono, 1 CPTU (2 prove di dissipazione), 1 stendimento geoelettrica. Il CSA prevede esecuzione di 6 piezometri o 6 CPTU per cassa Centro Direzionale.

4.2.2. Rilievo topografico

Per identificare l'effettivo stato con cui saranno consegnati i luoghi su cui sono presenti le casse di colmata aggiuntive, il Contraente Generale eseguirà un rilievo topografico plano-altimetrico di precisione effettuato con strumentazione GPS (rilievo ottenuto con drone e rete di appoggio a terra con strumentazione tradizionale), da tale rilievo dovrà essere possibile calcolare il volume degli argini e del materiale in essa contenuto.

Il rilievo dovrà essere preceduto dalla materializzazione di capisaldi georeferenziati

In caso di impossibilità ad eseguire il rilievo aerofotogrammetrico si potrà effettuare un classico rilievo topografico. Il rilievo topografico dovrà essere inquadrato nel sistema di coordinate regionale UTM fuso 32 con le quote ortometriche riferite ai caposaldi della Rete Geodetica Costiera (RGC, ARPAE 2017). Sarà possibile procedere al rilievo utilizzando una stazione totale oppure un sistema GNSS RTK con precisione plano-altimetrica centimetrica.

Tali attività si renderanno possibili solo se la Committente autorizzerà il taglio della vegetazione spontanea.

È fondamentale rilevare le linee di discontinuità presenti, fronti di scarpata, rotture di pendenza ecc., in modo da poter rappresentare al meglio la morfologia.

Il rilievo dei particolari del terreno dovrà essere eseguito scegliendo i punti in modo che sia possibile rappresentare con sufficiente chiarezza la morfologia ed interpolare altimetricamente nuove quote fra due punti vicini in modo corretto.

Aree che presentano molte discontinuità dovranno essere rilevate individuando i punti ad una distanza non superiore ai 10 m, per quanto riguarda le aree pianeggianti e poco mosse si potrà utilizzare una maglia di 15 x 15 m, la densità dei punti mediamente battuti dovrà essere pari a circa un punto ogni 200 mq.

Il rilievo dovrà essere restituito con curve di livello derivate da un DTM ottenuto dall'interpolazione dei punti rilevati.

Le caratteristiche richieste, modalità esecutive delle indagini e restituzione dei risultati sono dettagliate nelle specifiche tecniche allegate.

4.2.3. Rilievo aerofotogrammetrico

Il rilievo aerofotogrammetrico dell'area dovrà essere eseguito con APR (Aeromobile a Pilotaggio Remoto) secondo la normativa vigente, ovvero quanto previsto dal Regolamento Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto Ed. 3 del 11/11/2019 emesso dall'ENAC. Pertanto, la ditta esecutrice del rilievo dovrà essere Operatore Specializzato autorizzato e registrato nel portale D'Flight e dovrà utilizzare un APR registrato sullo stesso portale. Il pilota incaricato dovrà essere titolare di Attestato di Pilota APR CRO in quanto la collocazione dell'area fa ricadere il rilievo nelle Operazioni Specializzate Critiche in Scenari Standard.

L'area denominata "Via Trieste" ricade in uno spazio aereo afferente all'Elisuperficie AGIP ed è consentita una quota massima di 45m AGL (Above Ground Level), a meno di autorizzazioni specifiche da richiedere ad ENAC. Una parte dell'area denominata "Centro Direzionale" ricade all'interno della zona vietata LI P89 Ravenna, una zona di cui è vietato il sorvolo istituita sopra il Porto di Ravenna. Per eseguire il rilievo andrà pertanto richiesto nulla osta all'autorità competente e successivamente autorizzazione ad ENAC, 15gg prima del volo.

Le caratteristiche richieste e modalità esecutive sono dettagliate nelle specifiche tecniche allegate.

4.2.4. Rilievo geoelettrico

La geoelettrica consiste nella determinazione sperimentale della distribuzione di resistività caratterizzante la struttura elettrica del sottosuolo mediante l'utilizzo di elettrodi a diversa configurazione. Ogni disomogeneità presente nel sottosuolo viene rilevata poiché essa deflette le linee di corrente e distorce pertanto la normale distribuzione di potenziale elettrico e pertanto consente di individuare strati conduttivi attribuibili a livelli impermeabili argillosi ed eventuali livelli più resistivi permeabili e attraversati dalla falda freatica.

Gli stendimenti dovranno essere georeferenziati con GPS RTK.

Le caratteristiche richieste e modalità esecutive sono dettagliate nelle specifiche tecniche allegate

4.2.5. Geologia e geotecnica

4.2.5.1.1 Assetto stratigrafico

L'assetto stratigrafico di riferimento è quello già descritto per le indagini sulle banchine esistenti.

4.2.5.1.2 Indagini già effettuate

Non esistono indagini geotecniche pregresse.

4.2.5.1.3 Proposta indagini integrative

Le indagini proposte sono finalizzate alla ricostruzione dell'assetto stratigrafico ed alla caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni di fondazione e degli argini esistenti.

L'indagine dovrà fornire il livello piezometrico al di sotto delle vasche e la sua escursione nel tempo.

Inoltre, l'indagine dovrà verificare la presenza di un livello fine di bassa permeabilità a partire dalla quota 0 m slm in accordo con le prescrizioni al progetto definitivo, redatte per la cassa NADEP. Tale livello può essere rappresentato dall'unità P, la cui estensione areale sarà verificata andando a correlare i dati delle verticali di indagine tramite degli stendimenti di tomografia geoelettrica.

L'indagine dovrà caratterizzare pertanto in modo adeguato la permeabilità dell'unità P tramite prove Lefranc e prove di dissipazione.

Le figure seguenti riportano l'ubicazione delle indagini proposte:

- Cassa via Trieste con S10Pz/20 sondaggio, CPTU3/20 (piezocono), STE3/20 stendimento di tomografia geoelettrica.
- Cassa Centro Direzionale con S11/20 e S12Pz/20 sondaggi, SCPTU11/20 (sismocono) e CPTU5/20 (piezocono), STE4/20 stendimento di tomografia geoelettrica.

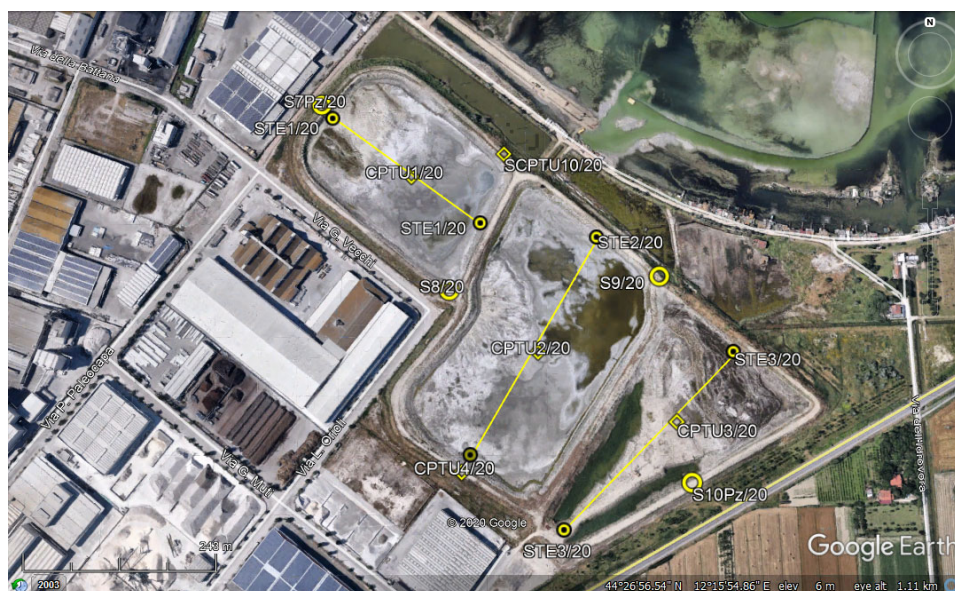


Fig. 4-6 - Cassa di colmata aggiuntiva via Trieste- Indagini integrative – Planimetria di ubicazione da Google Earth

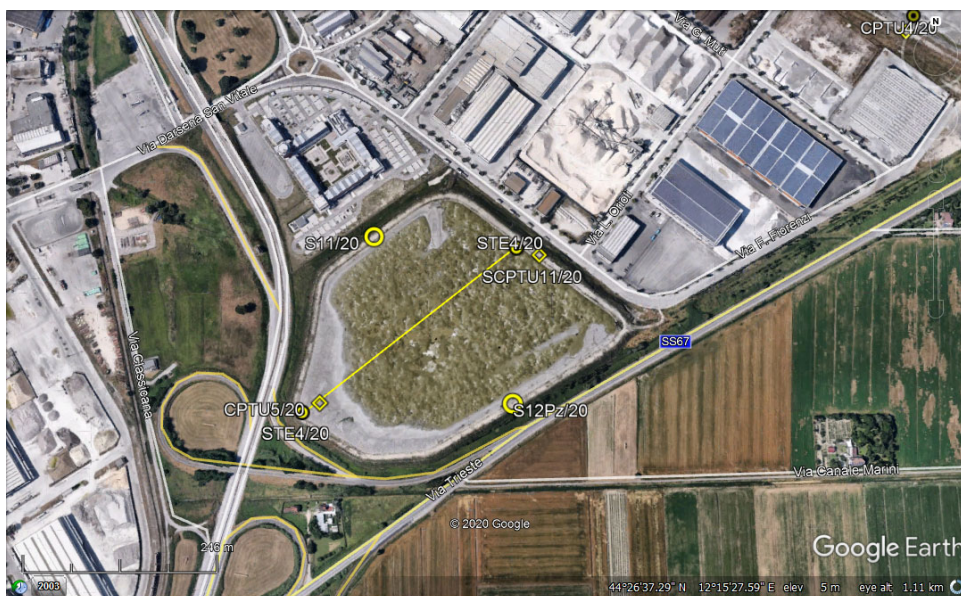


Fig. 4-7 - Cassa di colmata aggiuntiva Centro Direzionale – Indagini integrative – Planimetria di ubicazione da Google Earth

La tabella seguente riporta le quantità relative ai sondaggi, prove in sito e campionamenti:

- Pz: piezometro a tubo aperto con installazione diver per monitoraggio livello acqua per 15gg e successive 4 letture manuali;
- SPT: prova penetrometrica dinamica standard da eseguirsi a partire da 2 m al di sotto del p.c. con passo di una prova ogni 2 m (caratterizzazione dell'argine e terreni sottostanti);
- Lefranc: prova a carico variabile da eseguirsi all'interno dell'Argine (z = 0 – 7 m da p.c.), P (z = 11 – 14 m da p.c.), S (z = 14 – 20 m da p.c.) ovvero in numero di 1 prova per ciascuna unità suddetta per ciascun sondaggio;
- C.R. campioni rimaneggiati prelevati sull'intera verticale ogni 3 m di profondità a partire da 1 m al di sotto del p.c.;
- C.I. campioni indisturbati prelevati all'interno dell'unità P

Le profondità suddette potranno variare di ± 2 m in funzione della reale stratigrafia.

I sondaggi saranno eseguiti sulla sommità degli argini esistenti in funzione delle interferenze presenti, individuate a seguito di apposita indagine.

Tab. 4-6: Casse di colmata aggiuntive – Indagini integrative – Sondaggi, campionamenti e prove in sito

Casse aggiuntive - Sondaggi, campionamenti e prove in sito							
Cassa	Sond.	L	Pz	SPT	Lefranc	C.R.	C.I.
(-)	(n.)	(m)	(m)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)
via Trieste	S10Pz/20	25	20	5	3	8	2
Centro Dir.	S11Pz/20	25	20	5	3	8	2
	S12/20	15	-	4	3	5	1
Totale		65	40	14	9	21	5

Pz: piezometro a tubo aperto//SPT: prova penetrometrica dinamica standard//Lefranc: prova a carico variabile//C.R.: campione rimaneggiato//C.I.: campione indisturbato

La tabella seguente riporta per ciascun sondaggio la tipologia ed il numero delle prove di laboratorio da eseguire.

Le analisi granulometriche saranno eseguite con vagli meccanici e con densimetro, al fine di verificare la frazione limosa e quella argillosa.

Ciascuna prova triassiale TRX-CIU sarà eseguita su n.3 provini diversi, che dovranno essere consolidati alle seguenti pressioni di confinamento laterale $\sigma'v_0$, $2\sigma'v_0$, $3\sigma'v_0$.

Le prove edometriche EDO saranno realizzate con saturazione iniziale dei provini, come da prassi, fino al raggiungimento della pressione di 3200 (KPa).

Tab. 4-7: Casse di colmata aggiuntive – Indagini integrative – Sondaggi e prove di laboratorio

Casse aggiuntive - Prove di laboratorio									
Cassa	Sond.	C.R.	C.I.	Gran.	Lim.Att.	γ	wn	TRX-CIU	EDO
(-)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)
via Trieste	S10Pz/20	8	2	10	10	2	2	1	1
Centro Dir.	S11Pz/20	8	2	10	10	2	2	1	1
	S12/20	5	1	6	6	1	1	1	-
Totale		21	5	26	26	5	5	3	2

C.R.: campione rimaneggiato//C.I.: campione indisturbato//Gran.: analisi granulometrica per sedimentazione//Lim.Att.: limiti di Atterberg// γ : peso di volume//wn: contenuto d'acqua//TRX-CIU: prova triassiale consolidata non drenata//EDO: prova compressibilità edometrica

La tabella seguente riporta le quantità relative alle prove penetrometriche statiche continue con punta elettrica, che saranno eseguite con piezocono CPTU (misura di qc, fs, u, Vs) e con sismocono SCPTU (misura di qc, fs, u, Vs).

Si eseguiranno inoltre delle prove di dissipazione per la misura della permeabilità dei terreni di fondazione.

Le prove SCPTU11/20 e CPTU5/20 saranno realizzate sulla sommità degli argini esistenti in funzione delle interferenze presenti, individuate a seguito di apposita indagine, mentre le prove CPTU3/20 sarà eseguita all'interno della vasca.

Potrebbe essere necessario eseguire un preforo di 1 m per l'esecuzione delle prove CPTU5/20 e SCPTU11/20 sulla sommità degli argini in funzione del materiale usato per la realizzazione della viabilità sommitale.

L'acquisizione della velocità delle onde di taglio avverrà con passo di 1 m, mentre le prove di dissipazione saranno realizzate alle profondità indicate in tabella, che potranno variare di ± 2 m in funzione della reale stratigrafia.

Tab. 4-8: Casse di colmata aggiuntive – Indagini integrative – Prove penetrometriche statiche continue con punta elettrica

Casse aggiuntive - Prove penetrometriche statiche continue con punta elettrica					
Cassa	CPTU	L	Vs	Dissip.	Dissip.
(-)	(n.)	(m)	(m)	(n.)	(m da p.c.)
via Trieste	CPTU3/20	15	-	2	8 (P) e 14 (S)
Centro Dir.	SCPTU11/20	35	35	-	-
	CPTU5/20	15	-	2	10 (P) e 14 (S)
Totale		65	35	4	-
Vs: acquisizione velocità onde di taglio//Dissip.: prove di dissipazione					

Si eseguiranno quindi n.2 stendimenti di tomografia geoelettrica per la correlazione dei dati delle verticali di indagine, al fine di verificare l'estensione dell'unità P al di sotto delle vasche.

Le lunghezze sono STE3/20 (L = 325 m) e STE4/20 (L = 360 m).

5. AREE LOGISTICHE

Come sito di destinazione finale dei sedimenti dragati nel Progetto Definitivo sono state individuate 3 aree logistiche, la cui ubicazione è riportata nella figura (Fig. 5-1):

- Area logistica S3 (Bassette sud e nord)
- Area Logistica L2
- Area Logistica L1

Come 4° area di destino finale dei sedimenti dragati è prevista la Cava Bosco: infatti una parte del materiale di dragaggio, circa 1.362.000 m³ di materiale classificato in Tabella "A" ai sensi della tabella riportata nell'Allegato 5 al Titolo V della Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006, sarà destinato alla chiusura della Cava Bosco, non più operativa.

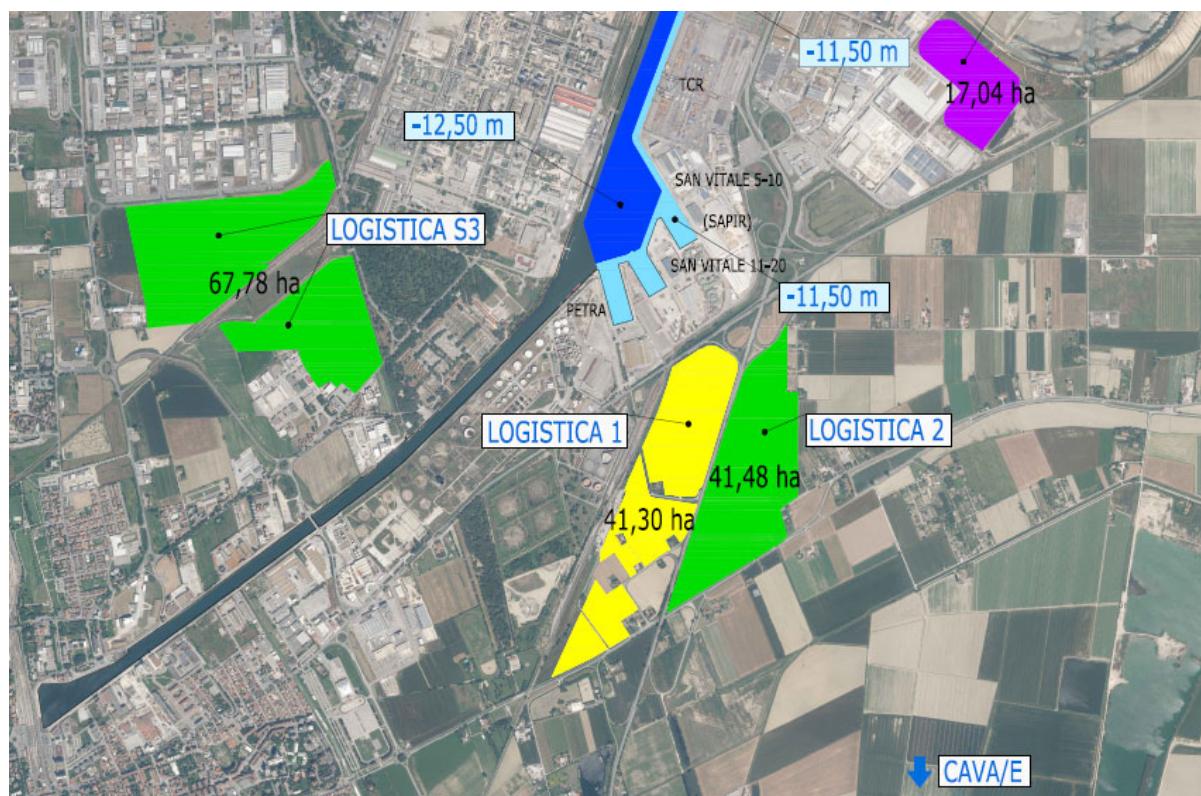


Fig. 5-1 - Planimetria con ubicazione delle aree logistiche S3, L2 e L1

Quanto ottenuto coi nuovi dragaggi, una volta essiccato, verrà portato come destinazione finale nelle aree logistiche a terra (L1, L2 e S3) che hanno le seguenti singole capacità recettive:

- L1 = 500.000 m³;
- L2 = 550.000 m³;
- S3 = 960.000 m³ (576.000 m³ nella zona nord e 384.000 m³ nella zona sud);

La massima capacità recettiva delle aree a terra risulta quindi essere di 2.010.000 m³.

Le aree denominate “Logistica 2” e “Comparto S3”, da tempo classificate dalla pianificazione locale quali aree logistiche portuali, sono previste nel progetto di Hub Portuale come aree logistiche di diretta acquisizione al Pubblico Demanio Marittimo.

L’area logistica 1 (anch’essa da tempo individuata dalla pianificazione comunale quale area destinata a piattaforme logistiche portuali), per scelta dell’autorità di Sistema Portuale, pur rientrando come area di destinazione dei materiali di escavo nell’ambito del progetto definitivo di Hub Portuale, non rientra nella previsione di acquisizione al patrimonio pubblico, rimane quindi area logistica privata, integrata col sistema delle aree logistiche portuali pubbliche. Tale area verrà portata in quota con materiale proveniente dal dragaggio del canale, ma la realizzazione della piastra logistica avverrà ad opera del privato proprietario che ha già presentato uno specifico progetto a tal fine.

Il comparto L1, in conformità al PSC e al POC Logistica, è già stato presentato il PUA attualmente in corso di istruttoria (conferenza preliminare ai sensi dell'art.1 co. 3 della Legge n.241 del 1990 e s.m.i.), si osserva che il conferimento di materiale in ambito L1 è subordinato alla positiva conclusione delle procedure abilitative a cui dovrà attenersi il soggetto attuatore privato (stipula della convenzione di PUA e rilascio del permesso di costruire delle opere di urbanizzazione).

5.1. Area logistica – Comparto S3

L’area logistica S3 è l’Area “CO S3 Logistica Romea Bassette”.

Il comparto in oggetto consiste nell’area compresa tra la via Romea nord, lo scolo consorziale Fagiolo e la via Baiona.

Le quantità di materiale che possono essere depositata nelle due aree, a nord e a sud della linea ferroviaria, sono rispettivamente 576.000 mc e 384.000 mc, per un totale di 960.000 mc. La superficie di terreno interessata dal deposito di materiale risulta complessivamente pari a circa 650.000 mq.



Fig. 5-2 - Area Logistica S3

5.2. Area logistich L1 e L2

Il comparto riguarda un'area ubicata in fregio alla strada statale n. 67 (Via Classicana), fra il Porto San Vitale (via Trieste) e via Canale Molinetto. L'area del comparto confina ad ovest con il fascio ferroviario (scalo merci), a nord con il Porto San Vitale ed il raccordo stradale fra via Classicana e via Trieste, ad est con il territorio rurale e a sud, con la Via Canale Molinetto.

Le quantità di materiale che possono essere depositate nelle due aree sono rispettivamente 500.000 mc e 550.000 mc, per un totale di 1.050.000 mc. La superficie di terreno in Logistica 2 interessata dal deposito di materiale risulta complessivamente pari a circa 300.000 mq.



Fig. 5-3 - Area Logistica L2

5.3. Indagini integrative proposte

Nelle aree logistiche S3 e L2 durante il progetto definitivo sono state eseguite indagini topografiche delle aree.

Per verificare lo stato esistente, nelle zone di deposito materiale di escavo è necessario eseguire un rilievo topografico plano-altimetrico che potrà essere svolto con due modalità operative a seconda della possibilità di sorvolo della zona tramite APR. Laddove l'area è libera da vincoli ENAC sarà eseguito un rilievo aerofotogrammetrico mentre in eventuali zone vincolate a livello autorizzativo si procederà con rilievo topografico in modalità tradizionale con GPS o Stazione Totale.

Poiché è importante verificare il livello della falda e la sua salinità da correlare con le analisi con sonda multiparametrica, saranno eseguite indagini superficiali con elettromagnetometro. L'indagine sarà utile ad evidenziare anche la presenza di oggetti metallici ed eventuali tubazioni. Tale indagine sui sottoservizi sarà completata con indagine di maggior dettaglio in superficie attraverso l'uso del georadar.

Poiché l'area logistica L1 è un'area di destinazione dei materiali di escavo in cui è previsto solo il trasferimento del materiale (la sua sistemazione e la conseguente realizzazione della piastra verranno eseguite a cura del privato proprietario) non sono previste indagini su quest'area.

La sintesi delle indagini integrative, propedeutiche alla progettazione esecutiva, previste per le aree logistiche sono riportate nella Tab. 5.1.

Tab. 5-1: Aree logistiche - indagini propedeutiche alla Progettazione Esecutiva

4		AREE LOGISTICHE	SCOPO	INDAGINI
4A	Area Logistica 2 e comparto S3 Nord		Verifica dello stato di fatto per tracciamento in loco	formazione capisaldi georeferenziati - rilievo topografico piano-altimetrico con ausilio di droni
			Assetto stratigrafico, parametri geotecnici, classificazione sismica, livello di falda e salinità	indagini geotecniche (2 sondaggi e 2 SCPTU)
			Verifica dei sottoservizi esistenti/interferenze	1 sondaggio (1 piezometro, sonda multiparametrica per misura pH e conducibilità) con prove in foro e di laboratorio, 1 SCPTU con sismocono, 1 CPTU, 1 stendimento geoelettrica
			Caratterizzazione ambientale dei siti di utilizzo *	Indagini magnetometriche/georadar
				Indagini ambientali (prelievo campioni e analisi di laboratorio)

NOTA * caratterizzazione ambientale (banchine e siti di utilizzo): sarà eseguita da terzi (a carico AdSP)

5.3.1. Rilievo topografico

In caso di impossibilità ad eseguire il rilievo aerofotogrammetrico si potrà effettuare un classico rilievo topografico. Il rilievo topografico dovrà essere inquadrato nel sistema di coordinate regionale UTM fuso 32 con le quote ortometriche riferite ai caposaldi della Rete Geodetica Costiera (RGC, ARPAE 2017). Sarà possibile procedere al rilievo utilizzando una stazione totale oppure un sistema GNSS RTK con precisione piano-altimetrica centimetrica.

Il rilievo dovrà essere preceduto dalla materializzazione di capisaldi georeferenziati.

È fondamentale rilevare le linee di discontinuità presenti, fronti di scarpata, rotture di pendenza ecc., in modo da poter rappresentare al meglio la morfologia.

Il rilievo dei particolari del terreno dovrà essere eseguito scegliendo i punti in modo che sia possibile rappresentare con sufficiente chiarezza la morfologia ed interpolare altimetricamente nuove quote fra due punti vicini in modo corretto.

Aree che presentano molte discontinuità dovranno essere rilevate individuando i punti ad una distanza non superiore ai 10 m, per quanto riguarda le aree pianeggianti e poco mosse si potrà utilizzare una maglia di 15 x 15 m, la densità dei punti mediamente battuti dovrà essere pari a circa un punto ogni 200 mq.

Il rilievo dovrà essere restituito con curve di livello derivate da un DTM ottenuto dall'interpolazione dei punti rilevati.

5.3.2. Rilievo aerofotogrammetrico

Il rilievo aerofotogrammetrico dell'area dovrà essere eseguito con APR (Aeromobile a Pilotaggio Remoto) secondo la normativa vigente, ovvero quanto previsto dal Regolamento Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto Ed. 3 del 11/11/2019 emesso dall'ENAC. Pertanto, la ditta esecutrice del rilievo dovrà essere Operatore Specializzato autorizzato e registrato nel portale D'Flight e dovrà utilizzare un APR registrato sullo stesso portale. Il pilota incaricato dovrà essere titolare di Attestato di Pilota APR CRO in quanto la collocazione dell'area fa ricadere il rilievo nelle Operazioni Specializzate Critiche in Scenari Standard.

Una parte dell'area denominata "Logistica S3" ricade all'interno della zona vietata LI P89 Ravenna, una zona di cui è vietato il sorvolo istituita sopra il Porto di Ravenna. Per eseguire il rilievo andrà pertanto richiesto nulla osta all'autorità competente e successivamente autorizzazione ad ENAC, 15gg prima del volo.

Le caratteristiche richieste, modalità esecutive delle indagini e restituzione dei risultati sono dettagliate nelle specifiche tecniche allegate.

5.3.3. Interferenze e sottoservizi - Indagini georadar 3D

Le indagini georadar 3D saranno effettuate in prossimità dei sondaggi e in corrispondenza dei sottoservizi per evidenziare le possibili interferenze.

Per i sottoservizi le indagini con georadar dovranno essere svolte tenendo conto di una fascia di tolleranza di 10 m da entrambi i lati a copertura totale dell'ipotetico tracciato.

Qui di seguito è riportato l'elenco dei sottoservizi per le aree logistiche L2 e per il comparto S3:

- 1) Area logistica L2
 - Enel distribuzione
 - Telecom
 - Consorzio Bonifica Romagna centrale
 - Hera
 - Petra
 - Syndial
- 2) Comparto S3
 - Enel produzione
 - Romagna acque
 - Enel distribuzione
 - Hera
 - Telecom

Per i tracciati si rimanda agli allegati di ricognizione reti effettuate durante il Progetto Definitivo:

- 1114.URB.L2.H.Ricogn.Reti_Rev.1
- 1114.URB.S3.H.Ricogn.Reti_Rev.1

Dovrà inoltre essere evidenziata la presenza dell'interferenza ENI nell'area logistica L1, rappresentata dall'oleodotto di ENI (condotta in acciaio), ubicato nella porzione più a nord dell'area stessa, secondo quanto presentato nella figura sottostante. L'oleodotto risulta attualmente non in servizio.



Fig. 5-4 - Area Logistica L1: interferenza ENI

Il georadar GPR (Ground Penetrating Radar) consente di indagare in modo non invasivo e di rilevare la presenza e la posizione di oggetti sepolti (tubi, sottoservizi, ordigni, cavità, oggetti, opere in c.a.). Il metodo è basato sul principio della propagazione di impulsi elettromagnetici nei materiali e sulla loro riflessione in corrispondenza delle superfici di discontinuità dovute a variazioni di permittività dei materiali investigati.

Dovrà essere impiegato un georadar ad acquisizione 3D multiantenna (non array) con frequenze comprese fra 300 e 500MHz in modo da penetrare i primi 2m circa, interfacciato con GPS RTK o Stazione Totale Topografica.—L'area d'interesse sarà coperta, ove necessario, dal dato georadar in modo da evidenziare tutti i sottoservizi e le anomalie presenti riconducibili a strutture/target sepolti, anche allo scopo di sopperire alle lacune riscontrate nella reperita documentazione storica. Si forniranno come output finale mappe di ampiezza del segnale come "slice" a diverse profondità dal p.c. che saranno interpretate secondo gli elementi individuati e fornite in versione geotiff e shapefile in modo da essere visualizzate su piattaforme GIS. Il risultato dell'interpretazione sarà restituito sempre su base GIS o CAD.



Fig. 5-5 - *Slice georadar a -0.70m dal p.c. e restituzione dei sottoservizi evidenti in banchina*

5.3.4. Indagini elettromagnetiche

Le indagini con elettromagnetometro saranno effettuate sulle aree logistiche, tramite l'esecuzione di profili longitudinali, come presentato nella figura sottostante (linee gialle).

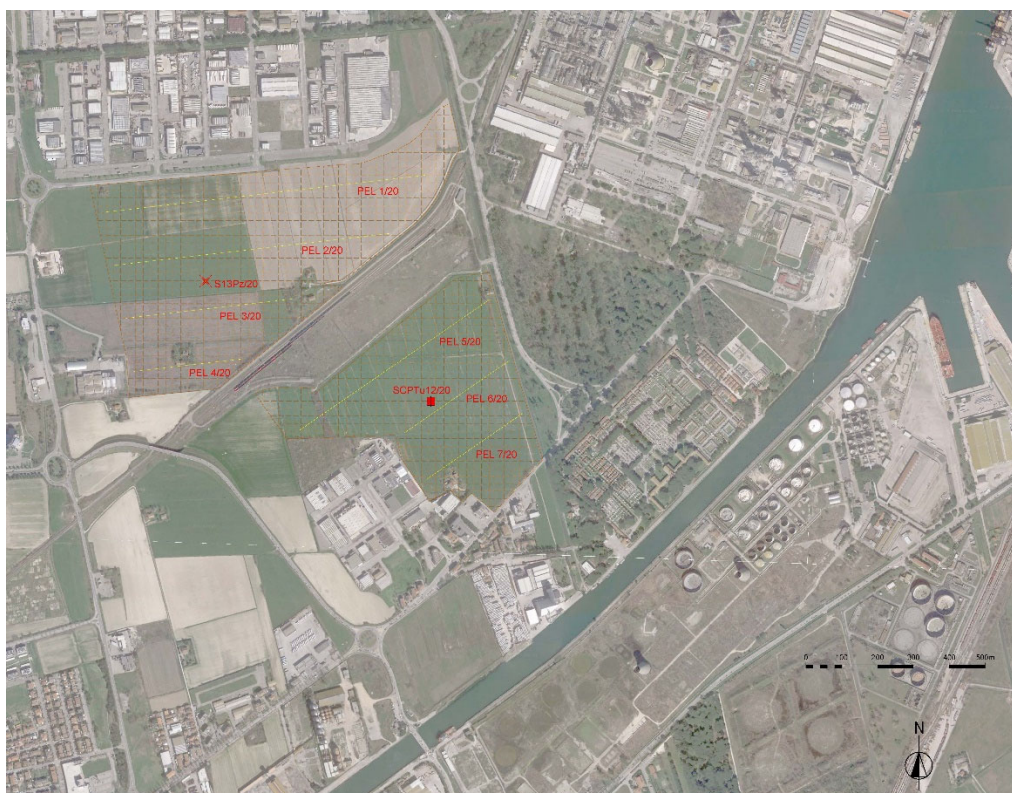


Fig. 5-6 - *Area logistica S3: indagini elettromagnetometriche – profili longitudinali*

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