



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' **AB**

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 STRUTTURALE

Data: 30.04.2025	ELABORATO: ALL.5	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	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	CRA25_003		0			
			Doc. n°		ALL.5			
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg.	Di	Compilato	Data		
			2	32	E.M.	APR.2025		

Indice

1.Illustrazione sintetica degli elementi essenziali del progetto strutturale	4
1.1. Descrizione generale della struttura, materiali e azioni agenti	4
1.1.1 Descrizione generale della struttura e degli interventi	4
1.1.2 Caratteristiche dei materiali	6
1.1.3 Definizione delle azioni	8
1.2 Quadro normativo di riferimento adottato	9
1.3.Criteri di progetto e principali risultati	9
2.Relazione di calcolo strutturale	10
2.1.Premessa	10
2.2.Analisi storico-critica ed esito del rilievo geometrico-strutturale	10
2.2.1.Analisi storico-critica	10
2.2.2.Esito del rilievo geometrico	11
2.3.Descrizione generale dell'opera e criteri di progettazione, analisi e verifica	13
2.4.Quadro normativo di riferimento adottato	14
2.4.1.Norme di riferimento cogenti	14
2.5.Livelli di conoscenza e fattori di confidenza	15
2.6.Azioni di progetto sulla costruzione	15
2.7.Valutazione della Sicurezza	18
2.8.Modello numerico	18
2.9.Principali risultati	19
2.10.Verifiche agli stati limite	19
2.11.Verifiche locali	19
2.11.1. Verifica barre di collegamento cordolo-selle	19
2.11.2. Verifica micropali	21
2.11.3. Verifica a sifonamento durante la fase di cantiere	22
3.Relazione sui materiali	24
3.1.Elenco dei materiali impiegati e loro modalità di posa in opera	24
3.1.1. Calcestruzzo opere di fondazione	24
3.1.2. Acciaio per strutture in c.a.	25
3.1.3. Acciaio per carpenteria metallica	25
3.2.Valori di calcolo	25
3.2.1. Calcestruzzo opere di fondazione	25
3.2.2. Acciaio per strutture in c.a.	26
3.2.3.Acciaio per carpenterie metalliche	26
4.Elaborati grafici esecutivi e particolari costruttivi	27
4.1.Rilievo geometrico strutturale	27
4.2.Documentazione fotografica	27
4.3.Elaborati grafici generali	28
4.4.Particolari costruttivi	28
5.Piano di manutenzione della parte strutturale dell'opera	29
5.1.Premessa	29
5.2.Manuale d'uso	29
5.3.Manuale di manutenzione	30
6.Relazione sui risultati sperimentali – indagini specialistiche	32

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003		0				
			Doc. n°		ALL.5				
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg.	Di	Compilato		Data		
			3	32	E.M.		APR.2025		

- 6.1. Relazione geologica: indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito32
- 6.2. Relazione geotecnica: indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo del terreno.....32

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003	0			
			Doc. n°	ALL.5			
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg.	Di	Compilato	Data	
			4	32	E.M.	APR.2025	

1.Illustrazione sintetica degli elementi essenziali del progetto strutturale

1.1. Descrizione generale della struttura, materiali e azioni agenti

1.1.1 Descrizione generale della struttura e degli interventi

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.



Vista satellitare

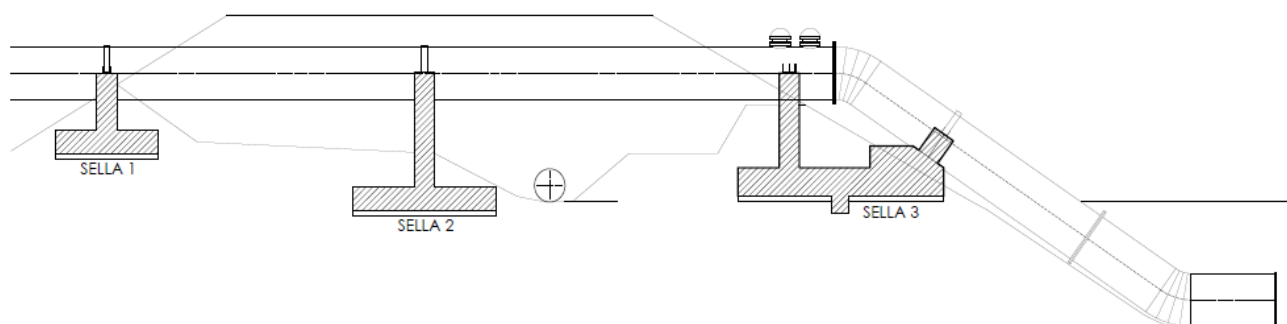
L'intervento ha l'obiettivo di ridare la piena funzionalità alle pompe dell'impianto, che hanno evidenziato problematiche geotecnico-strutturali legate al potenziale scivolamento delle selle di appoggio delle tubazioni di scarico dell'impianto verso il canale Boicelli. Questi movimenti determinano disalimentazioni idrauliche dell'impianto, con fermi macchina, dovute 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.

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003	0			
			Doc. n°	ALL.5			
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg.	Di	Compilato	Data	
			5	32	E.M.	APR.2025	

Le selle esistenti da consolidare sono realizzate in c.a., non hanno fondazioni profonde e hanno mostrato nel tempo dei movimenti legati presumibilmente all'interazione della sponda arginale con il canale Boicelli.

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

L'intervento in progetto prevede pertanto un consolidamento fondazionale realizzato con l'esecuzione di fondazioni profonde, quali micropali e chiodature auto-perforanti, sul perimetro delle selle esistenti e rese collaboranti alle stesse ricorrendo alla realizzazione di un cordolo in cemento armato di coronamento collegato mediante barre ancorate con resina epossidica. Le tipologie di fondazione profonda da realizzare sono due:

- Lungo i due lati corti (dove non vi è passaggio di tubazioni) è previsto l'inserimento di 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 saranno previste delle chiodature con barre filettate auto perforanti tipo Sirive R38 o equivalenti con diametro del bulbo pari a 15 cm e lunghezza sempre 15 m dal piano di posa delle selle.

Inoltre, il progetto prevede la realizzazione di un palancolato (tipo Arcelor Mittal PU18), per permettere, durante la fase di cantiere, la movimentazione dei mezzi, delle maestranze e per proteggere dai livelli di piena del canale Boicelli (avendo previsto la testa a +1 m rispetto alla quota media di invaso del canale).

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003	0			
			Doc. n°	ALL.5			
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg.	Di	Compilato	Data	
			6	32	E.M.	APR.2025	

Un'ulteriore funzione del palancoolato 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 palancoolato, in corrispondenza delle tubazioni, in modo da poter ripristinare la configurazione delle stesse ante intervento mantenendo tuttavia il palancoolato in opera. A seguito delle operazioni descritte verrà poi ripristinato il corpo arginale.

Per una maggiore chiarezza dell'intervento si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

Si ritiene che gli interventi descritti possano essere considerati come non rilevanti per la pubblica incolumità ai fini sismici, in quanto ricadenti nel punto e B.8.1 dell'allegato 1 alla D.G.R. 2272/2016, che riporta quanto segue:

- Manufatti ed elementi assimilabili → Punto B.8.1. *"Altri interventi di cui sia dimostrata l'assimilabilità e analogia, per tipologia costruttiva e materiali, a quelli descritti nelle precedenti voci, purché siano rispettati i limiti dimensionali e di peso indicati nelle voci prese a riferimento."*

Assimilabili quindi al punto A.2.4 dell'allegato 1 alla D.G.R. 2272/2016. Di seguito riportato:

- Opere di sostegno con fondazione diretta e opere idrauliche → Punto A.2.4. *"Piccoli attraversamenti, tombinamenti su fossi, fognature compresi i pozzetti di ispezione, condotte interrate, realizzati con manufatti scatolari aventi dimensioni nette interne (larghezza e altezza o diametro in caso di sezioni circolari) $\leq 2,50$ m."*

1.1.2 Caratteristiche dei materiali

Materiali esistenti (reperiti dagli elaborati originali)

- Calcestruzzo selle esistenti C25/30

Tipo di calcestruzzo	=	C25/30
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck} =	30 N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck} =	25 N/mm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ_c =	1,5
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd} =	14,17 N/mm ²

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003		0				
			Doc. n°		ALL.5				
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg.	Di	Compilato		Data		
			7	32	E.M.		APR.2025		

- Acciaio per strutture in c.a.

Tipo di acciaio	=	Feb44k	
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	=	430 N/mm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ_s	=	1,15
Tensione di snervamento di progetto	f_{yd}	=	373,9 N/mm ²

In relazione ai materiali usati per gli interventi si ha:

- Calcestruzzo C25/30

Tipo di calcestruzzo	=	C25/30	
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	=	30 N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	=	25 N/mm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ_c	=	1,5
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	=	14,17 N/mm ²

- Acciaio per strutture in c.a.

Tipo di acciaio	=	B450C	
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	=	450 N/mm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ_s	=	1,15
Tensione di snervamento di progetto	f_{yd}	=	391 N/mm ²

- Acciaio da carpenteria

Tipo di acciaio	=	S275	
Modulo elastico	E	=	210000 N/mm ²
Densità	ρ	=	7850 kg/m ³
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	=	275 N/mm ²
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	=	430 N/mm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ_M	=	1,05
Tensione di snervamento di progetto	f_{yd}	=	261,9 N/mm ²

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003	0			
			Doc. n°	ALL.5			
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg.	Di	Compilato	Data	
			8	32	E.M.	APR.2025	

1.1.3 Definizione delle azioni

Azione sismica:

I parametri di progetto per la definizione dell'azione sismica di base sono i seguenti:

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

	SL0	SLD	SLV	SLC
Probabilità di superamento (%):	81	63	10	5
Tr (anni):	60	101	949	1950
ag:	0,049 g	0,063 g	0,172 g	0,227 g
Fo:	2,498	2,512	2,559	2,499
Tc* (s):	0,278	0,284	0,280	0,288
Coefficienti Sismici				
Ss:	1,50	1,50	1,44	1,36
Cc:	1,60	1,59	1,60	1,58
St:	1,00	1,00	1,00	1,00

Nel caso in cui la caratterizzazione stocastica dell'azione considerata non sia disponibile, si può assumere il valore nominale. Nel seguito sono indicati con pedice k i valori caratteristici; senza pedice k i valori nominali.

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003	0			
			Doc. n°	ALL.5			
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg.	Di	Compilato	Data	
			9	32	E.M.	APR.2025	

Per quanto riguarda la combinazione delle azioni si avrà (NTC 2018):

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
[2.5.1]
- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
[2.5.2]
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
[2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
[2.5.4]
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
[2.5.5]
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
[2.5.6]

Nelle combinazioni si intende che vengano omissi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

1.2 Quadro normativo di riferimento adottato

1. D.M. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC18)”;
2. Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 21 gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. Istruzioni per l'applicazione delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”;
3. 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.

1.3.Criteri di progetto e principali risultati

Gli interventi descritti si ritiene possano essere considerati come non rilevanti per la pubblica incolumità ai fini sismici, in quanto ricadenti nel punto e B.8.1 dell'allegato 1 alla D.G.R. 2272/2016, assimilabili quindi al punto A.2.4 dell'allegato 1 alla D.G.R. 2272/2016. Non si sono eseguite analisi globali, ma si è eseguita la verifica delle nuove fondazioni profonde riportata nella relazione geotecnica di progetto.

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003	0			
			Doc. n°	ALL.5			
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg.	Di	Compilato	Data	
			10	32	E.M.	APR.2025	

2.Relazione di calcolo strutturale

2.1.Premessa

Nel presente capitolo si sviluppa il percorso progettuale che ha portato al dimensionamento degli interventi previsti descritti nel capitolo precedente.

2.2.Analisi storico-critica ed esito del rilievo geometrico-strutturale

2.2.1.Analisi storico-critica

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.



Vista satellitare

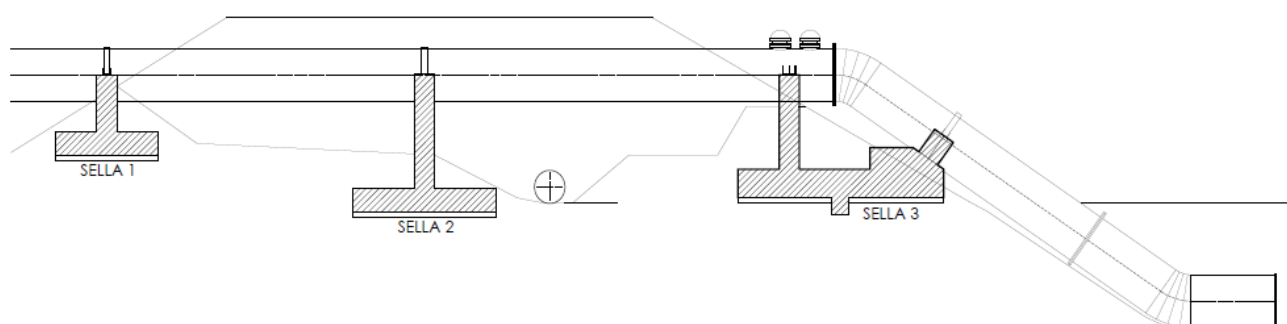
L'intervento ha l'obiettivo di ridare la piena funzionalità alle pompe dell'impianto, che hanno evidenziato problematiche geotecnico-strutturali legate al potenziale scivolamento delle selle di appoggio delle tubazioni di scarico dell'impianto verso il canale Boicelli. Questi movimenti determinano disalimentazioni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

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003	0			
			Doc. n°	ALL.5			
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg. 11	Di 32	Compilato E.M.	Data APR.2025	

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.

Le selle esistenti da consolidare sono realizzate in c.a., non hanno fondazioni profonde e hanno mostrato nel tempo dei movimenti legati presumibilmente all'interazione della sponda arginale con il canale Boicelli.

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.

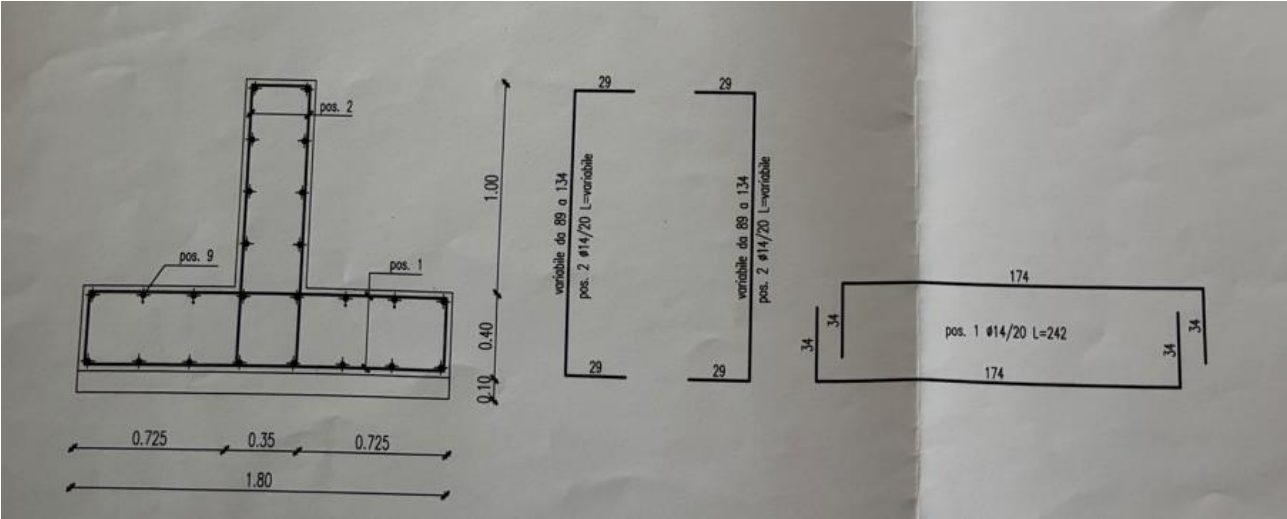


Individuazione selle

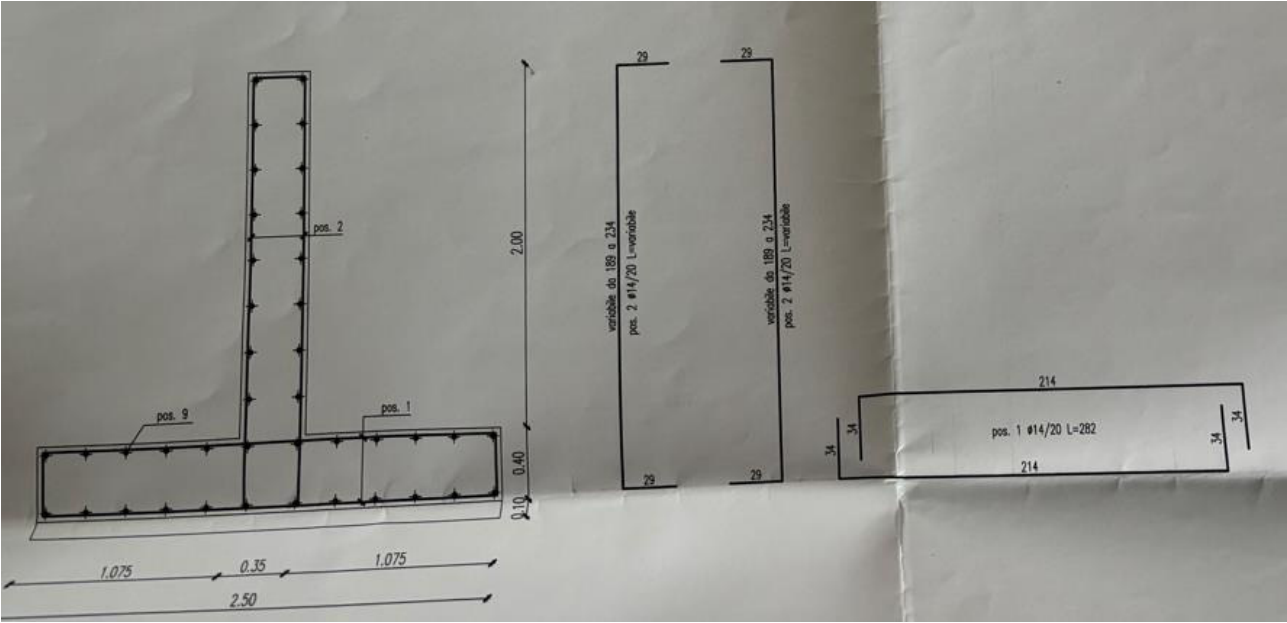
2.2.2. Esito del rilievo geometrico

Sulla base della documentazione presente negli archivi del consorzio e della documentazione di cantiere conservata si sono consultate le dimensioni geometriche delle selle e le relative armature presenti. Di seguito si riportano le immagini che raffigurano la geometria e l'armatura delle tre selle esistenti.

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003		0				
			Doc. n°						
			ALL.5						
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg.	Di	Compilato		Data		
			12	32	E.M.		APR.2025		

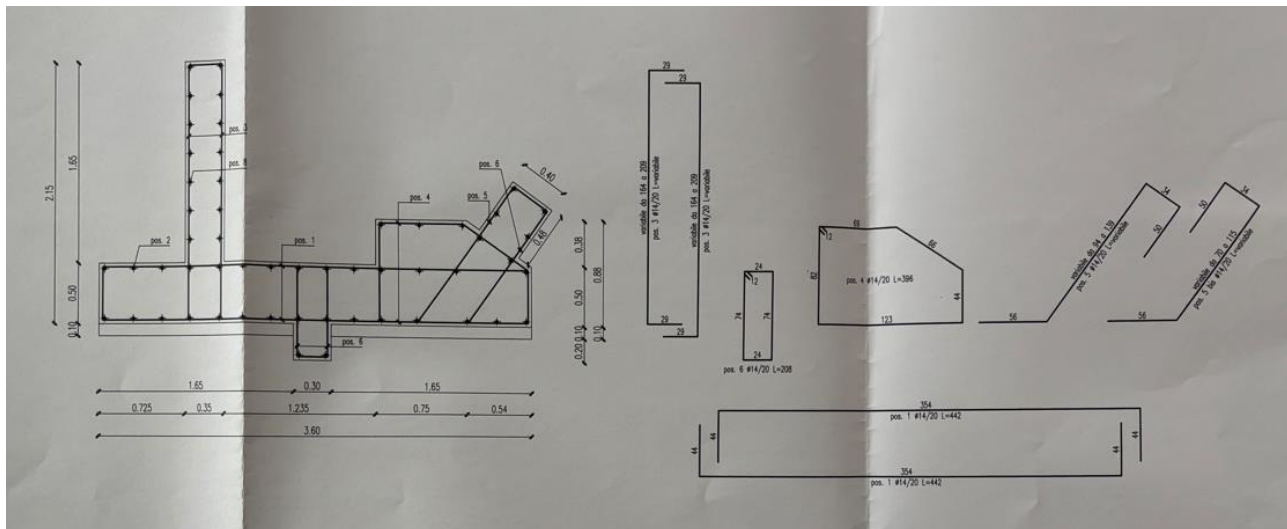


Armatura e geometria sella 1



Armatura e geometria sella 2

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune FERRARA	Comm. n° CRA25_003	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.5	0			
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI		Fg. 13	Di 32	Compilato E.M.	Data APR.2025	



Armatura e geometria sella 3

2.3. Descrizione generale dell'opera e criteri di progettazione, analisi e verifica

L'intervento in progetto prevede pertanto un consolidamento fondazionale realizzato con l'esecuzione di fondazioni profonde, quali micropali e chiodature auto-perforanti, sul perimetro delle selle esistenti e rese collaboranti alle stesse ricorrendo alla realizzazione di un cordolo in cemento armato di coronamento collegato mediante barre ancorate con resina epossidica. Le tipologie di fondazione profonda da realizzare sono due:

- Lungo i due lati corti (dove non vi è passaggio di tubazioni) è previsto l'inserimento di 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 saranno previste delle chiodature con barre filettate auto perforanti tipo Sirive R38 o equivalenti con diametro del bulbo pari a 15 cm e lunghezza sempre 15 m dal piano di posa delle selle.

Inoltre, il progetto prevede la realizzazione di un palancolato (tipo Arcelor Mittal PU18), per permettere, durante la fase di cantiere, la movimentazione dei mezzi, delle maestranze e per proteggere dai livelli di piena del canale Boicelli (avendo previsto la testa a +1 m rispetto alla quota media di invaso del canale).

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

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003	0			
			Doc. n°	ALL.5			
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg.	Di	Compilato	Data	
			14	32	E.M.	APR.2025	

ripristinare la configurazione delle stesse ante intervento mantenendo tuttavia il palancolato in opera. A seguito delle operazioni descritte verrà poi ripristinato il corpo arginale.

Per una maggiore chiarezza dell'intervento si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

Si ritiene che gli interventi descritti possano essere considerati come non rilevanti per la pubblica incolumità ai fini sismici, in quanto ricadenti nel punto e B.8.1 dell'allegato 1 alla D.G.R. 2272/2016, che riporta quanto segue:

- Manufatti ed elementi assimilabili → Punto B.8.1. *“Altri interventi di cui sia dimostrata l'assimilabilità e analogia, per tipologia costruttiva e materiali, a quelli descritti nelle precedenti voci, purché siano rispettati i limiti dimensionali e di peso indicati nelle voci prese a riferimento.”;*

Assimilabili quindi al punto A.2.4 dell'allegato 1 alla D.G.R. 2272/2016. Di seguito riportato:

- Opere di sostegno con fondazione diretta e opere idrauliche → Punto A.2.4. *“Piccoli attraversamenti, tombinamenti su fossi, fognature compresi i pozzetti di ispezione, condotte interrate, realizzati con manufatti scatolari aventi dimensioni nette interne (larghezza e altezza o diametro in caso di sezioni circolari) $\leq 2,50$ m.”;*

2.4. Quadro normativo di riferimento adottato

2.4.1. Norme di riferimento cogenti

1. D.M. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC18)”;
2. Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 21 gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. Istruzioni per l'applicazione delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”.
3. 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	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	CRA25_003	0			
			Doc. n°	ALL.5			
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg. 15	Di 32	Compilato E.M.	Data APR.2025	

2.5. Livelli di conoscenza e fattori di confidenza

Il livello di conoscenza per l'unità strutturale secondo la classificazione della Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 21 gennaio 2019 n. 7, risulta essere LC1.

essendo stato effettuato il rilievo ed essendo stati reperiti gli elaborati originali; il corrispondente fattore di confidenza risulta essere $FC = 1,35$.

2.6. Azioni di progetto sulla costruzione

Azione sismica:

I parametri di progetto per la definizione dell'azione sismica di base sono i seguenti:

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

	SL0	SLD	SLV	SLC
Probabilità di superamento (%):	81	63	10	5
Tr (anni):	60	101	949	1950
ag:	0,049 g	0,063 g	0,172 g	0,227 g
Fo:	2,498	2,512	2,559	2,499
Tc* (s):	0,278	0,284	0,280	0,288
Coefficienti Sismici				
Ss:	1,50	1,50	1,44	1,36

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003	0			
			Doc. n°	ALL.5			
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg. 16	Di 32	Compilato E.M.	Data APR.2025	

Cc:	1,60	1,59	1,60	1,58
St:	1,00	1,00	1,00	1,00

La sicurezza strutturale sarà valutata per:

- sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera;
- sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio.

Vengono definiti i seguenti parametri della struttura:

Classe d'uso	Vita Vn [anni]	Coeff. Uso	Periodo Vr [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
IV	50,0	2,0	100,0	C	T1

Le azioni sulla costruzione sono così definite:

a) permanenti (G): azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è così piccola e lenta da poterle considerare con sufficiente approssimazione costanti nel tempo:

(G1) peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo);

(G2) peso proprio di tutti gli elementi non strutturali; spostamenti e deformazioni imposti, previsti dal progetto e realizzati all'atto della costruzione;

(P) pretensione e precompressione; ritiro e viscosità; spostamenti differenziali;

b) variabili (Q): azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:

di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;

di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003		0			
			Doc. n°		ALL.5			
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg.	Di	Compilato		Data	
			17	32	E.M.		APR.2025	

c) eccezionali (A): azioni che si verificano solo eccezionalmente nel corso della vita nominale della struttura;

incendi; esplosioni; urti ed impatti;

d) sismiche (E): azioni derivanti dai terremoti.

Si definisce valore caratteristico Q_k di un'azione variabile il valore corrispondente ad un frattile pari al 95 % della popolazione dei massimi, in relazione al periodo di riferimento dell'azione variabile stessa.

Nella definizione delle combinazioni delle azioni che possono agire contemporaneamente, i termini Q_{kj} rappresentano le azioni variabili della combinazione, con Q_{k1} azione variabile dominante e Q_{k2} , Q_{k3} , ... azioni variabili che possono agire contemporaneamente a quella dominante. Le azioni variabili Q_{kj} vengono combinate con i coefficienti di combinazione ψ_{0j} , ψ_{1j} e ψ_{2j} , i cui valori sono forniti nel § 2.5.3 NTC 2018, Tab. 2.5.I, per edifici civili e industriali correnti.

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Con riferimento alla durata percentuale relativa ai livelli di intensità dell'azione variabile, si definiscono:

- valore quasi permanente $\psi_{2j} \times Q_{kj}$: la media della distribuzione temporale dell'intensità;
- valore frequente $\psi_{1j} \times Q_{kj}$: il valore corrispondente al frattile 95 % della distribuzione temporale dell'intensità e cioè che è superato per una limitata frazione del periodo di riferimento;
- valore raro (o di combinazione) $\psi_{0j} \times Q_{kj}$: il valore di durata breve ma ancora significativa nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili.

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003	0			
			Doc. n°	ALL.5			
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg.	Di	Compilato	Data	
			18	32	E.M.	APR.2025	

Nel caso in cui la caratterizzazione stocastica dell'azione considerata non sia disponibile, si può assumere il valore nominale. Nel seguito sono indicati con pedice k i valori caratteristici; senza pedice k i valori nominali.

Per quanto riguarda la combinazione delle azioni si avrà (NTC 2018):

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
[2.5.1]
- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
[2.5.2]
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
[2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
[2.5.4]
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
[2.5.5]
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
[2.5.6]

Nelle combinazioni si intende che vengano omissi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

2.7.Valutazione della Sicurezza

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.

Per tale ragione saranno previste delle opere di consolidamento necessarie ad eliminare i movimenti delle selle di appoggio delle tubazioni dell'impianto cittadino descritto in precedenza.

2.8.Modello numerico

Omissis, non è stato necessario sviluppare modelli numerici globali della struttura.

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003	0			
			Doc. n°	ALL.5			
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg.	Di	Compilato	Data	
			19	32	E.M.	APR.2025	

2.9.Principali risultati

Omissis, per i valori di sollecitazione che interessano gli interventi in esame si veda il §2.11.

2.10.Verifiche agli stati limite

Omissis, tutte le verifiche svolte si possono reperire al seguente paragrafo § 2.11.

2.11.Verifiche locali

2.11.1. Verifica barre di collegamento cordolo-selle

Si sono svolte le verifiche a taglio delle barre di collegamento fra i nuovi cordoli e le selle esistenti. Le barre previste hanno diametro $\Phi 14$ e sono posizionate a passo 20 cm in foro con ancorante chimico per calcestruzzo, tipo HIT-RE500V4 o similare.

Di seguito si riporta la verifica svolta attraverso il programma di calcolo Hilti-profis engineering.

Il valore della sollecitazione di taglio calcolato sulla singola barra è pari a circa 11 kN.

1.1.1 Combinazione carichi

Caso	Descrizione	Forze [kN] / Momenti [kNm]	Sismico	Fuoco	Util. max.	Tassello [%]
1	Combinazione 1	$N = 0,000; V_x = 0,000; V_y = -11,000;$ $M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000;$ $N_{sus} = 0,000; M_{x,sus} = 0,000; M_{y,sus} = 0,000;$	no	no		60

1.2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

Carichi sull'ancorante [kN]

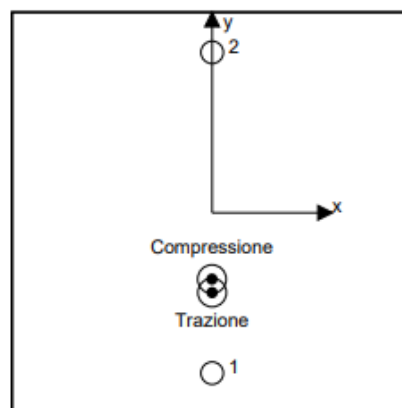
Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	0,340	5,524	-0,000	-5,524
2	0,114	5,476	-0,000	-5,476

Resulting tension force in (x/y)=(0,0/-49,8): 0,454 [kN]

Resulting compression force in (x/y)=(-0,1/-41,4): 0,560 [kN]

Le forze di ancoraggio sono calcolate in base ad un Metodo ad Elementi Finiti basato sui componenti (CBFEM)



 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003	0				
			Doc. n° ALL.5					
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg. 20	Di 32	Compilato E.M.	Data APR.2025		

1.4 Carico di taglio (EN 1992-4, sezione 7.2.2)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_v [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	5,524	26,960	21	OK
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura per pryout**	11,000	78,067	15	OK
Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione y-*	5,524	9,235	60	OK

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)
When the input edge distance is set to "infinity", edge breakout verification is not performed in that direction

1.4.1 Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad \text{EN 1992-4, Tabella 7.2}$$
$$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.35)}$$

$V_{Rk,s}^0$ [kN]	k_7	$V_{Rk,s}$ [kN]	γ_{Ms}	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Ed} [kN]
33,700	1,000	33,700	1,250	26,960	5,524

1.4.2 Rottura per pryout (cono del calcestruzzo)

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc,p}} \quad \text{EN 1992-4, Tabella 7.2}$$
$$V_{Rk,cp} = k_B \cdot \min \{N_{Rk,c}, N_{Rk,p}\} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.39c)}$$
$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec1,N} \cdot \psi_{ec2,N} \cdot \psi_{M,N} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.1)}$$
$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1.5} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.2)}$$
$$A_{c,N} = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.3)}$$
$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.4)}$$
$$\psi_{ec1,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{V,1}}{s_{cr,N}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.6)}$$
$$\psi_{ec2,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{V,2}}{s_{cr,N}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.6)}$$
$$\psi_{M,N} = 1 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.7)}$$

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	k_B	$f_{c,cr}$ [N/mm ²]	
273.600	518.400	360,0	720,0	2,000	25,00	
$e_{c1,V}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	$\psi_{M,N}$
0,0	1,000	0,0	1,000	0,775	1,000	1,000
k_1	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{Mc,p}$	$V_{Rd,cp}$ [kN]	V_{Ed} [kN]		
7,700	143,145	1,500	78,067	11,000		

ID gruppo ancoranti
1, 2

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003	0				
			Doc. n° ALL.5					
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg. 21	Di 32	Compilato E.M.	Data APR.2025		

1.4.3 Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione y-

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad \text{EN 1992-4, Tabella 7.2}$$

$$V_{Rk,c} = k_T \cdot V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{a,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.40)}$$

$$V_{Rk,c}^0 = k_g \cdot d_{nom}^\alpha \cdot l_T^\beta \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot c_1^{1.5} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.41)}$$

$$\alpha = 0,1 \cdot \left(\frac{l_T}{c_1} \right)^{0,5} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.42)}$$

$$\beta = 0,1 \cdot \left(\frac{d_{nom}}{c_1} \right)^{0,2} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.43)}$$

$$A_{c,V}^0 = 4,5 \cdot c_1^2 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.44)}$$

$$\psi_{s,V} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_2}{1,5 \cdot c_1} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.45)}$$

$$\psi_{h,V} = \left(\frac{1,5 \cdot c_1}{h} \right)^{0,5} \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.46)}$$

$$\psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_V}{3 \cdot c_1} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.47)}$$

$$\psi_{90^\circ,V} = 4,0 \cdot k_4 \cdot \left(\frac{n_2 \cdot d_{nom}^2 \cdot f_{ck}}{V_{Rk,c,\perp}} \right)^{0,5} \leq 4,00 \quad \text{fib Bulletin 58, Eq. (10.2-5f}_1\text{)}$$

$$\psi_{a,V} = \sqrt{\frac{1}{(\cos \alpha_V)^2 + \left(\frac{\sin \alpha_V}{\psi_{90^\circ,V}} \right)^2}} \geq 1,00 \quad \text{fib Bulletin 58, Eq. (10.2-5f)}$$

l_T [mm]	d_{nom} [mm]	k_g	α	β	$f_{c,gt}$ [N/mm ²]	c_1 [mm]
144,0	12,00	1,700	0,126	0,067	25,00	90,0
$A_{c,V}$ [mm ²]	$A_{c,V}^0$ [mm ²]	$\psi_{s,V}$	$\psi_{h,V}$	$e_{c,V}$ [mm]	$\psi_{ec,V}$	
36.450	36.450	1,000	1,000	0,0	1,000	
k_4	n_2	$V_{Rk,c,\perp}$ [kN]	$\psi_{90^\circ,V}$	α_V [°]	$\psi_{a,V}$	$\psi_{re,V}$
1,0	1	13,853	2,039	0,00	1,000	1,000
$V_{Rk,c}^0$ [kN]	k_T	γ_{Mc}	$V_{Rd,c}$ [kN]	V_{Ed} [kN]		
13,853	1,0	1,500	9,235	5,524		

ID gruppo ancoranti
1, 2

When the input edge distance is set to "infinity", edge breakout verification is not performed in that direction

2.11.2. Verifica micropali

Per consultare le verifiche dei micropali svolte si rimanda alla relazione geotecnica.

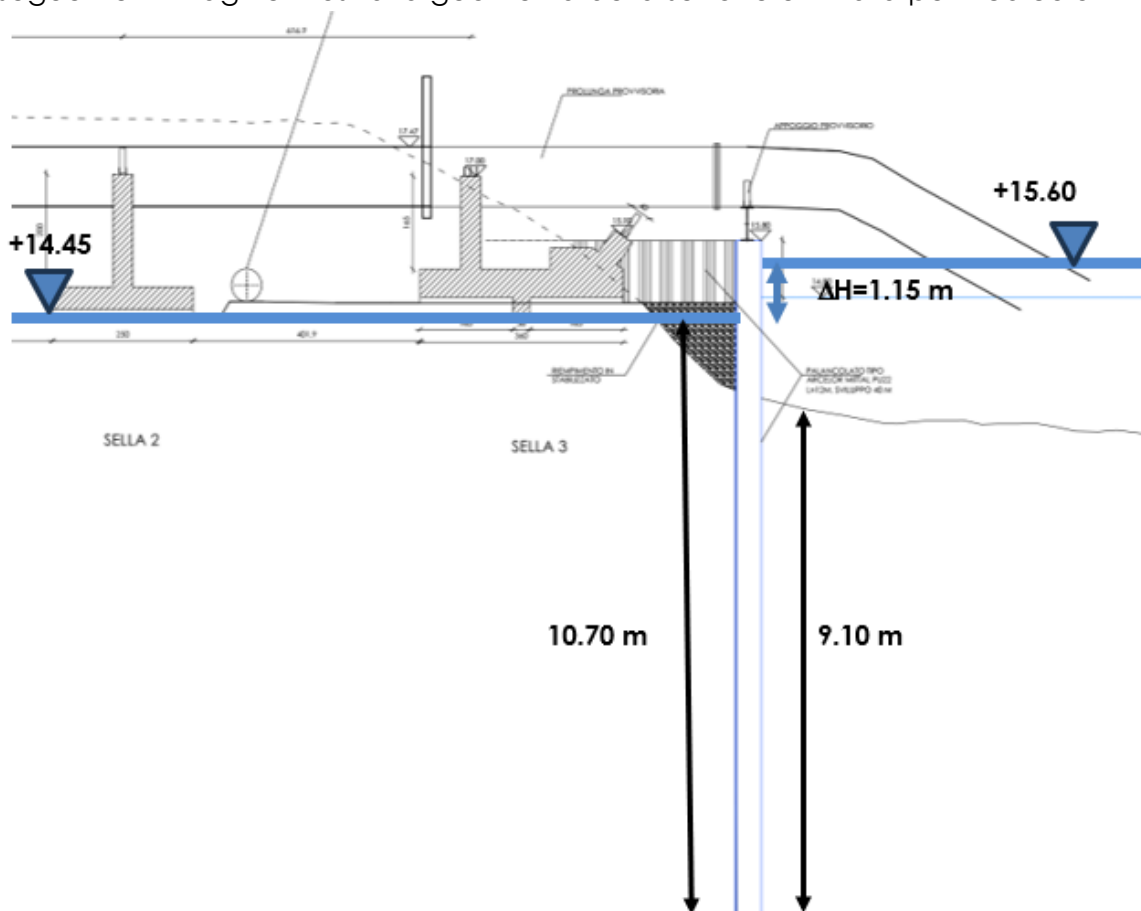
 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	Comm. n°	Revisioni			
	Progetto	ORD.35/2024 - INVESTIMENTO PNRR M2C4 2.1.a FINANZIATO NEXTGENERATION EU MESSA IN SICUREZZA IMPIANTO IDROVORO CITTADINO PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA ID INTERVENTO ER-UBIS-000109 CUP J78H24000430007	CRA25_003	0			
			Doc. n°	ALL.5			
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg.	Di	Compilato	Data	
			22	32	E.M.	APR.2025	

2.11.3. 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	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	CRA25_003	0			
			Doc. n°	ALL.5			
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg.	Di	Compilato	Data	
			23	32	E.M.	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	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	CRA25_003	0			
			Doc. n°	ALL.5			
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg.	Di	Compilato	Data	
			24	32	E.M.	APR.2025	

3.Relazione sui materiali

3.1.Elenco dei materiali impiegati e loro modalità di posa in opera

3.1.1. Calcestruzzo opere di fondazione

Rck richiesta : 30 N/mm²

Tipo di struttura : Armata

Tipo/classe di cemento . : CEM IV/A 42.5 R

Controllo di tipo : A

Durabilita' : Classe di esposizione : XC2

Classe di consistenza ... : S5 (slump ≥ 22 cm al getto)

Aggregati : Dmax : 20 mm

PRESCRIZIONI PER IL CALCESTRUZZO

OBBLIGO della certificazione dell'FPC secondo le linee Guida sul cls preconfezionato

CLASSE DI RESISTENZA : C 25/30

Resistenza caratteristica Rck : 30 N/mm²

Resistenza caratteristica fck : 25 N/mm²

Controllo di tipo : A

- provini : Cubici

CLASSE DI CONSISTENZA al getto : S5 (slump ≥ 22 cm al getto)

CLASSE DI ESPOSIZIONE : XC2

a/c ≤ 0,58

MATERIE PRIME

AGGREGATO: OBBLIGO DI MARCATURA CE CONFORME A UNI EN 12620

- Dmax : 20 mm

ACQUA: Conforme a UNI EN 1008

CEMENTO: CEM IV/A 42.5 R(Conforme a UNI-EN 197/1)

CENERE VOLANTE : Conforme a UNI EN 450

FUMO DI SILICE: Conforme a UNI EN 13263/1

ADDITIVI: Conforme a UNI EN 934/2

- Obbligo di marcatura CE conforme UNI EN 934/2 UNI 10765

PRESCRIZIONI PER L'IMPRESA:

ADOTTARE DISTANZIATORI conformi alla realizzazione di un coprifermo con spessore di almeno 25 mm, in accordo all'Eurocodice 2 con riferimento alla classe di esposizione e al tipo di struttura (armata o precompressa).

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003	0			
			Doc. n°	ALL.5			
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg.	Di	Compilato	Data	
			25	32	E.M.	APR.2025	

COMPATTARE il CLS in modo che il grado di compattazione del cls in opera sia almeno eguale a 0.97, cioè che la massa volumica della carota estratta dalla struttura anche ad 1 giorno dal getto sia almeno pari a 97% della massa volumica del CLS compattato a rifiuto dei provini cubici o cilindrici sui quali misurare la resistenza caratteristica.

STAGIONARE ad umido le superfici del CLS per almeno tre giorni dal getto con membrane antievaporanti, teli di plastica, acqua nebulizzata, ecc.).

3.1.2. Acciaio per strutture in c.a.

Acciaio per c.a. in tondi a aderenza migliorata: B450C Controllato e certificato (vedere par. 11.3.2 NTC 2018).

3.1.3. Acciaio per carpenteria metallica

Acciaio S275JR che dovrà essere marcato CE e fornito da carpenteria in possesso della certificazione UNI EN 1090.

3.1.4. Acciaio per palancole

Acciaio per palancole laminate a caldo S270GP (UNI EN 10248-1)

3.1.5. Acciaio barre autoperforanti tipo Sirive R38

BARRA CAVA AUTOPERFORANTE IN ACCIAIO S460J0

DOTATA DI ATTESTATO DI QUALIFICAZIONE IN ACCORDO DM 17/01/2018

3.2.Valori di calcolo

3.2.1. Calcestruzzo opere di fondazione

Tipo di calcestruzzo		=	C25/30
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	=	30 N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	=	25 N/mm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ_c	=	1,5
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	=	14,17 N/mm ²

Per il valore della resistenza di calcolo si utilizza la 4.1.3 del § 4.1.2.1.1.1 del D.M. 17/01/2018:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c}$$

dove il coefficiente α_{cc} è pari a 0,85.

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003		0				
			Doc. n°		ALL.5				
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg.	Di	Compilato		Data		
			26	32	E.M.		APR.2025		

3.2.2. Acciaio per strutture in c.a.

Tipo di acciaio		=	B450C	
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	=	450	N/mm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ_s	=	1,15	
Tensione di snervamento di progetto	f_{yd}	=	391	N/mm ²

Per il valore della tensione di snervamento di calcolo si utilizza 4.1.5 del § 4.1.2.1.1.3 del D.M. 17/01/2018:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

3.2.3. Acciaio per carpenterie metalliche

Tipo di acciaio		=	S275	
Modulo elastico	E	=	210000	N/mm ²
Densità	ρ	=	7850	kg/m ³
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	=	275	N/mm ²
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	=	430	N/mm ²
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ_M	=	1,05	
Tensione di snervamento di progetto	f_{yd}	=	261,9	N/mm ²

Per il valore della tensione di snervamento di calcolo si utilizza 4.2.3 del § 4.2.4.1.1 del D.M. 17/01/2018:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M}$$

3.2.4. Acciaio per palancolato

Acciaio per palancole laminate a caldo S270GP (UNI EN 10248-1)

Grado dell'acciaio	EN 10248		
	Limite di snervamento	Carico limite di rottura a trazione	Allungamento minimo
	R_{eH}	R_m	$L_0=5,65 \sqrt{S_0}$
	MPa	MPa	%
S 270 GP	270	410	24

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003	0			
			Doc. n°	ALL.5			
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg.	Di	Compilato	Data	
			27	32	E.M.	APR.2025	

3.2.4. Acciaio per barre autoperforanti tipo Sirive R38

BARRA CAVA AUTOPERFORANTE IN ACCIAIO S460J0
 DOTATA DI ATTESTATO DI QUALIFICAZIONE IN ACCORDO DM 17/01/2018
 DIAMETRO NOMINALE d=38mm
 DIAMETRO MEDIO INTERNO: 19 mm
 MASSA NOMINALE: 12.32 kg/m
 TENSIONE DI SNERVAMENTO: 460 MPa
 TENSIONE DI ROTTURA: 560 MPa

MISCELA DI INIEZIONE CON RAPPORTO ACQUA/CEMENTO=0,4

4. Elaborati grafici esecutivi e particolari costruttivi

4.1. Rilievo geometrico strutturale

Si vedano i §§ 2.2 e 2.3 della presente relazione.

4.2. Documentazione fotografica

Di seguito vengono riportate alcune immagini.



 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003		0				
			Doc. n°		ALL.5				
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg.	Di	Compilato		Data		
			28	32	E.M.		APR.2025		



4.3.Elaborati grafici generali

Si vedano le tavole allegate al progetto.

4.4.Particolari costruttivi

Si vedano le tavole allegate al progetto.

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003	0			
			Doc. n°	ALL.5			
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg.	Di	Compilato	Data	
			29	32	E.M.	APR.2025	

5. Piano di manutenzione della parte strutturale dell'opera

5.1. Premessa

Il piano di manutenzione è il documento complementare al progetto esecutivo che prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaboratori progettuali esecutivi effettivamente realizzati, l'attività di manutenzione dell'intervento al fine di mantenere nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico.

Il piano di manutenzione è costituito dai seguenti documenti operativi:

- il manuale d'uso;
- il manuale di manutenzione comprensivo del programma di manutenzione.

5.2. Manuale d'uso

Il manuale d'uso si riferisce all'uso delle parti più importanti dell'opera, con particolare riferimento alle parti che possono generare rischi per un uso scorretto. Il manuale d'uso contiene informazioni sulla collocazione delle parti interessate nell'intervento, la loro rappresentazione grafica, descrizione e modalità di uso corretto.

Struttura n. 1 – Travi di fondazione su micropali

Descrizione:

Fondazioni profonde collegate in sommità da travi in c.a.

Collocazione:

Vedi tavole disegni esecutivi

Rappresentazione grafica:

Vedi tavole particolari costruttivi

Modalità d'uso corretto:

Trasferimento delle sollecitazioni statiche e sismiche della struttura al terreno, entro i limiti di pressioni e cedimenti imposti dal progetto.

Struttura n. 2 - Travi in acciaio

Descrizione:

Strutture orizzontali o inclinate che trasferiscono i carichi dei solai a pilastri o pareti

Collocazione:

Vedi tavole disegni esecutivi

Rappresentazione grafica:

Vedi tavole particolari costruttivi

Modalità d'uso corretto:

Trasferire i carichi dei solai alle strutture verticali.

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003	0			
			Doc. n°	ALL.5			
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg.	Di	Compilato	Data	
			30	32	E.M.	APR.2025	

5.3.Manuale di manutenzione

Il manuale di manutenzione si riferisce alla manutenzione delle parti più importanti dell'intervento. Esso contiene il livello minimo accettabile delle prestazioni, le anomalie riscontrabili, le manutenzioni eseguibili direttamente dall'utente e quelle che non lo sono.

Il programma di manutenzione fissa delle manutenzioni e dei controlli da eseguire in seguito a scadenze preventivamente fissate.

Struttura n. 1 - Travi di fondazione su micropali

Collocazione:

Vedi tavole disegni esecutivi

Rappresentazione grafica:

Vedi tavole particolari costruttivi

Livello minimo delle prestazioni:

Resistenza alle sollecitazioni di progetto. Realizzazione con materiali con caratteristiche definite dalle prescrizioni di progetto.

Anomalie riscontrabili:

Cedimenti, lesioni alla sovrastruttura, causati da mutamenti delle condizioni del terreno dovuti a cause quali: variazione della falda freatica, rottura di fognature o condutture idriche in prossimità della fondazione, ecc.

Tipo di controllo:

Controllo a vista

Periodicità dei controlli e operatore:

Ogni anno, effettuato dall'utente

Tipo di intervento:

Opere di consolidamento del terreno o della struttura da decidersi dopo indagini specifiche.

Periodicità degli interventi e operatore:

Quando necessario, effettuato da personale specializzato

Struttura n. 2 - Travi in acciaio

Collocazione:

Vedi tavole disegni esecutivi

Rappresentazione grafica:

Vedi tavole particolari costruttivi

Livello minimo delle prestazioni:

Resistenza alle sollecitazioni di progetto. Realizzazione con acciaio conforme dalle prescrizioni di progetto.

Anomalie riscontrabili:

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003	0			
			Doc. n°	ALL.5			
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg.	Di	Compilato	Data	
			31	32	E.M.	APR.2025	

Bolle o screpolature dello strato protettivo con pericolo di corrosione.

Tipo di controllo:

Controllo a vista

Periodicità dei controlli e operatore:

Ogni anno, effettuato dall'utente

Tipo di intervento:

Applicazione di prodotti antiruggine e ripristino dello strato protettivo.

Periodicità degli interventi e operatore:

Quando necessario, effettuato da personale specializzato

 Colombi Roversi & Associati Studio di Ingegneria	Comune	FERRARA	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	CRA25_003	0				
			Doc. n°	ALL.5				
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE OPERE STRUTTURALI			Fg. 32	Di 32	Compilato E.M.	Data APR.2025		

6.Relazione sui risultati sperimentali – indagini specialistiche

6.1. Relazione geologica: indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito

Si veda la relazione del Dr. Geol. Thomas Veronese.

6.2. Relazione geotecnica: indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo del terreno

Si veda la relazione geotecnica RGT specifica.