



CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA

Sede legale e recapito postale:

44121 Ferrara - Via Borgo dei Leoni, 28 - C.F. 93076450381

web: www.bonificaferrara.it - e-mail: info@bonificaferrara.it

pec: posta.certificata@pec.bonificaferrara.it

aderente all'

Associazione Nazionale Bonifiche, Irrigazioni e Miglioramenti Fondiari

IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PROGETTO ESECUTIVO



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU



Piano nazionale di ripresa e resilienza disciplinato dal Regolamento del Parlamento Europeo (UE) 2021/241 del 12 febbraio 2021, relativo al dispositivo per la ripresa e la resilienza (Next Generation UE), all'attuazione e rendicontazione degli interventi dell'investimento M2C4 2.1a per le più urgenti necessità, segnalati dalle regioni Emilia-Romagna, Toscana e Marche, per la gestione del rischio alluvioni e per la riduzione del rischio idrogeologico. Ordinanza n. 35/2024 del Commissario straordinario alla ricostruzione nel territorio delle regioni Emilia-Romagna, Toscana e Marche.

ID INTERVENTO ER-UBIS-000109

CUP J78H24000430007

TITOLO INTERVENTO "Messa in sicurezza impianto idrovoro cittadino per la laminazione delle portate di piena del reticolo idraulico di bonifica"

RELAZIONE GENERALE

Data: **30.04.2025**

ELABORATO:

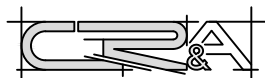
ALL.1

Rev.:

1

IL PROGETTISTA GENERALE

(Ing. Alessio Colombi)



Ing.A.Colombi Ing.M.Roversi Ing.O.Vitarelli
Colombi Roversi & Associati
Studio di Ingegneria
Via Piangipane, 141 int.6
44121 FERRARA



COLOMBI
ALESSIO
Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Ferrara
Ingegnere
09.05.2025
18:56:27
GMT+02:00

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROGETTO

(Ing. Alessandro Buzzoni)



IL DIRETTORE AREA TERRITORIO
Ing. Alessandro Buzzoni

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Codice Intervento
00	Progetto Esecutivo		31/03/2025	OC174
01	Revisione 1		30/04/2025	

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA (FE)	Comm. n°		Revisioni				
	Progetto	ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	CRA25003		0				
			Doc. n°		ALL. 1				
RELAZIONE TECNICA GENERALE			Fg.	Di	Compilato		Data		
			2	29	AC		APR. 2025		

Indice

1. Premessa	3
2. Inquadramento territoriale ed urbanistico	4
3. Descrizione dell'area di intervento	6
3.1 Rilievi eseguiti ed indagini effettuate	8
4. Inquadramento geotecnico e sismico	12
5. Descrizione degli interventi di progetto	18
6. Quadro normativo di riferimento adottato	23
6.1 Quadro normativo generale	23
6.2 Quadro normativo relativo alle strutture	23
7. Tempistica e organizzazione del cantiere	24
8. Verifica a sifonamento durante la fase di cantiere	27
9. Configurazione a fine cantiere	29

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA (FE)	Comm. n°		Revisioni				
	Progetto	ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	CRA25003		0				
			Doc. n°		ALL. 1				
			RELAZIONE TECNICA GENERALE		Fg.	Di	Compilato	Data	
			3	29	AC	APR. 2025			

1.Premessa

È stato accertato che a seguito di eventi meteorici intensi, analoghi a quello del maggio 2023, il reticolo secondario del sistema idraulico di scolo della parte nord-ovest della città di Ferrara, subisce importanti situazioni di piena, presentando notevoli difficoltà di smaltimento delle acque e causando così allagamenti delle campagne circostanti.

Il presente intervento è finalizzato quindi a riportare alla piena funzionalità idraulica le 3 pompe presenti nell'impianto idrovoro in oggetto, il quale ha la funzione di scolare il bacino denominato Cittadino, che si estende per circa 2900 ha, migliorandone sensibilmente la risposta idraulica durante eventi metereologici di portate eccezionali.



Vista satellitare

L'intervento previsto riguarda le opere di consolidamento necessarie ad eliminare i movimenti delle selle di appoggio delle tubazioni dell'impianto cittadino del consorzio ubicato in via Enzo Michelini, a ridosso del canale Boicelli come mostrato nella precedente immagine satellitare

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune FERRARA (FE)	Comm. n° CRA25003	Revisioni			
	Progetto ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	Doc. n° ALL. 1	0			
RELAZIONE TECNICA GENERALE		Fg. 4	Di 29	Compilato AC	Data APR. 2025	

2. Inquadramento territoriale ed urbanistico

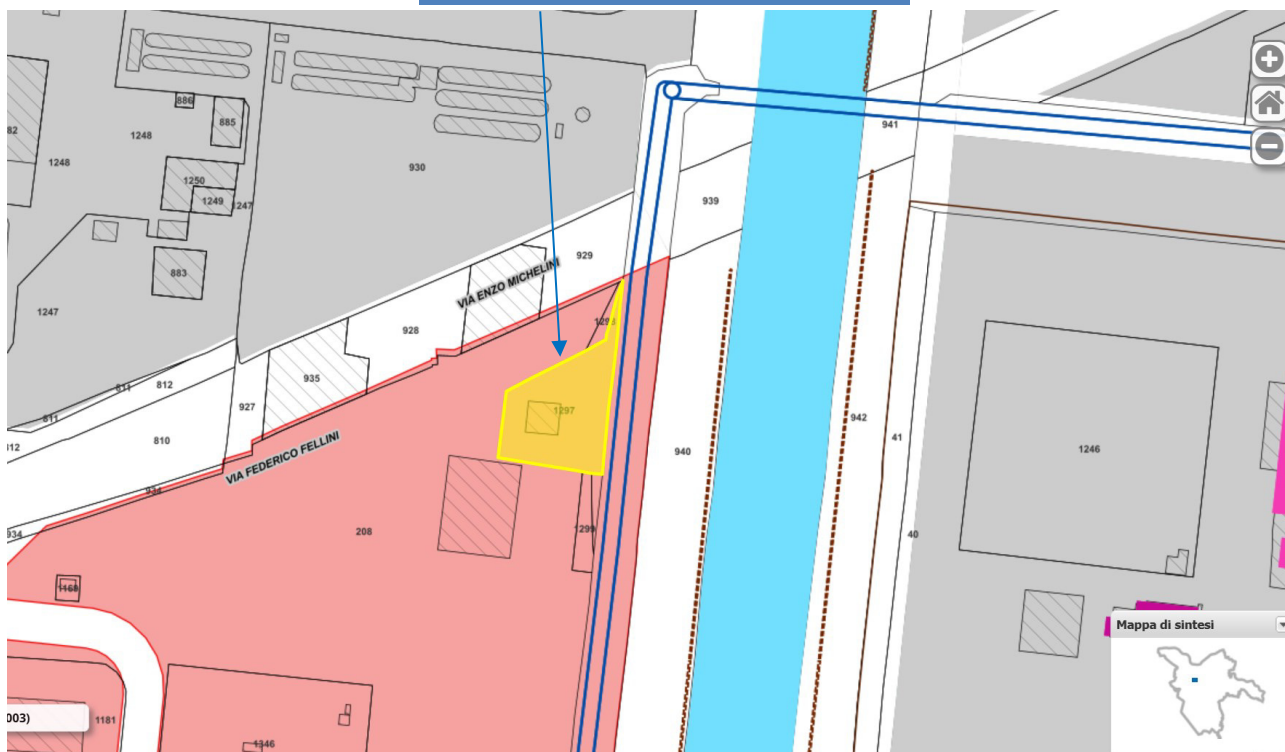
L'area è collocata in una zona facilmente raggiungibile dall'asse Autostradale A13 \ Bologna – Padova.

Il lotto in oggetto, di proprietà del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara, individuato catastalmente al foglio 101 mappale 1297, è adiacente al Canale Boicelli e confina a nord con la zona occupata dal cavalcavia di Via Michellini.

Gli strumenti urbanistici di riferimento sono:

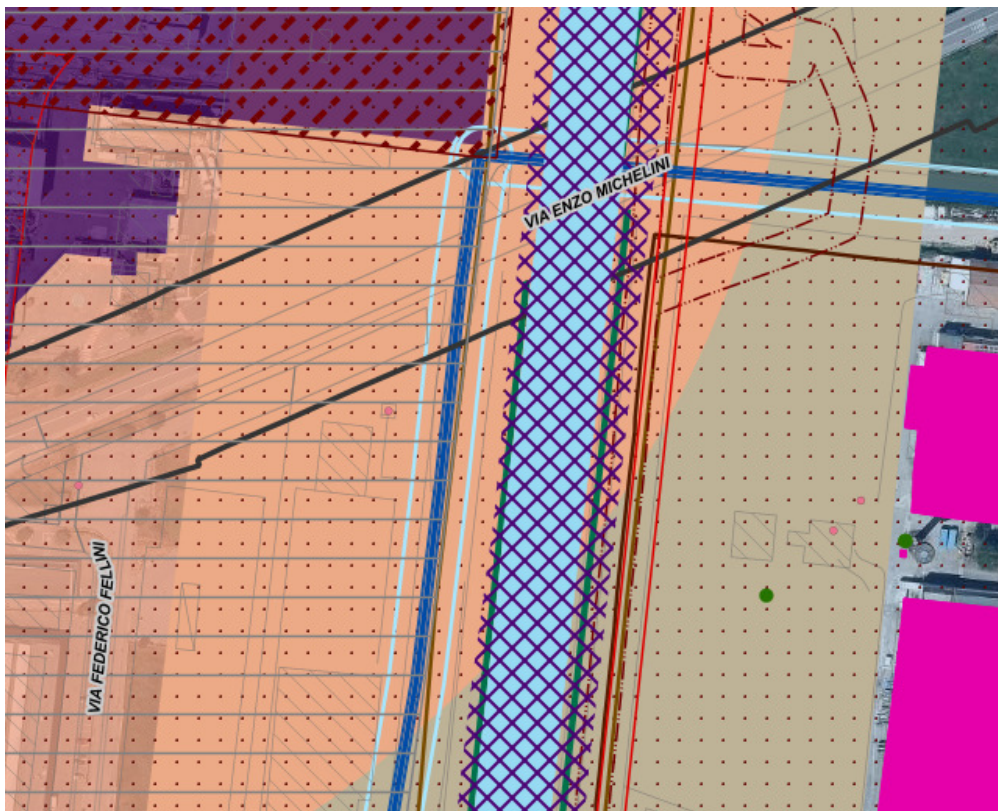
- il Piano Strutturale Comunale, entrato in vigore il 03/06/2009, data di pubblicazione sul BUR;
- Il Regolamento Urbanistico Edilizio (denominato RUE nel proseguo della trattazione) è stato definitivamente approvato dal Consiglio Comunale ed è entrato in vigore il 17/07/2013;
- Piano urbanistico generale (PUG) di Ferrara – controdeduzione alle osservazioni e adozione della proposta di piano ai sensi dell'art. 46 comma 1 della legge regionale 24/2017.

Impianto Consorzio



Stralcio catastale (foglio 101, mappale 1297 impianto consorzio, foglio 101 mappale 1391 zona arginale) con indicazione del lotto di intervento-RUE

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA (FE)	Comm. n°		Revisioni				
	Progetto	ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	CRA25003		0				
			Doc. n°		ALL. 1				
			RELAZIONE TECNICA GENERALE		Fg.	Di	Compilato	Data	
			5	29	AC	APR. 2025			



Stralcio catastale (foglio 101, mappale 1297 impianto consorzio, foglio 101 mappale 1391 zona arginale) con indicazione del lotto di intervento-PUG vigente

Nel RUE del Comune di Ferrara vigente l'area rientra come destinazione d'uso tra le aree prevalentemente terziarie (nta art. 105-2.1 RUE).

L'area rientra nella Zona Tampone del Sito Unesco (Art. 107-2.2 NTA RUE, TDV1-32 PUG)

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA (FE)	Comm. n°		Revisioni				
	Progetto	ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	CRA25003		0				
			Doc. n°		ALL. 1				
			RELAZIONE TECNICA GENERALE		Fg.	Di	Compilato	Data	
			6	29	AC	APR. 2025			

3. Descrizione dell'area di intervento

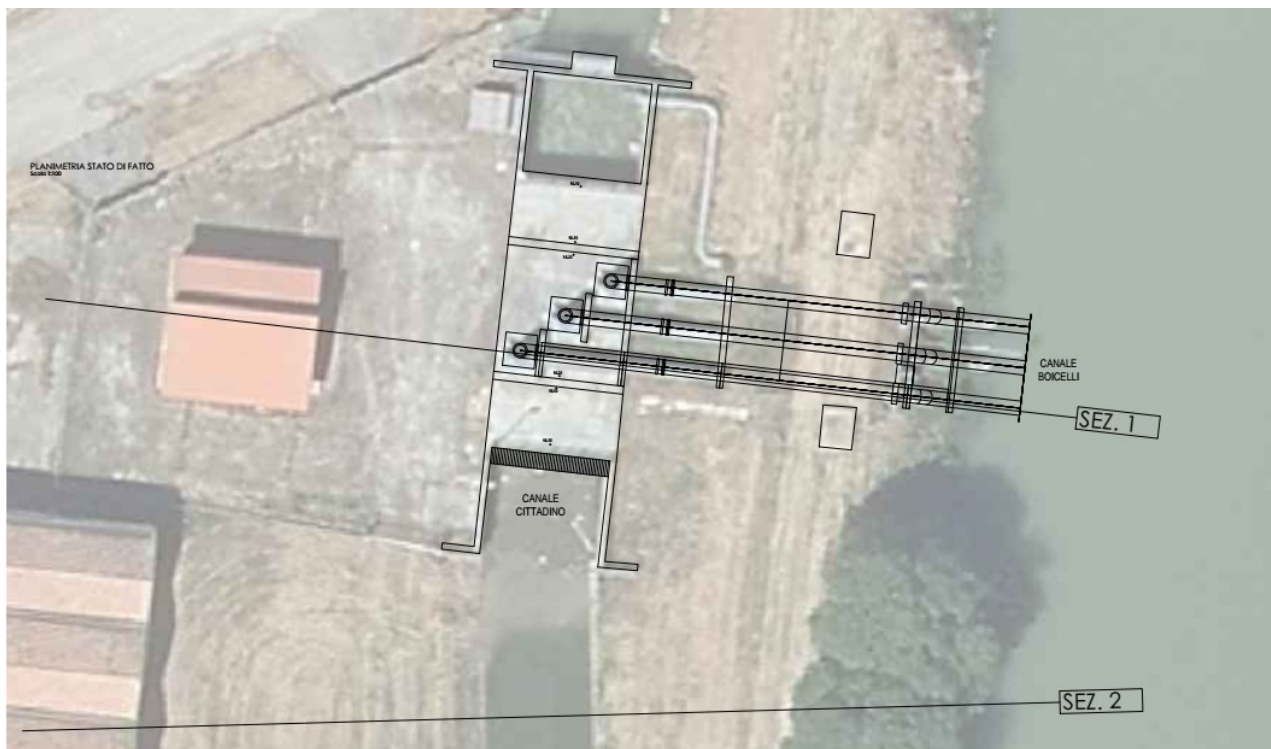
L'area oggetto dell'intervento è ubicata nel Comune di Ferrara situata tra via Michelini e il canale Boicelli, all'interno del lotto sede dell'impianto del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.



Immagine satellitare con individuazione del sito

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune FERRARA (FE)	Comm. n° CRA25003	Revisioni			
	Progetto ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	Doc. n° ALL. 1	0			
RELAZIONE TECNICA GENERALE		Fg. 7 Di 29	Compilato AC	Data APR. 2025		

Nella figura seguente è mostrata la planimetria del lotto esistente con l'indicazione degli elementi costituenti l'impianto.



Planimetria stato di fatto

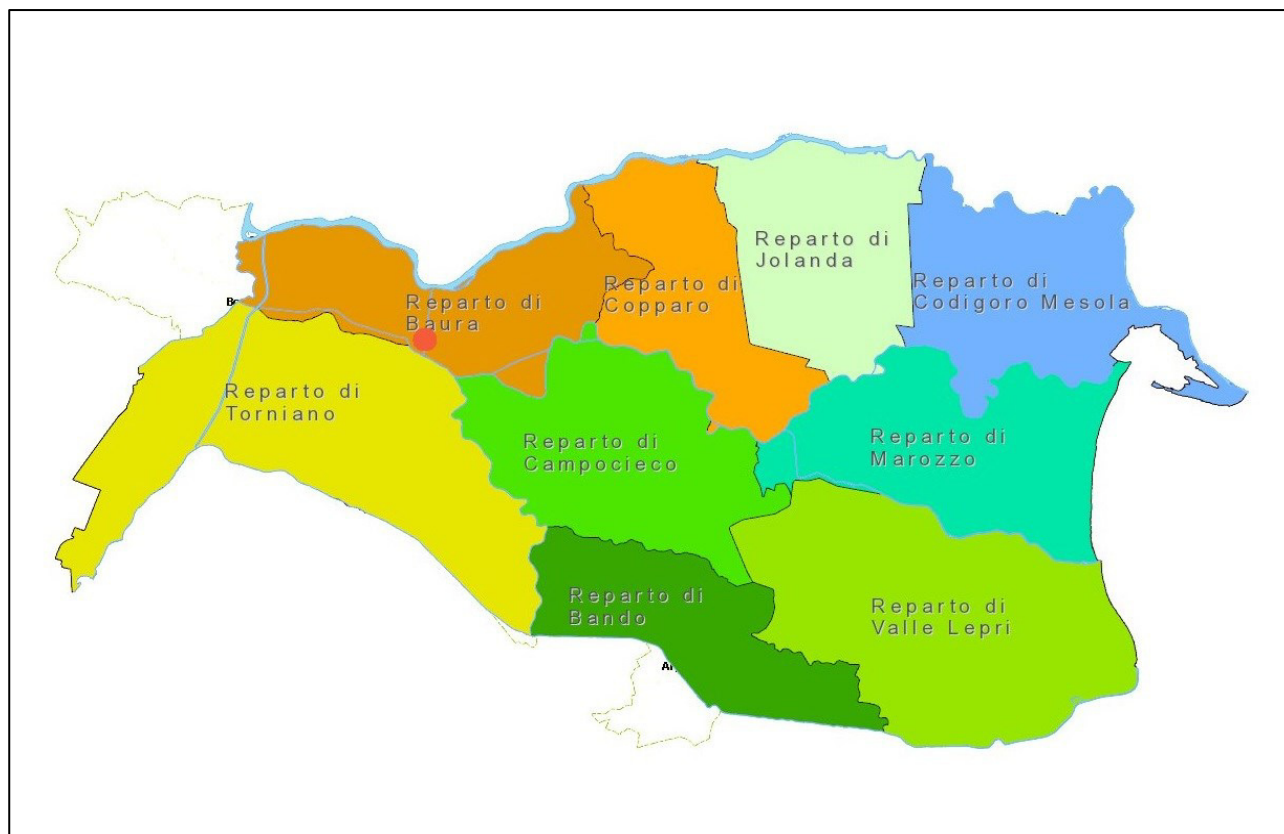
L'area oggetto di intervento è situata nell'AREA NORD del comprensorio del consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara, in ambito comunale di Ferrara, (coordinate GPS 44.852962 N, 11.596106 E).

Il comprensorio del Consorzio si estende su una superficie di 256.733 ettari compresa tra il Fiume Panaro (ovest) e il mare Adriatico (est) e tra il Po (nord) e il fiume Reno (sud).

L'intero comprensorio, sotto il profilo della gestione, è suddiviso in 9 unità territoriali o "reparti", aventi ciascuna una propria sede operativa. Ogni reparto provvede in modo autonomo alla gestione dei canali, dei manufatti e degli impianti di sollevamento nel territorio di competenza.

Gli interventi previsti nel presente progetto ricadono interamente nel reparto di Baura, facente parte del Territorio Nord del comprensorio di Bonifica del Consorzio.

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune FERRARA (FE)	Comm. n° CRA25003	Revisioni			
	Progetto ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	Doc. n° ALL. 1	0			
RELAZIONE TECNICA GENERALE		Fg. 8	Di 29	Compilato AC	Data APR. 2025	



Indicazione intervento sul comprensorio del Consorzio. In rosso l'ubicazione dell'intervento

3.1 Rilievi eseguiti ed indagini effettuate

Per le valutazioni geotecniche e sismiche riportate nella relazione geotecnica specifica si è fatto riferimento alle indagini effettuate in sito nell'ambito del progetto esecutivo. Le indagini svolte hanno interessato sia il corpo arginale sia il terreno al piede dell'argine.

Per la validazione del modello geologico e per la ricostruzione di un modello del terreno che permetta di definire al meglio la stratigrafia del sottosuolo dell'area in esame, sono state eseguite:

- una prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono **CPTU1** con rif. U72-24, spinta fino alla profondità di -40,0 m da p.c. eseguita sulla sommità dell'argine;
- una prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono sismico **SCPTU1** con rif. U72-24, spinta fino alla profondità di -35,6 m da p.c. eseguita sulla sommità dell'argine;
- una prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono sismico **SCPTU2** con rif. U72-24, spinta fino alla profondità di -19,8 m da p.c.;

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA (FE)	Comm. n°		Revisioni				
	Progetto	ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	CRA25003		0				
			Doc. n°		ALL. 1				
RELAZIONE TECNICA GENERALE			Fg.	Di	Compilato		Data		
			9	29	AC		APR. 2025		

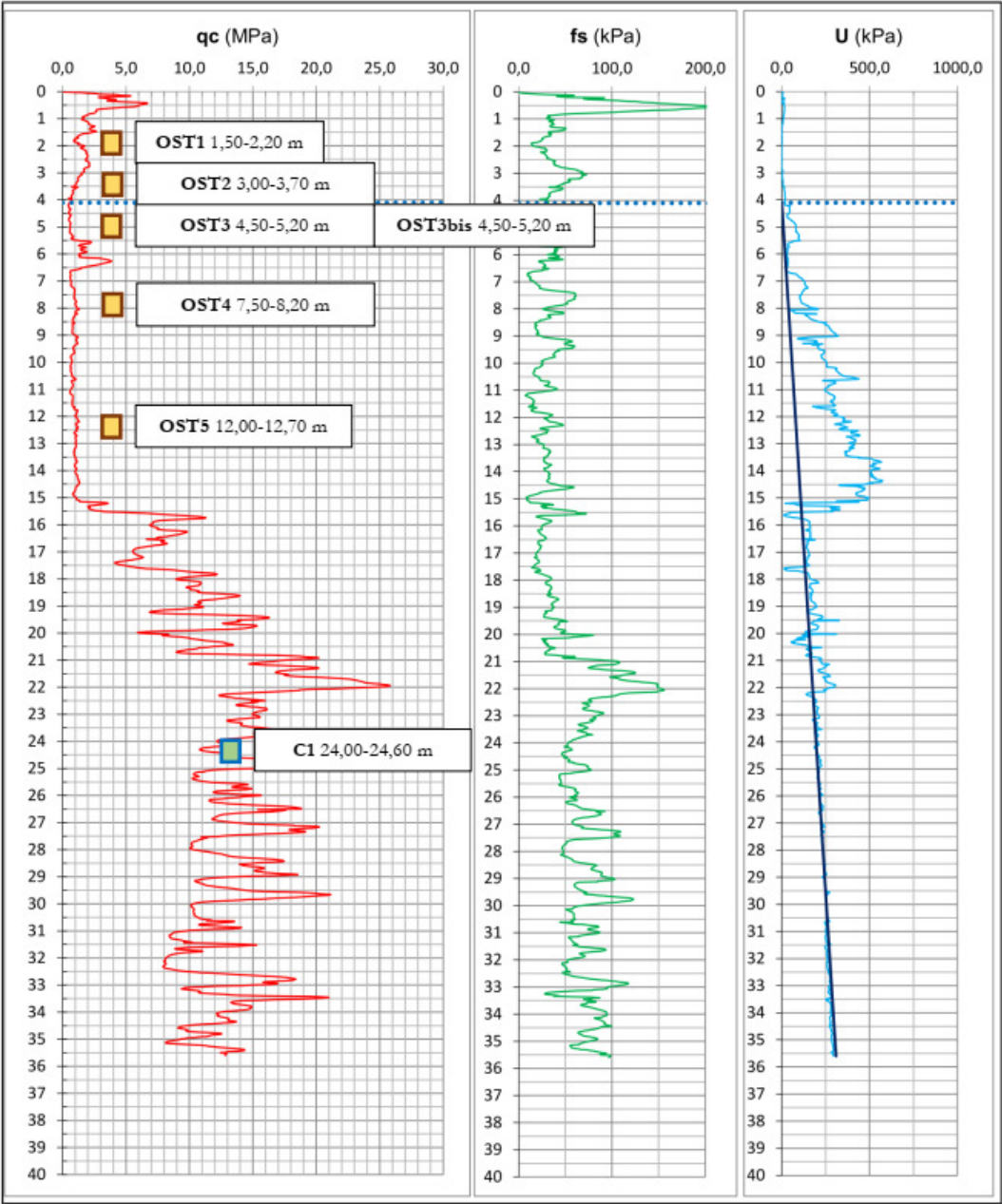
- un sondaggio geognostico a carotaggio continuo **S1**, spinto a -30,00 m da p.c. con prelievo di campioni indisturbati da sottoporre ad analisi di laboratorio geotecnico, eseguito sulla sommità dell'argine.



Ortofoto con ubicazione sondaggio e prove CPTU eseguite in sito (da Relazione Geologica Geol. T. Veronese)

Nel sito è stato realizzato un sondaggio a carotaggio continuo con il prelievo di n. 5 campioni indisturbati e n. 1 campione rimaneggiato da sottoporre a specifiche prove di laboratorio geotecnico, presso il laboratorio ISMGEO S.r.l. di Bergamo.

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA (FE)	Comm. n°		Revisioni				
	Progetto	ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	CRA25003		0				
			Doc. n°		ALL. 1				
			RELAZIONE TECNICA GENERALE		Fg.	Di	Compilato	Data	
			10	29	AC	APR. 2025			



Campioni prelevati in sito (da Relazione Geologica Geol. T. Veronese)

Sui campioni prelevati sono state eseguite le seguenti indagini di laboratorio.

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA (FE)	Comm. n°		Revisioni				
	Progetto	ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	CRA25003		0				
			Doc. n°		ALL. 1				
RELAZIONE TECNICA GENERALE			Fg.	Di	Compilato		Data		
			11	29	AC		APR. 2025		

Sondaggio	Campione	Apertura e descrizione campione	Analisi granulometrica per vagliatura	Analisi granulometrica per sedimentazione	Limite liquido e plastico	Prova di taglio diretto	Triassiale consolidata drenata CID	Triassiale consolidata non drianata CIU
S1	OST1	1	1	1	1			
S1	OST2	1	1	1	1			1
S1	OST3	1		1	1	1		
S1	OST3BIS	1	1	1	1			1
S1	OST4	1						
S1	OST5	1		1	1			1

Per la classificazione sismica del sito sono state eseguite le seguenti indagini:

- piezocono sismico SCPTU1 con rif. U72-24, spinta fino alla profondità di -35,00 m da p.c.
- indagine sismica di superficie consistente in una prova E.S.A.C. e n. 2 prove dei microtemori H.V.S.R.

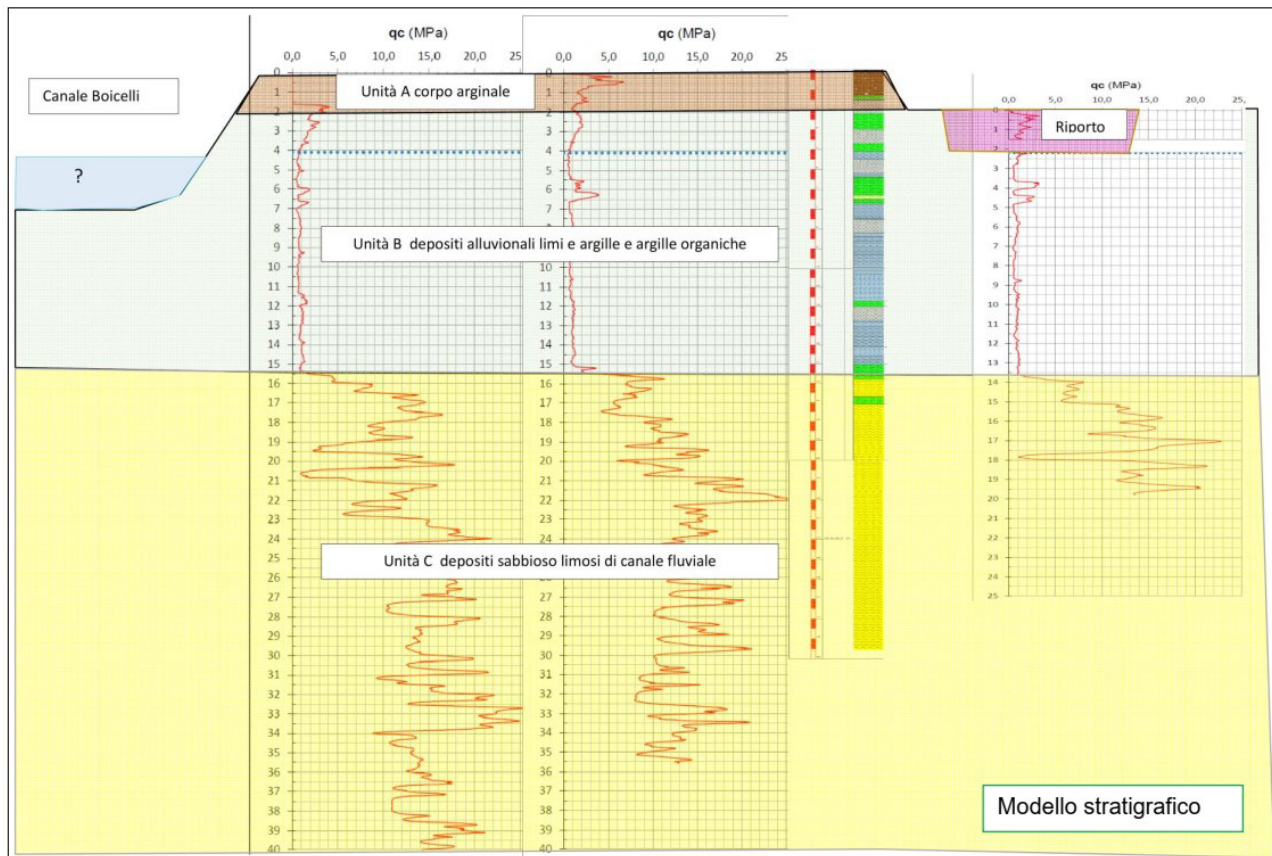


Ubicazione prove ESAC+HVSR (da Relazione Geologica Geol. T. Veronese)

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA (FE)	Comm. n°		Revisioni				
	Progetto	ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	CRA25003		0				
			Doc. n°		ALL. 1				
RELAZIONE TECNICA GENERALE			Fg.	Di	Compilato		Data		
			12	29	AC		APR. 2025		

4. Inquadramento geotecnico e sismico

Il modello stratigrafico ottenuto dalle indagini eseguite è riportato nella seguente figura.

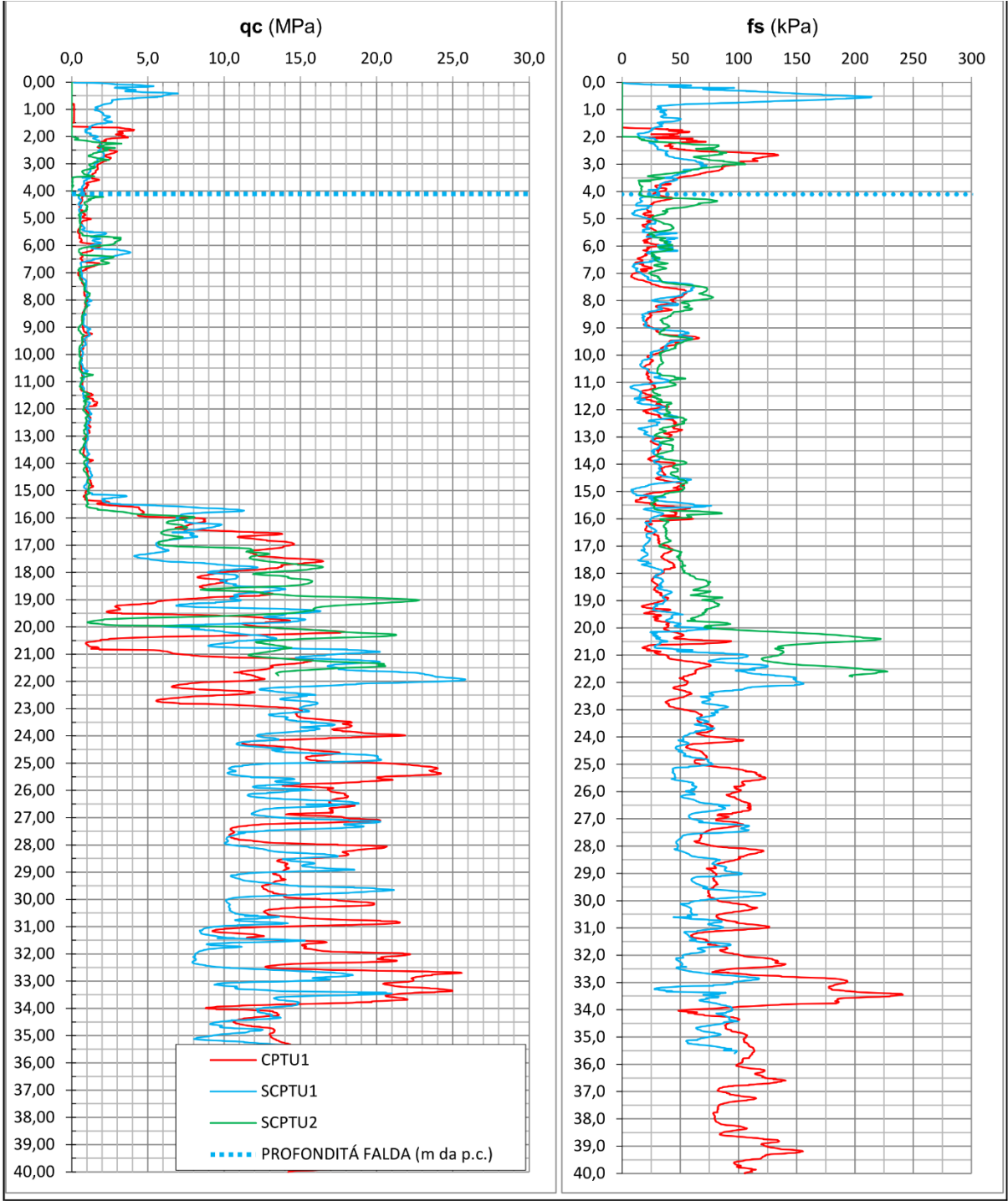


Modello stratigrafico (da Relazione Geologica Geol. T. Veronese)

La falda dalla sommità dell'argine è stata rilevata a circa 4 m di profondità.

La figura seguente mostra un confronto tra le tre verticali penetrometriche eseguite. La buona corrispondenza tra le stesse consente l'adozione di un unico profilo geotecnico di progetto.

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA (FE)	Comm. n°		Revisioni				
	Progetto	ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	CRA25003		0				
			Doc. n°						
			ALL. 1						
RELAZIONE TECNICA GENERALE			Fg.	Di	Compilato		Data		
			13	29	AC		APR. 2025		



Confronto tra i risultati delle verticali penetrometriche (da Relazione Geologica Geol. T. Veronese)

Il valore di Vs30 è stato rilevato attraverso misure dirette mediante la realizzazione di una prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono sismico SCPTU1 con rif. U72-24, spinta fino alla profondità di -35,00 m da p.c..

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA (FE)	Comm. n°		Revisioni					
	Progetto	ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	CRA25003		0					
			Doc. n°							
			ALL. 1							
RELAZIONE TECNICA GENERALE			Fg.	Di	Compilato		Data			
			14	29	AC		APR. 2025			

Il valore di V_{s30} risultante dalla lettura dei tempi di arrivo delle onde S alla profondità di 30,00 m da p.c. è di 197 m/s e quindi la Categoria di suolo di fondazione è C.

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 44,853886

longitudine: 11,597111

Classe: 4

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 15180 Lat: 44,8697 Lon: 11,5867 Distanza: 1942,136

Sito 2 ID: 15181 Lat: 44,8708 Lon: 11,6571 Distanza: 5088,070

Sito 3 ID: 15403 Lat: 44,8208 Lon: 11,6586 Distanza: 6084,225

Sito 4 ID: 15402 Lat: 44,8197 Lon: 11,5883 Distanza: 3863,751

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 100anni

Coefficiente cu: 2

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 60 [anni]

ag: 0,049 g

Fo: 2,498

Tc*: 0,278 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 101 [anni]

ag: 0,063 g

Fo: 2,512

Tc*: 0,284 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 949 [anni]

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA (FE)	Comm. n°		Revisioni				
	Progetto	ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	CRA25003		0				
			Doc. n°		ALL. 1				
			RELAZIONE TECNICA GENERALE		Fg.	Di	Compilato	Data	
			15	29	AC	APR. 2025			

ag: **0,172 g**
Fo: 2,559
Tc*: 0,280 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
 Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 1950 [anni]
ag: 0,227 g
Fo: 2,499
Tc*: 0,288 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii e fondazioni

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,600
St: 1,000
Kh: 0,015
Kv: 0,007
Amax: 0,727
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,590
St: 1,000
Kh: 0,019
Kv: 0,010
Amax: 0,934
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,440
Cc: 1,600
St: 1,000
Kh: 0,059
Kv: 0,030
Amax: **2,426 (Amax/g=0,247)**
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,360

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA (FE)	Comm. n°	Revisioni			
	Progetto	ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	CRA25003	0			
			Doc. n°	ALL. 1			
RELAZIONE TECNICA GENERALE			Fg.	Di	Compilato	Data	
			16	29	AC	APR. 2025	

Cc: 1,580
St: 1,000
Kh: 0,087
Kv: 0,043
Amax: 3,031
Beta: 0,280

Magnitudo di progetto

La zonizzazione sismica ZS9 pone come magnitudo attesa massima nella zona sismogenetica 912 il valore di $M = 6,14$. Nei tempi storici erano stati stimati eventi con magnitudo di 5,6. Durante gli eventi del maggio 2012 si sono liberate energie sismiche sulla dorsale ferrarese con magnitudo di 5,9 (che è stato stimato da Picotti, 2013, come evento con T_R di 1000 anni). Conservativamente verrà adottata per le analisi della liquefazione delle sabbie la magnitudo di 6,14.

Verifica a liquefazione

I risultati delle analisi di suscettibilità a liquefare dei terreni condotte portano ai seguenti potenziali di liquefazione

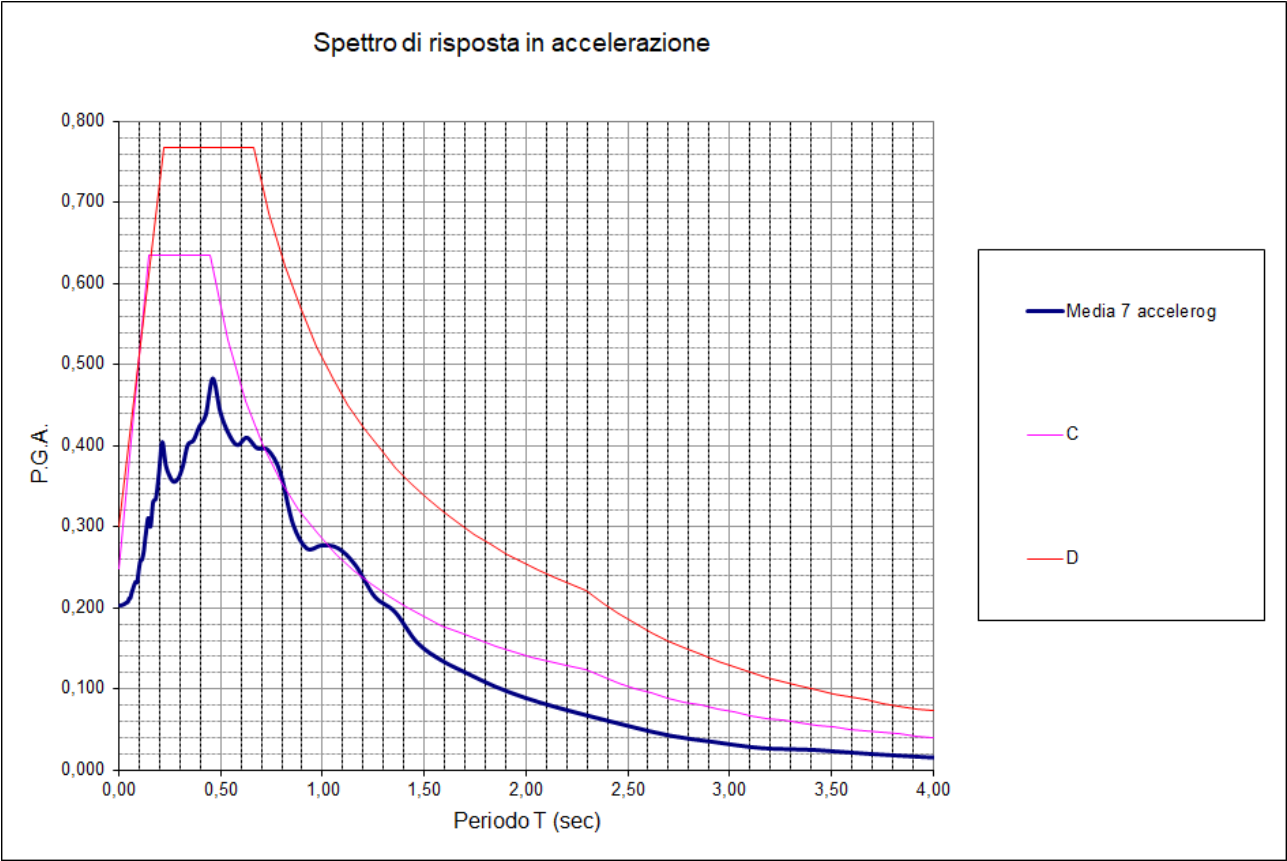
Prove	Potenziale Liquefazione I_{PL}
CPTU1	0,27
SCPTU1	0,70
SCPTU2	0,71

Indici del potenziale a liquefazione dei terreni (da Relazione Geologica Geol. T. Veronese)

Ovvero il rischio a liquefazione dei terreni è basso.

Il Geol. Veronese ha proceduto anche ad una analisi di risposta sismica locale il cui risultato in termini di spettri in accelerazione è mostrato nella seguente immagine

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA (FE)	Comm. n°		Revisioni				
	Progetto	ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	CRA25003		0				
			Doc. n°						
			ALL. 1						
RELAZIONE TECNICA GENERALE			Fg.	Di	Compilato		Data		
			17	29	AC		APR. 2025		



Risultato dell'analisi di risposta sismica locale in termini di spettri di accelerazione (da Relazione Geologica Geol. T. Veronese)

Si evince che l'adozione di uno spettro da normativa con terreno tipo C risulta una assunzione cautelativa.

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA (FE)	Comm. n°		Revisioni				
	Progetto	ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	CRA25003		0				
			Doc. n°		ALL. 1				
			RELAZIONE TECNICA GENERALE		Fg.	Di	Compilato	Data	
			18	29	AC	APR. 2025			

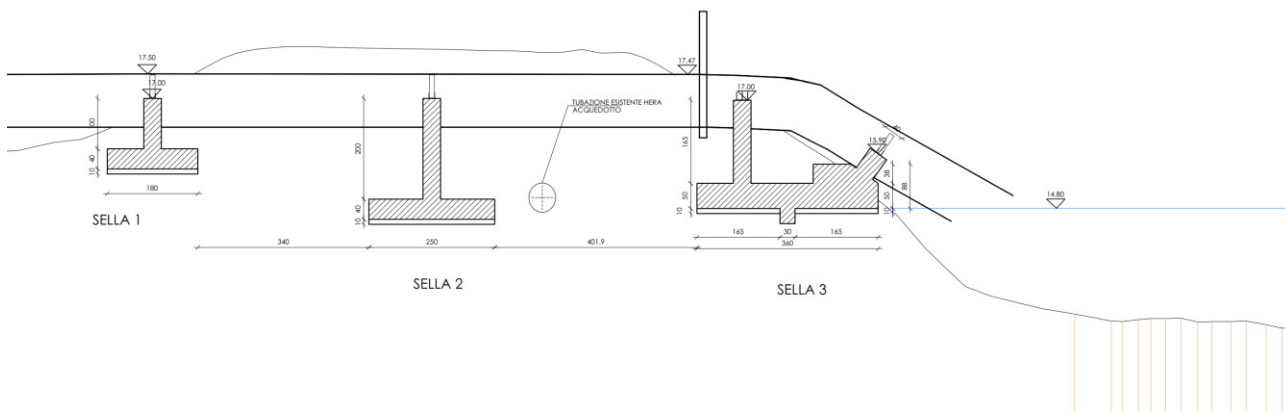
5. Descrizione degli interventi di progetto

Come accennato nei paragrafi precedenti, l'intervento ha l'obiettivo di ridare la piena funzionalità alle pompe dell'impianto, che hanno evidenziato problematiche geotecnico-strutturali legate al potenziale scivolamento delle selle di appoggio delle tubazioni di scarico dell'impianto verso il canale Boicelli. Questi movimenti determinano disalimentazioni idrauliche dell'impianto, con fermi macchina, dovuti principalmente all'interruzione della pressione idraulica di scarico per ingressi d'aria parassiti.

Il disservizio ha importanti effetti sulla regimazione idraulica del comprensorio, in quanto la portata non scaricata procede idraulicamente attraverso la botte del canale Cittadino verso il canale Gramicia con notevole impatto sulla sicurezza idraulica dell'abitato di Ferrara non permettendo un'importante modulazione idraulica delle piene.

La progettazione, nel perseguimento degli obiettivi sopra riportati, prevede quindi gli interventi di seguito elencati.

Di seguito si riporta l'immagine che rappresenta la sezione longitudinale dell'impianto e la sezione trasversale delle selle esistenti di appoggio alle tubazioni. Il disegno è riprodotto sulla base della documentazione presente negli archivi del consorzio e della documentazione di cantiere conservata.



Sezione longitudinale con individuazione delle selle di appoggio esistenti

Le selle esistenti (in c.a.) non hanno fondazioni profonde ed hanno mostrato nel tempo dei movimenti legati presumibilmente all'interazione della sponda arginale con il canale Boicelli.

L'intervento in progetto prevede pertanto un consolidamento fondazionale delle selle ricorrendo ad un ringrosso con realizzazione di un cordolo in cemento armato reso solidale alle selle esistenti mediante barre ancorate con resina epossidica.

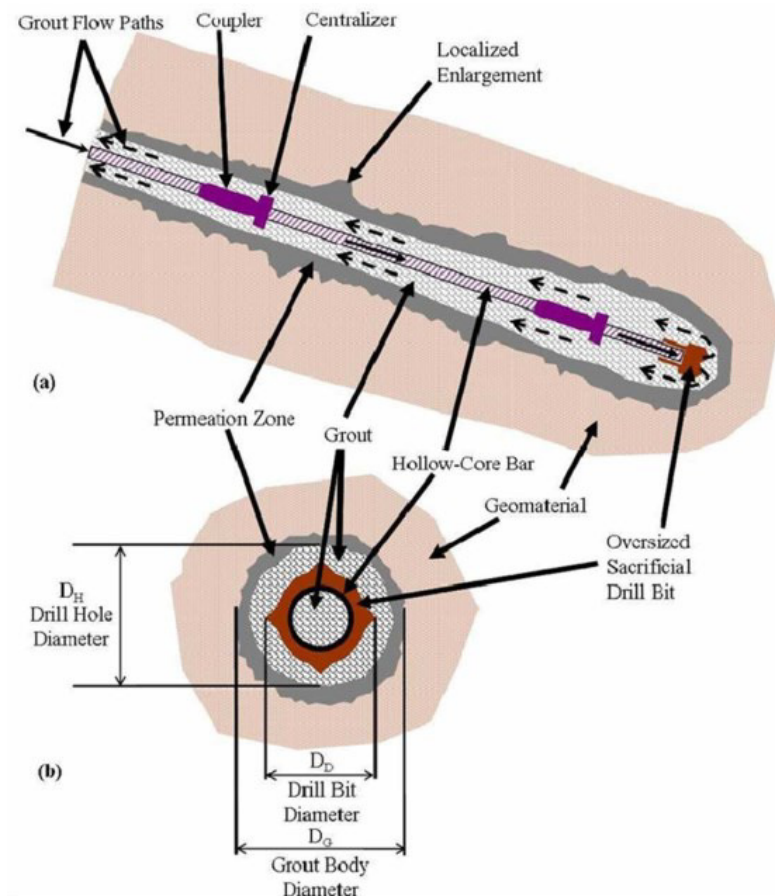
Preliminarmente si prevede di realizzare due tipologie di sottofondazione:

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA (FE)	Comm. n°		Revisioni				
	Progetto	ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	CRA25003		0				
			Doc. n°		ALL. 1				
			Fg.		Di	Compilato		Data	
RELAZIONE TECNICA GENERALE			19 29		AC		APR. 2025		

- Lungo i due lati corti delle selle utilizzando micropali ad Iniezione Globale Unica (IGU) di lunghezza pari a 15 m (dal piano di posa delle selle), con diametro reso 24 cm ed armatura costituita da tubolare metallico.
- In corrispondenza dei lati lunghi si prevede di adottare delle chiodature con barre filettate autoperforanti tipo Sirive R38 o equivalenti con diametro del bulbo pari a 15 cm e lunghezza sempre 15 m dal piano di posa delle selle.

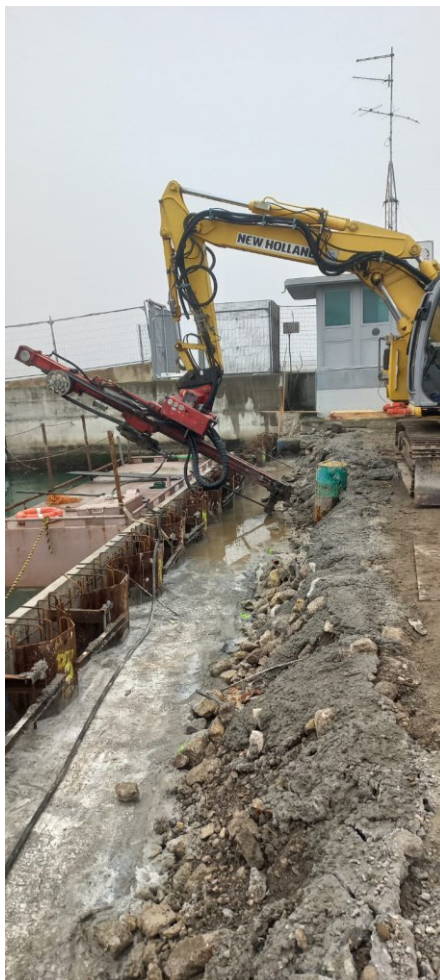
Una barra autoperforante è una barra cava filettata su tutta la sua lunghezza ricavata per rullatura a freddo da un tubo liscio ed impiegata per realizzare ancoraggi passivi. Per la sua messa in opera viene utilizzata una perforatrice a rotopercolazione esterna dove la barra autoperforante risulta anche asta di perforazione munita in testa di una punta a perdere. Come fluido di spurgo viene utilizzata una "boiacca di cemento" eseguita con iniezioni a pressioni controllate.

La barra autoperforante in acciaio è sia armatura sia elemento perforante. La barra autoperforante sostituisce i tubi di rivestimento provvisori e le aste di perforazione comunemente impiegate nelle tradizionali tecniche di installazione degli ancoraggi geotecnici.



Schema di barra autoperforante

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA (FE)	Comm. n°		Revisioni				
	Progetto	ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	CRA25003		0				
			Doc. n°						
			ALL. 1						
RELAZIONE TECNICA GENERALE			Fg.	Di	Compilato		Data		
			20	29	AC		APR. 2025		

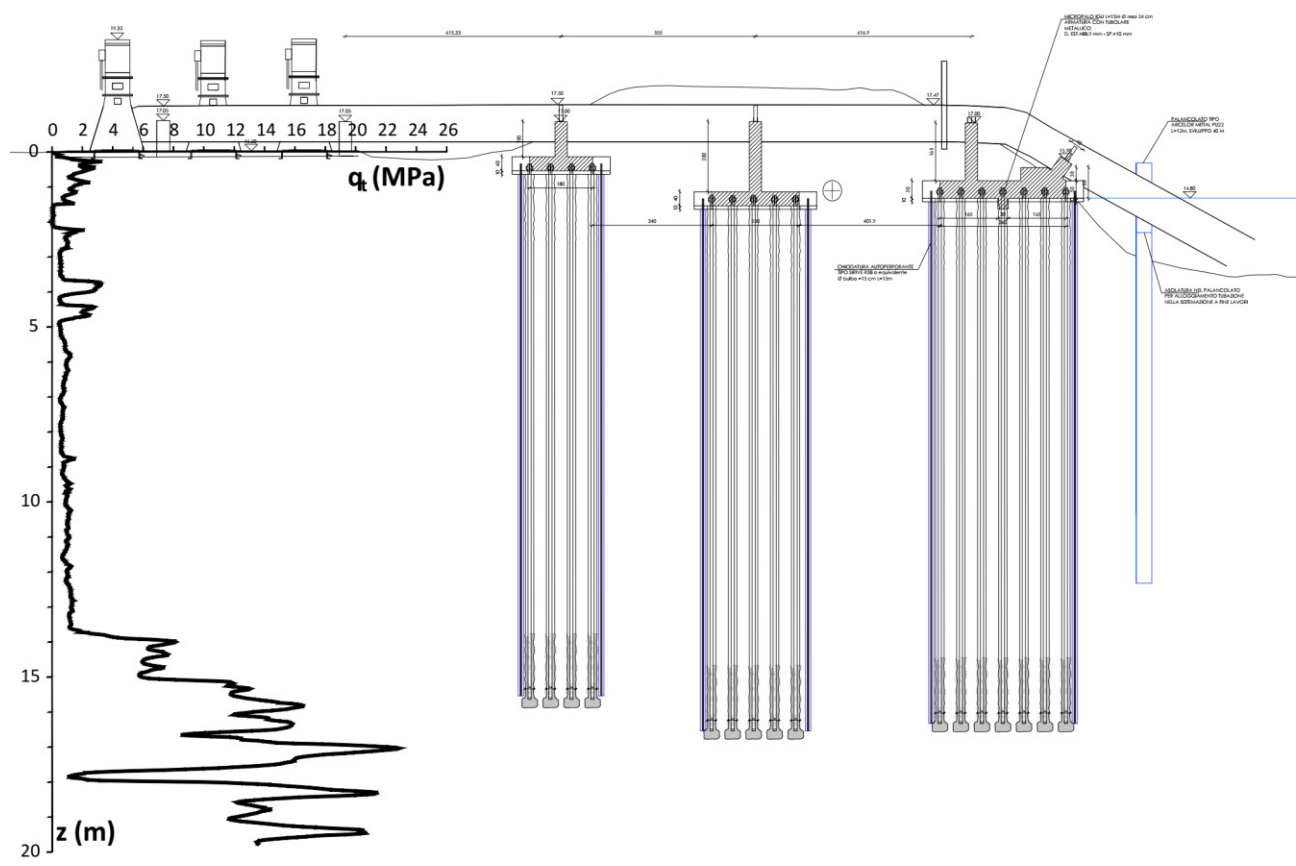


Esempio di installazione di barra autopercutante

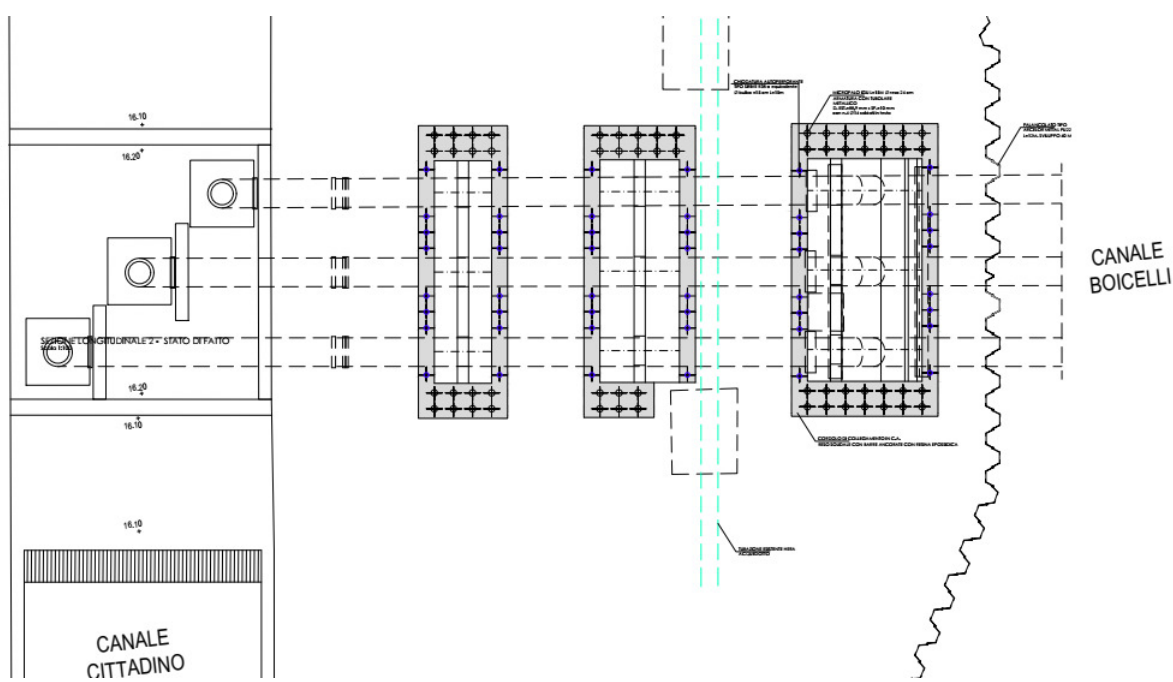
La necessità di prevedere due tipologie diverse di fondazioni profonde deriva dal fatto che in corrispondenza dei lati corti delle selle vi è lo spazio fisico per la macchina operatrice dei micropali (che hanno una resistenza e una armatura maggiore delle barre autopercutanti), mentre sui lati lunghi la presenza delle tubazioni, che non possono essere messe fuori servizio, ne impedisce l'utilizzo. Per consentire quindi anche il consolidamento sui lati lunghi delle selle si è optato per utilizzare la tecnica delle barre autopercutanti: queste vengono installate con un utensile che può essere montato alla testa di un escavatore apposito il quale rimane esterno alle tubazioni e può procedere all'installazione con l'aiuto del braccio.

La figura seguente mostra la sezione longitudinale dell'intervento con l'indicazione di una delle prove penetrometriche eseguite. Le sottofondazioni consentono di bloccare i movimenti delle selle trasferendo i carichi ai substrati sabbiosi più profondi.

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA (FE)	Comm. n°		Revisioni				
	Progetto	ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	CRA25003		0				
			Doc. n°		ALL. 1				
RELAZIONE TECNICA GENERALE			Fg. 21	Di 29	Compilato AC	Data APR. 2025			



Sezione longitudinale con individuazione dei consolidamenti delle fondazioni delle selle



Planimetria con individuazione dei consolidamenti delle fondazioni delle selle

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune FERRARA (FE)	Comm. n° CRA25003	Revisioni			
	Progetto ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	Doc. n° ALL. 1	0			
RELAZIONE TECNICA GENERALE		Fg. 22 Di 29	Compilato AC	Data APR. 2025		

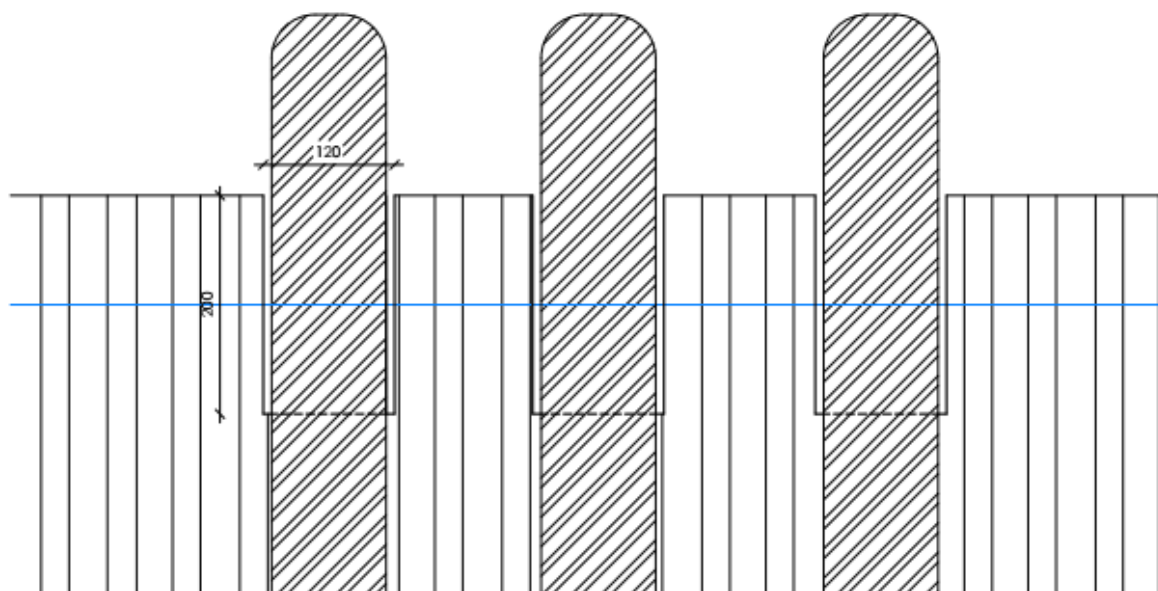
La figura precedente mostra l'individuazione in pianta dei consolidamenti previsti.

Il progetto prevede la realizzazione di un palancolato (tipo Arcelor Mittal PU18 o similare di lunghezza 12 m e sviluppo in pianta pari a circa 40m). Il palancolato serve nella fase di cantiere sia per consentire la movimentazione dei mezzi e delle maestranze, sia per proteggere dai livelli di piena nel canale Boicelli, avendo la testa prevista a +1m rispetto alla quota media di invaso pari a 14.80m.

Un'ulteriore funzione del palancolato sarà quella di fornire un appoggio provvisorio delle prolunghe alle tubazioni dell'impianto che non può essere messo fuori servizio se non per brevi periodi. Al termine dei consolidamenti fondazionali si prevede di eseguire una asolatura in testa al palancolato, in corrispondenza delle tubazioni, in modo da poter ripristinare la configurazione delle stesse ante intervento mantenendo tuttavia il palancolato in opera. A seguito delle operazioni descritte verrà poi ripristinato il corpo originale.

DETTAGLIO ASOLATURE PALANCOLATO A FINE LAVORI

Scala 1:50



Dettaglio asolature palancolato a fine lavori

Stante la natura delle opere, ovvero manufatti di appoggio di tubazione interrata, si è convenuto, di concerto con la stazione appaltante, che gli interventi possano essere considerati come privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici (Punto B.8.1 DGR 2272/2016, con similitudine riferita agli interventi A.2.4).

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA (FE)	Comm. n°		Revisioni				
	Progetto	ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	CRA25003	0					
			Doc. n°		ALL. 1				
RELAZIONE TECNICA GENERALE			Fg. 23	Di 29	Compilato AC		Data APR. 2025		

6. Quadro normativo di riferimento adottato

6.1 Quadro normativo generale

- Decreto Legislativo n°36 del 31 marzo 2023: Codice dei contratti pubblici in attuazione dell'articolo 1 della legge 21 giugno 2022, n. 78, recante delega al Governo in materia di contratti pubblici;
- Decreto Ministeriale n°256 del 23 giugno 2022: Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi;
- Decreto del Presidente della Provincia n. 102/2019: Variante agli strumenti urbanistici a seguito di accordo di programma;
- POC variante 2 di Ferrara
- D.M. Lavori Pubblici n°236 del 14/06/89 : Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visitabilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche.

6.2 Quadro normativo relativo alle strutture

- D.M. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC18)
- Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 21/01/2019 n.7 C.S.I.L.L.PP.: “istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 /01/2018”;
- DGR 20 LUGLIO 2015, n. 967 - Delibera di Giunta regionale 1261 del 25 luglio 2022;
- D.P.R. 380/2001: Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;
- AGI (2005). Linee Guida “Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica”, Patron, Bologna.
- D.G.R. 2272/2016 – Atto di indirizzo recante l'individuazione degli interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici e delle varianti in corso d'opera, riguardanti parti strutturali, che non rivestono carattere sostanziale, ai sensi dell'articolo 9, comma 4, della L.R. n°19 del 2008.

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA (FE)	Comm. n°	Revisioni			
	Progetto	ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	CRA25003	0			
			Doc. n°	ALL. 1			
RELAZIONE TECNICA GENERALE			Fg. Di	Compilato	Data		
			24 29	AC	APR. 2025		

→ **EUROCODICE 2 – progettazione delle strutture in calcestruzzo**

- UNI EN 1992-1-1: 2005 parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1992-1-2: 2005 parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio
- UNI EN 1992-2: 2006 parte 2: Ponti di calcestruzzo – progettazione e dettagli costruttivi
- UNI EN 1992-3: 2006 parte 3: Strutture di contenimento liquidi

→ **EUROCODICE 7 – progettazione geotecnica**

- UNI ENV 1997-1: 2006 Parte 1: Progettazione geotecnica – Regole generali.
- UNI ENV 1997-2: 2007 Parte 2: Progettazione geotecnica - Indagini e prove nel sottosuolo.

→ **EUROCODICE 8 – progettazione delle strutture per la resistenza sismica**

- UNI EN 1998-1: 2005 Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici
- UNI EN 1998-2: 2009 Parte 2: Ponti
- UNI EN 1998-3: 2005 Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici
- UNI EN 1998-4: 2006 Parte 4: Silos, serbatoi e condotte
- UNI EN 1998-5: 2005 Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- UNI EN 1998-6: 2005 Parte 6: Torri, pali e camini

7. Tempistica e organizzazione del cantiere

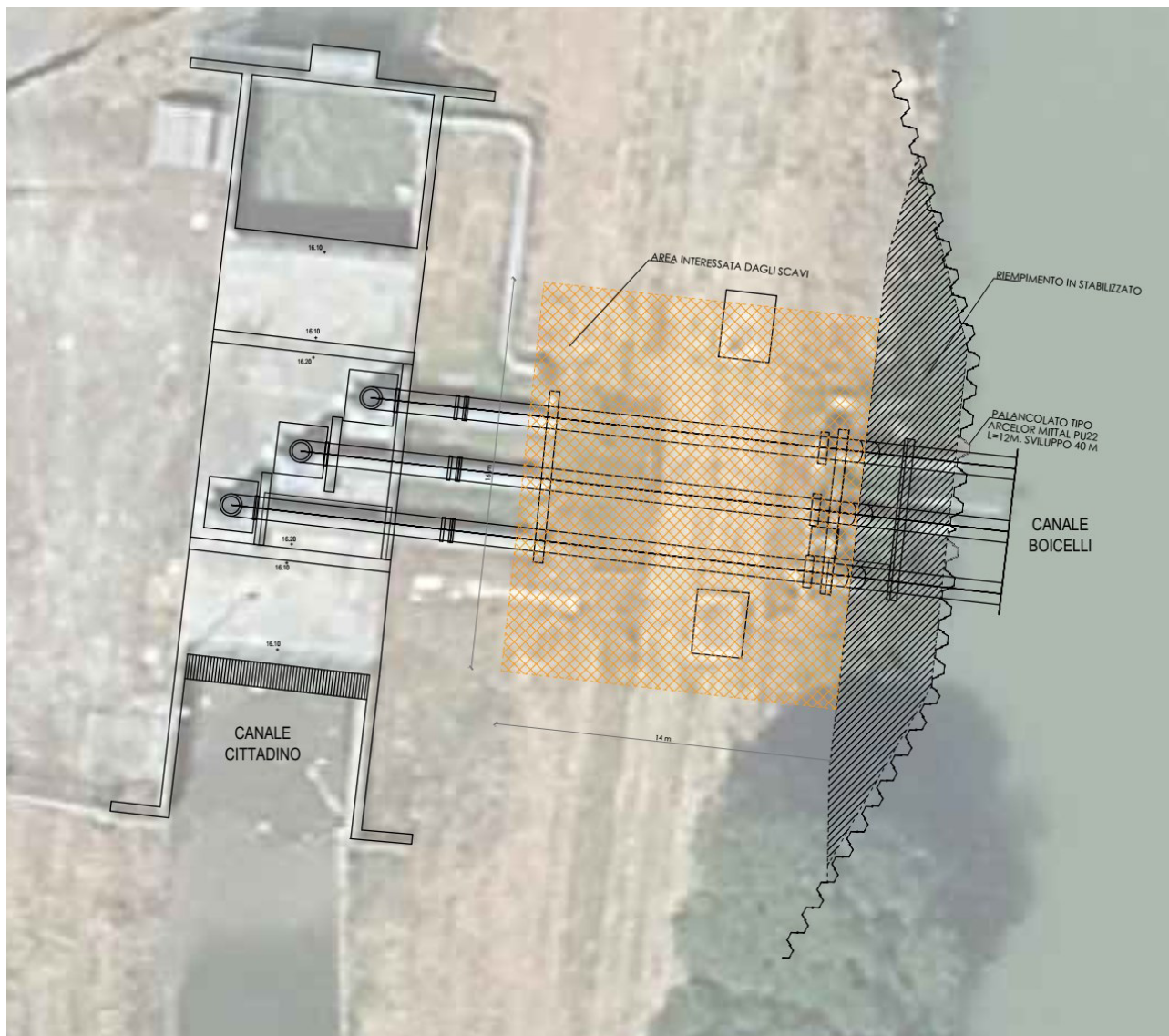
Si prevede che l'intervento venga completato in 6 mesi (180 giorni naturali e consecutivi).

Il cantiere rientra tutto all'interno dell'area recintata di proprietà del consorzio.
Gli interventi previsti saranno realizzati da terra senza l'impiego di pontoni in alveo.

Il progetto prevede l'installazione di un palancolato che in fase di cantiere funge da protezione durante le operazioni di scavo e di consolidamento delle selle esistenti (con quota testa palancolato a +1m rispetto alla quota media di invaso pari a 14.8m). In corrispondenza delle tubazioni, in testa al palancolato verrà realizzato un appoggio provvisorio su cui posizionare una prolunga temporanea delle tubazioni per consentire il mantenimento in esercizio di almeno due pompe. Una volta terminati i lavori si prevede di rimuovere le prolunghie, eliminare l'appoggio provvisorio, eseguire un'asolatura in testa alle palancole in corrispondenza delle tubazioni per permettere l'alloggiamento delle stesse

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune FERRARA (FE)	Comm. n° CRA25003	Revisioni			
	Progetto ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	Doc. n° ALL. 1	0			
RELAZIONE TECNICA GENERALE		Fg. 25	Di 29	Compilato AC	Data APR. 2025	

nella medesima posizione di partenza. Quindi viene ricostituita la porzione arginale scavata permettendo di nuovo il transito sommitale.



Individuazione planimetrica scavi e riempimenti durante il cantiere

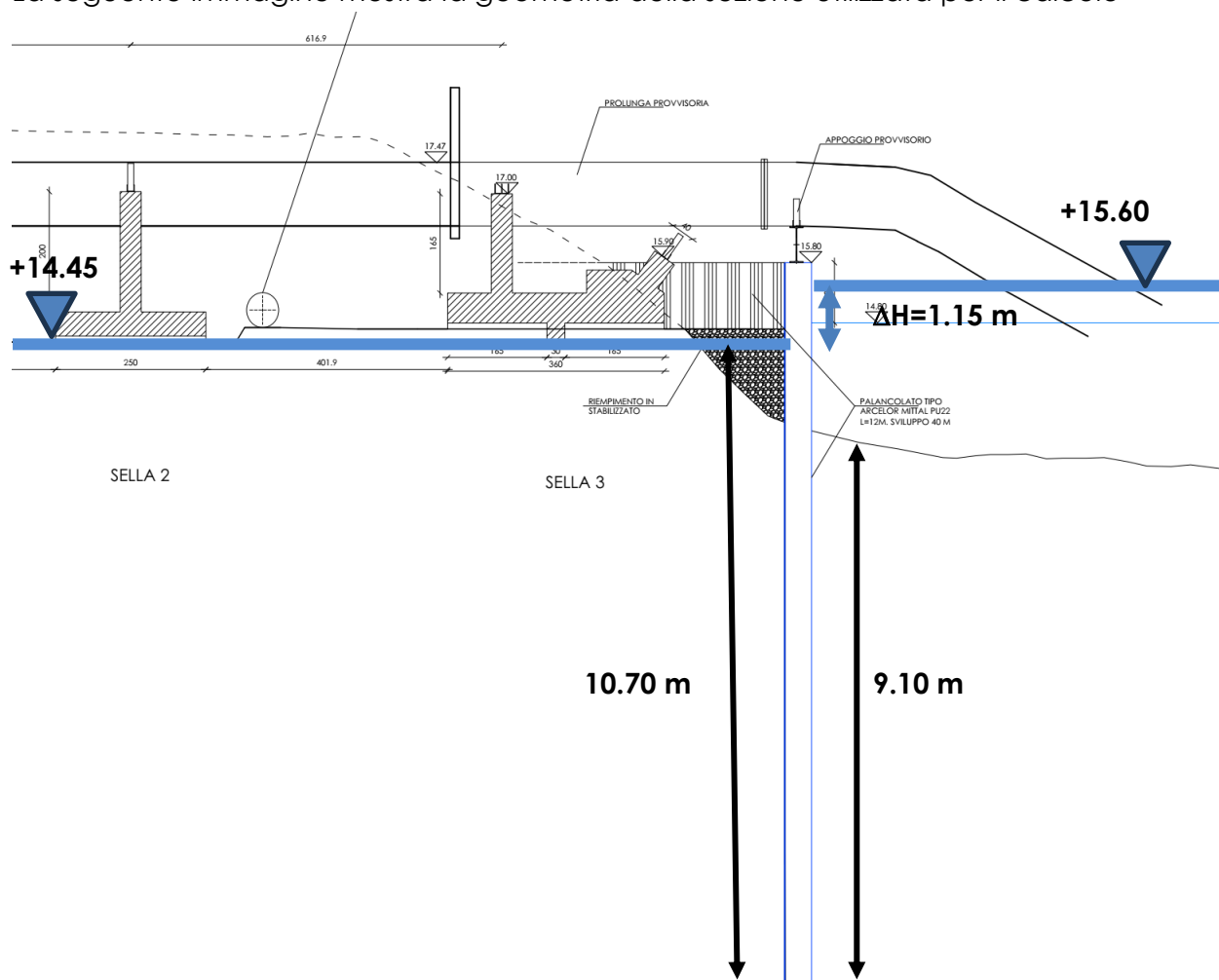
 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA (FE)	Comm. n°		Revisioni				
	Progetto	ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	CRA25003		0				
			Doc. n°		ALL. 1				
			RELAZIONE TECNICA GENERALE		Fg.	Di	Compilato	Data	
			27	29	AC	APR. 2025			

8. Verifica a sifonamento durante la fase di cantiere

Per la verifica a sifonamento durante la fase provvisoria di scavo si è valutata la condizione più sfavorevole ovvero:

- Livello pelo libero nel Boicelli a quota +15.60 (massima piena)
- Livello falda assunta cautelativamente a fondo scavo (nelle indagini è risultata in realtà 50 cm sotto il livello di fondo scavo)
- Percorso di filtrazione minimo lungo il palancolato pari a 19.8m (AB)
- Differenza di carico idraulico pari a 1.15 m (ΔH)

La seguente immagine mostra la geometria della sezione utilizzata per il calcolo



Geometria della sezione utilizzata per il calcolo delle analisi di filtrazione

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA (FE)	Comm. n°		Revisioni				
	Progetto	ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	CRA25003		0				
			Doc. n°		ALL. 1				
RELAZIONE TECNICA GENERALE			Fg.	Di	Compilato		Data		
			28	29	AC		APR. 2025		

Il gradiente idraulico critico è pari a:

$$i_c = \frac{\gamma'}{\gamma_w} = \frac{\gamma - \gamma_w}{\gamma_w}$$

Dove:

γ' = peso alleggerito per unità di volume del terreno per il quale si sta valutando il gradiente idraulico

γ_w = peso per unità di volume dell'acqua

Ovvero:

$$i_c = \frac{\gamma'}{\gamma_w} = \frac{18.5 \frac{kN}{m^3} - 9.81 \frac{kN}{m^3}}{9.81 \frac{kN}{m^3}} = 0.89$$

Il gradiente di efflusso è pari a:

$$i_e = \frac{\Delta H}{AB} = \frac{1.15}{19.8} = 0.058 \quad (1)$$

Dove:

ΔH : differenza di carico piezometrico (1.15m)

AB : percorso di filtrazione (19.8m)

Il fattore di sicurezza a sifonamento, valutato al disotto del fondo scavo, si ottiene dai seguenti rapporti:

$$FS_I = \frac{i_c}{i_e} = \frac{0.89}{0.058} = 15.3$$

Affinché sia garantito un adeguato margine di sicurezza nei confronti dei fenomeni di sifonamento, ai sensi della normativa vigente, il FS deve risultare maggiore a 2 dato che un eventuale collasso dovuto a sifonamento può manifestarsi in maniera improvvisa e senza consentire quindi adeguate misure di messa in sicurezza.

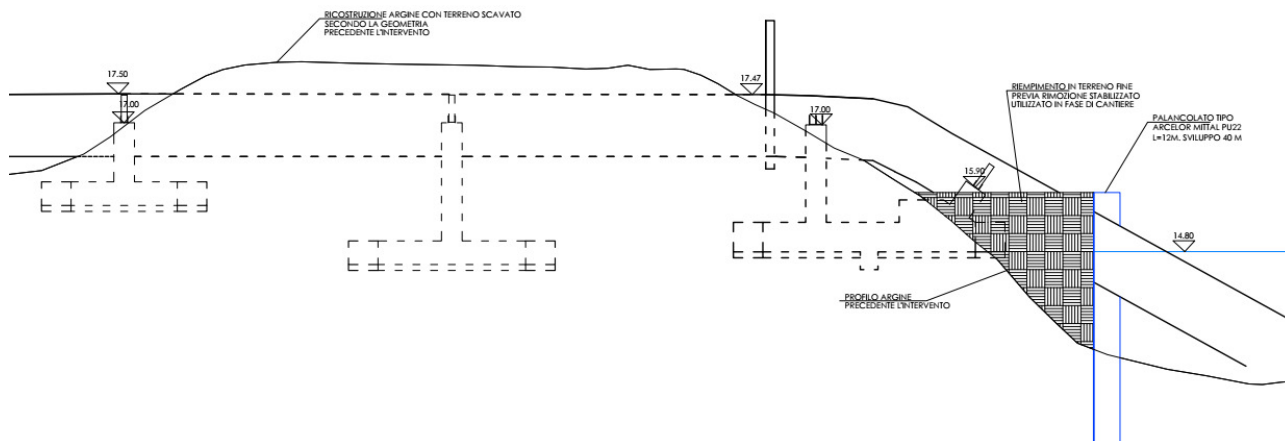
La verifica a sifonamento risulta soddisfatta con ampio margine di sicurezza.

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA (FE)	Comm. n°		Revisioni				
	Progetto	ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	CRA25003		0				
			Doc. n°		ALL. 1				
			RELAZIONE TECNICA GENERALE		Fg.	Di	Compilato	Data	
			29	29	AC	APR. 2025			

9. Configurazione a fine cantiere

A fine lavori, il riempimento tra palancoato e scarpata, sebbene la configurazione post-opera sia migliorativa rispetto allo stato attuale (la sagoma dell'argine è la medesima della configurazione originaria con in aggiunta il palancoato di protezione), a favore di sicurezza idraulica, verrà effettuato con materiale argilloso o comunque impermeabile previa asportazione del materiale riciclato utilizzato durante i lavori e necessario per l'operatività del cantiere. Tale riempimento sarà fatto fino alla testa del palancoato.

La configurazione a fine cantiere è mostrata nella figura seguente.



Geometria della sezione – configurazione a fine cantiere

Con riferimento alla transitabilità di mezzi sulla sommità arginale per eventuali operazioni di manutenzione si precisa che la configurazione a fine lavori ripristina la condizione della sommità arginale ad oggi esistente ed autorizzata, che permette già allo stato attuale il passaggio dei mezzi operativi del Consorzio per eseguire le manutenzioni delle tubazioni. Qualora ritenuto opportuno, si potrà valutare di posizionare delle piastre di ripartizione (removibili) in acciaio a protezione delle tubazioni.