

AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA

Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma

MO-E-1357 – ADEGUAMENTO DEI MANUFATTI DI REGOLAZIONE E SFIORO DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEL FIUME SECCHIA COMPRESIVO DELLA PREDISPOSIZIONE DELLA POSSIBILITÀ DI REGOLAZIONE IN SITUAZIONI EMERGENZIALI ANCHE PER PIENE ORDINARIE IN RELAZIONE ALLA CAPACITÀ DI DEFLUSSO DEL TRATTO ARGINATO (EX CODICE 10969) E AVVIO DELL'ADEGUAMENTO IN QUOTA E POTENZIAMENTO STRUTTURALE DEI RILEVATI ARGINALI DEL SISTEMA CASSA ESPANSIONE ESISTENTE

**MO-E-1273 – LAVORI DI AMPLIAMENTO E ADEGUAMENTO DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEL FIUME SECCHIA NEL COMUNE DI RUBIERA (RE)
(ACCORDO DI PROGRAMMA MINISTERO – RER – PARTE A)**

PROGETTO DEFINITIVO
R.05 – RELAZIONE GEOTECNICA
IL RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI:

CAPOGRUPPO MANDATARIA
PROGETTAZIONE GENERALE – INGEGNERIA IDRAULICA E STRUTTURALE



DIZETA INGEGNERIA
STUDIO ASSOCIATO
Via Boselli, 19 – 20133 MILANO Tel. 02-70800125
server@dzetaingegneria.it Fax 02-70800014

ING. FULVIO BERNABEI
ING. STEFANO ADAMI
ING. LAURA GRILLI
ING. GIANLUIGI SEVNI
ING. PAOLO SANAVIA

MANDANTE
RAPPORTI CON ENTI TERZI – MODELLISTICA IDROLOGICA E
IDRAULICA – IDROGEOLOGIA



ING. DENIS CERLINI
ING. MARCO BELICCHI
ING. NICOLA PESSARELLI (CSP)
ING. MICHELE FERRARI

MANDANTE
INGEGNERIA STRUTTURALE



ING. MARCO G. P. BRAGHINI
ING. DANIELE L. GIOMETTI

MANDANTE
GEOLOGIA



EN GEO S.r.l.
ENGINEERING GEOLOGIST
www.engeo.it

GEOLOGO CARLO CALEFFI
GEOLOGO FRANCESCO CERUTTI

MANDANTE
ASPETTI AMBIENTALI



ING. MASSIMO SARTORELLI
ING. BENIAMINO BARENGHI
DOTT. AGR. ALESSIA MANICONE
DOTT.SSA CHIARA LUVIE'

MANDANTE
ASPETTI PAESAGGISTICI



ARCH. ANGELO DAL SASSO

PER IL R.T.P.:

IL PROGETTISTA GENERALE
DOTT. ING. FULVIO BERNABEI

IL RUP:

DOTT. ING.
FEDERICA PELLEGRINI

CONSULENTE
INGEGNERIA GEOTECNICA



PROF. ING. FRANCESCO COLLESELLI
ING. GIUSEPPE COLLESELLI

CONSULENTE
PIANO PARTICELLARE DI ESPROPRIO

GEOM. MARCO SOZZE'

CONSULENTE
VALUTAZIONI ARCHEOLOGICHE

DOTT.SSA IVANA VENTURINI

DATA: LUGLIO 2019

Mod.7.3 F – Rev.01

REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICA	REDATTO	CONTR.	APPR.
01	NOVEMBRE 2019	REPERIMENTO MATERIALE RILEVATI LOTTO 3			
02					

INDICE

1	Premesse	4
1.1	Normativa di riferimento	6
1.2	Interventi in progetto	7
2	Indagini geologiche e geotecniche in situ	10
2.1	Indagini geognostiche pregresse	10
2.1.1	<i>Indagini in corrispondenza della cassa esistente</i>	11
2.1.1.1	Progetto della cassa d'espansione	12
2.1.1.2	Collaudo del quinto lotto della cassa d'espansione	12
2.1.1.3	Collaudo funzionale e monitoraggio dell'officiosità dei manufatti	13
2.1.1.4	Progetto Stabilità all'Input Sismico dei Manufatti Arginali	14
2.1.1.5	Progetto di manutenzione straordinaria della cassa d'espansione	15
2.1.2	<i>Indagini in corrispondenza dell'ampliamento in progetto</i>	16
2.1.2.1	Variante Generale al Piano Attività Estrattive di Rubiera	16
2.1.2.2	Progetto di ampliamento della cassa d'espansione	17
2.1.3	<i>Database del Servizio geologico della Regione Emilia-Romagna</i>	18
2.2	Indagini geognostiche integrative - Campagna 2018-2019	18
2.2.1	<i>Sondaggi</i>	20
2.2.1.1	Sondaggi a carotaggio continuo	21
2.2.1.2	Sondaggi a carotaggio continuo orizzontali	23

2.2.1.3	Sondaggi a distruzione di nucleo	24
2.2.2	Pozzi	24
2.2.3	Prove penetrometriche dinamiche	25
2.2.4	Prove geofisiche	26
2.2.5	Trincee o pozzetti esplorativi	28
2.3	Prove SPT	31
3	Analisi di laboratorio	35
4	Modello geologico	55
4.1	Intervento A: adeguamento del manufatto di sbarramento e regolazione dell'invaso	55
4.2	Intervento B: adeguamento del manufatto di derivazione nell'invaso laterale	57
4.3	Intervento C: Opere di svaso e ricalibratura della cassa in linea	59
4.4	Intervento E: arginatura secondaria a valle dello sbarramento	59
4.5	Intervento H: Adeguamento delle arginature della cassa di espansione	60
4.5.1	Profilo 1	60
4.5.2	Profilo 2+3+4	62
4.5.3	Profilo 5	65
4.5.4	Profilo 6	66
4.6	Intervento L: soglia di sfioro tra l'invaso esistente e l'ampliamento	68
4.7	Intervento M: arginature di contenimento dell'invaso in ampliamento	68
5	Interpretazione delle prove in situ e delle analisi	71

5.1	Depositi coesivi	71
5.1.1	<i>Coesione non drenata da pocket penetrometer</i>	71
5.2	Depositi granulari	72
5.2.1	<i>Densità relativa</i>	72
5.2.2	<i>Angolo di attrito interno</i>	72
5.2.3	<i>Modulo elastico</i>	72
6	Modello geotecnico	76
6.1	Interventi A, B, D, H, L ed M	77
6.1.1	<i>Depositi coesivi</i>	80
6.1.2	<i>Depositi granulari</i>	86
6.2	Intervento E	90
7	Caratterizzazione dei materiali per rilevati	92
7.1	Area di risagomatura e rimozione dei sedimenti della vasca in linea	92
7.2	Parametri geotecnici di progetto	94
8	Rischio di liquefazione	95

1 Premesse

La presente relazione descrive lo studio geotecnico effettuato a supporto della progettazione definitiva relativa agli interventi di adeguamento del sistema di laminazione delle piene della Cassa di espansione del fiume Secchia, in provincia di Modena.

Detto studio è stato effettuato nel rispetto della normativa vigente, richiamata nel paragrafo 1.1, e, in particolare alle “Norme tecniche per le costruzioni”, di cui al Decreto ministeriale 17 gennaio 2018, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2018.

Esso ha comportato lo svolgimento delle seguenti attività:

1. elaborazione e integrazione di tutti i dati geotecnici disponibili, individuati nello studio geologico (cfr. elaborato R.04);
2. individuazione, per ciascun parametro, dei metodi di elaborazione da utilizzare, sulla base della tipologia e della quantità dei dati di input.
3. correlazione dei dati stratigrafici con le caratteristiche geotecniche e la definizione, per orizzonti omogenei, con metodo statistico, dei parametri da utilizzare per le valutazioni progettuali delle opere e degli argini coinvolti;

La Cassa di espansione del fiume Secchia, come rappresentato nell'immagine aerea di **Fig. 1**, nella porzione occidentale ricade in provincia di Reggio Emilia, interessando il comune di Rubiera; mentre, ad est ricade nei comuni di Modena e Campogalliano, in provincia di Modena. I confini comunali sono evidenziati in rosso.

È racchiusa tra la via Emilia, poco più a sud, e l'autostrada del Sole A1, a nord.

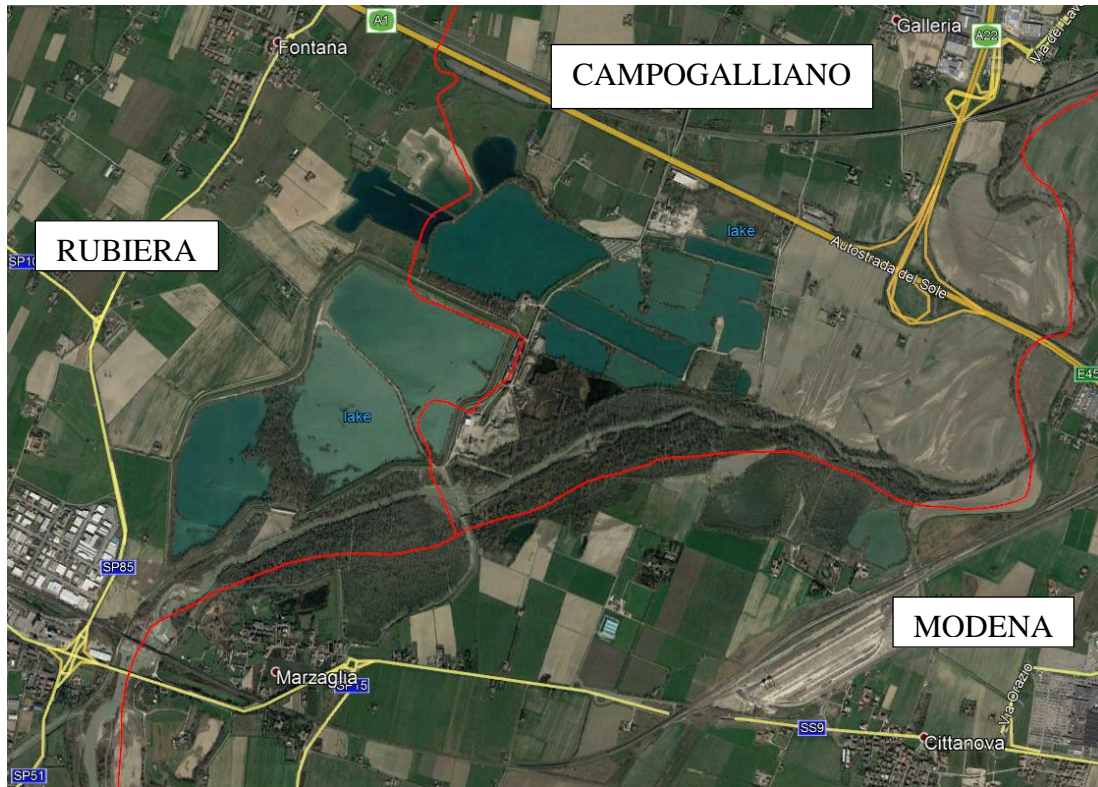


Fig. 1 – Immagine aerea della Cassa di espansione del fiume Secchia (da Google Earth)

A supporto dello studio sono stati redatti i seguenti elaborati grafici;

- All(RGT). 1 - Modello geotecnico (Intervento A) - V=1:250, H=1:500
- All(RGT). 2 - Modello geotecnico trasversale (Intervento A) – V=1:250, H=1:250
- All(RGT). 3 - Modello geotecnico (Intervento B) - V=1:250, H=1:2.500
- All(RGT). 4 - Modello geotecnico (Intervento H profilo 1) - V=1:250, H=1:2.500
- All(RGT). 5 - Modello geotecnico (Intervento H profilo 2+3+4) - V=1:250, H=1:2.500
- All(RGT). 6 - Modello geotecnico (Intervento H profilo 5) - V=1:250, H=1:2.500
- All(RGT). 7 - Modello geotecnico (Intervento H profilo 6) - V=1:250, H=1:2.500

- All(RGT). 8 - Modello geotecnico (Intervento M profilo 7) - $V=1:250$,
 $H=1:2.500$
- All(RGT). 9 - Modello geotecnico sezioni trasversali (Profili 3, 5 e 6) - $1:200$
- All(RGT). 10 - Modello geotecnico (Intervento E) - $V=1:250$, $H=1:2.500$

I risultati delle analisi di laboratorio utilizzati nel presente studio sono riportati negli allegati elencati di seguito:

- All(RGT). 11 - Analisi di laboratorio 2018/19
- All(RGT). 12 - Analisi di laboratorio pregresse

1.1 Normativa di riferimento

- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione delle “Norme Tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17-01-2018, Circolare 11 febbraio 2019;
- “Linee-guida per la redazione e le istruttorie degli studi sismotettonici relativi alle grandi dighe”, prodotte da INGV e diffuse ai Concessionari/Gestori con nota MIT-D.G. Dighe n. 0021530 del 27/09/2018.
- D.G.R. 1164 (2018) – Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei Comuni dell'Emilia Romagna;
- “Istruzioni per l'applicazione della normativa tecnica di cui al D.M. 26.06.2014 (NTD14) e al D.M. 17.01.2018 (NTC18) . Verifiche Sismiche delle grandi dighe, degli scarichi e delle opere complementari e accessorie“, luglio 2018, a cura della D.G. Dighe del M.I.T.;
- Decreto ministeriale 17-01-2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Decreto ministeriale 26-06-2014 – Norme Tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)
- Decreto ministeriale 14-01-2008 – Testo unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni Allegati A e B;

- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n° 36 del 27/07/2007
- Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica – Linee Guida 2005 AGI Associazione Geotecnica Italiana
- O.P.C.M. n° 3274 (2003) - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"
- Eurocodice 7.2 (2002) – Progettazione geotecnica –Parte I: Progettazione assistita da prove di laboratorio - UNI
- Eurocodice 7.3 (2002) – Progettazione geotecnica –Parte II: Progettazione assistita da prove in sito – UNI
- Circolare P.C.M. 07-04-1999, n. DSTN/2/7311 “Legge 584/1994 Competenze del Servizio Nazionale Dighe. Precisazioni”.
- Eurocodice 8 (1998) – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- Eurocodice 7.1 (1997) – Progettazione geotecnica –Parte I: Regole Generali – UNI
- Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche. 1977 AGI Associazione Geotecnica Italiana

1.2 Interventi in progetto

Le opere in progetto riguardano una serie d'interventi d'adeguamento del sistema di laminazione delle piene della Cassa di espansione del fiume Secchia che, all'interno del presente progetto definitivo, si è proposto di suddividere l'insieme delle opere previste in tre possibili lotti funzionali, generati sulla base delle attuali disponibilità economiche, ciascuno comprendente più interventi e precisamente:

LOTTO 1 – “Adeguamento dei manufatti di regolazione e derivazione della cassa di espansione del fiume Secchia ed avvio dell’adeguamento dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente” (importo finanziato € 16'872'000.00).

- Intervento A: Adeguamento del manufatto di sbarramento e regolazione dell'invaso.
- Intervento B: Adeguamento del manufatto di derivazione nell'invaso laterale.
- Intervento C: Opere di svaso e ricalibratura della cassa in linea finalizzate al recupero del materiale necessario per l'adeguamento dei tratti arginali.
- Intervento D: Adeguamento dei tratti arginali contigui ai manufatti.
- Intervento E: Arginatura secondaria a valle dello sbarramento.

LOTTO 2 – “Adeguamento in quota delle arginature della cassa di espansione esistente”

- Intervento H: Adeguamento delle arginature della cassa di espansione.
- Intervento I: Risagomatura e rimozione sedimenti vasca in linea

LOTTO 3 – “Lavori di ampliamento della Cassa di laminazione del fiume Secchia, comune di Rubiera (RE)” (importo finanziato € 4.340'000.00).

- Intervento L: Soglia di sfioro tra l'invaso esistente e l'ampliamento.
- Intervento M: Arginature di contenimento dell'invaso in ampliamento.

Coerentemente con quanto disposto dalle NTC 2018 (Cap. 2.4), in accordo con i progettisti, sono stati definiti i seguenti parametri di progetto:

- VITA NOMINALE: “Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni o di importanza strategica” la cui vita nominale è $V_n \geq 100$ anni (come definito dalla Tab. 2.4.I delle N.T.C. 01/2018);
- CLASSE D’USO: Classe III: “Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività particolarmente pericolose per l’ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in classe d’uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza.

Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso” (come definito dal paragrafo 2.4.2 delle N.T.C. 01/2008);

- PERIODO DI RIFERIMENTO PER L’AZIONE SISMICA: Considerata la classe d’uso III, il coefficiente d’uso è $C_u=1.50$ (cfr. Tab. 2.4.II delle N.T.C. 01/2018), e di conseguenza la Vita di riferimento è $V_R=V_N \cdot C_u=150$ anni.

Mandataria:



Mandanti:



2 Indagini geologiche e geotecniche in situ

Nel presente capitolo vengono illustrate tutte le indagini geognostiche effettuate nelle aree oggetto di indagine. La successiva descrizione prevede la suddivisione tra le indagini pregresse e quelle realizzate appositamente per il presente studio nell'ambito di una campagna di indagine realizzata da Elletipi/Socotec Italia¹ tra ottobre 2018 e giugno 2019.

L'ubicazione di tutte le indagini è raffigurata nelle Planimetrie ubicazione indagini di All(RG). 3 e All(RG). 4.

2.1 Indagini geognostiche pregresse

Per poter ricostruire le caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e sismiche dei terreni dell'area oggetto di studio, è stata effettuata una scrupolosa raccolta e analisi critica dei dati derivanti dalle precedenti campagne d'indagine, descritte nei paragrafi successivi.

L'ubicazione delle differenti indagini è raffigurata nella Planimetria ubicazione indagini di All(RG). 3 e All(RG). 4. Le indagini pregresse delle diverse campagne sono state distinte nelle planimetrie con simbologie diverse (Fig. 3).

Nelle sezioni ciascuna indagine è stata codificata in maniera univoca (Fig. 2).

So1_SISMA	← — →	Codice prova e codice da database
Prof. 50,0 m	← — →	Profondità (m)
Q.ta 49,15 m	← — →	Quota s.l.m. (m)
pos. sommità	← — →	Posizione
(2007)	← — →	Data di esecuzione

Fig. 2 – Codifica delle indagini nei profili e nelle sezioni

¹ La campagna di indagine 2018-2019 è stata affidata da AIPO alla ditta Elletipi s.r.l. che nel marzo 2019 è stata assorbita per incorporazione in Socotec Italia S.r.l.. Pertanto i primi certificati della campagna di indagine sono intestati Elletipi, mentre i successivi sono intestati Socotec Italia.









- | | |
|--|--|
|  Saggio con Escavatore - AIPO Ampliamento -2012 | |
|  SCPT - AIPO Ampliamento -2012 | |
|  Sondaggio - AIPO Ampliamento -2012 | |
|  Sondaggio - Aipo Piezometri - 2006 | |
|  Sondaggio - MagisPo - (manufatti) - 1976 |  Georadar - AIPo Piezometri - 2006 |
|  Sondaggio - MagisPo - (rilevati) - 1991 |  Sismica a rifrazione - AIPO Ampliamento -2012 |
|  Sondaggio - PAE_Rubiera - 1990 |  Tomografia Elettrica - AIPO Ampliamento -2012 |
|  Sondaggio con Down-Hole - Progetto S.I.S.M.A. - 2007 |  Sismica tomografica e Sismica GRM - Progetto S.I.S.M.A. - 2007 |

Fig. 3 – Legenda delle indagini pregresse nelle planimetrie

Tutte le indagini raccolte sono riportate, suddivise per tipologia, nei seguenti allegati:

- – Stratigrafie sondaggi pregressi
-
-
-
- All(RGT). 12 – Analisi di laboratorio pregresse

Di seguito vengono descritte le indagini raccolte, suddivise per intervento.

2.1.1 Indagini in corrispondenza della cassa esistente

Tutte le indagini che hanno riguardato la cassa esistente sono relative alle 4 campagne descritte nei paragrafi seguenti.

2.1.1.1 Progetto della cassa d'espansione

Le indagini geologiche più datate tra quelle raccolte in corrispondenza della cassa d'espansione esistente sono quelle che, presumibilmente, sono state realizzate a supporto del progetto della stessa cassa.

Più precisamente, sono stati eseguiti:

- n° 5 sondaggi a carotaggio continuo, nel marzo 1976, da parte della ditta Geostudio, in corrispondenza dell'area dove è stato realizzato il manufatto di regolazione, tutti approfonditi fino a 35 m da p.c. Nelle relative stratigrafie si osservano, oltre alle classificazioni in situ, i risultati delle prove effettuate, del tipo S.P.T., Vane Test, con *pocket penetrometer* e *torvane*; inoltre, sono indicate le profondità di prelievo di campioni rimaneggiati e indisturbati di cui però non si ha alcuna analisi di laboratorio.
- n° 7 sondaggi a carotaggio continuo, da parte della ditta So.Ri.Ge, ubicati in corrispondenza dell'area d'imposta delle arginature, tutti approfonditi, indicativamente, fino a 30 m da p.c. di cui è rimasta solo una rappresentazione grafica delle litologie attraversate. 5 di questi sono stati realizzati in sinistra idraulica e 3 in destra.

Un dato importante, riportato per tutti i sondaggi sopradescritti, è la quota del piano campagna in corrispondenza del punto dove è stata effettuata la perforazione.

2.1.1.2 Collaudo del quinto lotto della cassa d'espansione

Nel corso del collaudo del quinto lotto della cassa d'espansione, nel maggio 1978, sono state effettuate una serie di analisi su terreni prelevati dai rilevati arginali; ovvero:

- n° 16 prove Proctor (A.A.S.H.O) modificate
- n° 16 analisi granulometriche.

L'ubicazione dei punti di prelievo non è stata raffigurata nella Planimetria ubicazione indagini di All(RG). 3 e All(RG). 4, per non comprometterne la lettura, ma si è preferito

inserire in All(RGT). 12 – Analisi di laboratorio pregresse la scansione della planimetria originale.

2.1.1.3 Collaudo funzionale e monitoraggio dell'efficienza dei manufatti

Nel marzo 2006 sono state eseguite, per AIPO, da parte di Citiemme s.r.l., alcune indagini geognostiche finalizzate al collaudo funzionale e al monitoraggio piezometrico dei manufatti di laminazione delle piene del fiume Secchia.

Allo scopo, sono stati realizzati complessivamente 12 sondaggi, di cui 7 con perforazione a distruzione di nucleo (5 in sinistra Secchia e 2 in destra) e 5 con rotazione a carotaggio continuo (4 in sinistra Secchia e 1 in destra), tutti fino alla profondità di 25 m da p.c.

Per determinare i coefficienti di permeabilità dei terreni attraversati sono state eseguite n° 5 prove di permeabilità *Lefranc*: 3 a carico variabile e 2 a carico costante.

I fori di sondaggio sono stati attrezzati con piezometri tipo Casagrande: ogni foro con un piezometro, a parte 2 casi, in cui ne sono stati posizionati 2, a profondità differenti.

Al fine di garantire il monitoraggio piezometrico continuo si era previsto di predisporre un sistema di rilevamento costituito da n° 8 trasduttori di pressione automatici connessi, ognuno, a una centralina dotata di modulo GPRS, per consentire la visualizzazione e lo scarico dei dati.

Tuttavia, pare che tale sistema di rilevamento non sia mai stato messo in funzione, essendosi, nel frattempo, verificati furti e/o atti vandalici su altre apparecchiature simili di proprietà di AIPO.

Nel corso dei sondaggi, sono stati prelevati anche 10 campioni indisturbati e consegnati alla Committenza per eventuali analisi di laboratorio.

Infine, la campagna d'indagini ha previsto un rilievo con strumentazione *Ground Probing Radar* (GPR) sugli argini con l'obiettivo di individuare strutture annesse agli stessi rilevati (in particolare, presenza di diaframmi) al disotto dei rivestimenti in calcestruzzo.

2.1.1.4 Progetto Stabilità all'Input Sismico dei Manufatti Arginali

Con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 6 agosto 2005 sono state assegnate all'Autorità di bacino del fiume Po le risorse per la verifica sismica di 7 casse di laminazione delle piene, tra cui quella del fiume Secchia.

Complessivamente le attività di verifica sono state articolate in cinque distinte macroattività, che possono essere sintetizzate come segue:

1. Prelievo di campioni e indagini in situ;
2. Indagini sismiche a rifrazione;
3. Prove di laboratorio e prove Down Hole;
4. Analisi sismica;
5. Verifiche di stabilità.

Le vere e proprie attività di verifica sono state precedute da una fase di raccolta e sistematizzazione di tutta la documentazione disponibile, sono state inoltre acquisite tutte le indagini di campagna e le prove di laboratorio effettuate sia sui terreni di fondazione e sui materiali impiegati per la costruzione dei manufatti sia in fase progettuale, sia in fase esecutiva.

Per il coordinamento tra le varie attività è stato istituito un “gruppo di orientamento” a cui hanno partecipato il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, l'Unità Organizzativa Tutela e Valorizzazione del Territorio della Regione Lombardia ed AIPO.

La campagna di indagini integrative appositamente condotta, nel 2008, per completare la caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni costituenti il sottosuolo e gli argini della cassa di espansione ha compreso:

- n° 1 sondaggio a carotaggio continuo, effettuato dalla ditta Parmageo, a partire dalla sommità dell'argine settentrionale, della lunghezza di 50 m, a partire dalla sommità dell'argine settentrionale, nel corso del quale sono stati estratti n° 2 campioni indisturbati ed eseguite n° 12 prove S.P.T.
- n° 1 prova *Down-Hole* effettuata nel foro di sondaggio descritto al punto precedente, da parte della ditta Progeo

- n° 1 stendimento sismico della lunghezza di 400 m, effettuato sempre dalla ditta Progeo, ed elaborato sia con analisi G.R.M., sia con analisi tomografica a *countour line*
- Prove eseguite dal Laboratorio di Geotecnica del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze, sui campioni di terreno indisturbato, ovvero:
 - n° 1 prova edometrica
 - n° 1 prova di colonna risonante
 - n° 1 prova triassiale CIU
 - n° 2 prove di classificazione

2.1.1.5 Progetto di manutenzione straordinaria della cassa d'espansione

Il progetto definitivo della manutenzione straordinaria della cassa (MO-E-1351), redatto da Blu Progetti s.r.l., è supportato da una Relazione geologica e geotecnica, datata maggio 2016. All'interno di tale relazione sono riportati i risultati delle indagini effettuate sui depositi alluvionali post 1978, della zona subito a monte della traversa di regolazione, sulla sponda destra del fiume; indagini che hanno previsto:

- n° 3 scavi esplorativi, eseguiti con escavatore, interrotti a profondità variabili, comprese tra -6 a -7 m da p.c., nel corso dei quali sono stati prelevati campioni rimaneggiati
- prove eseguite dal laboratorio di geotecnica AIPO di Boretto sui campioni rimaneggiati, ovvero:
 - n° 3 analisi granulometriche
 - n° 3 classificazioni delle terre
 - n° 3 determinazioni delle sostanze organiche

2.1.2 Indagini in corrispondenza dell'ampliamento in progetto

Le indagini effettuate in corrispondenza dell'ampliamento in progetto, possono essere distinte, a seconda che siano state effettuate a supporto della pianificazione estrattiva o della progettazione idraulica.

2.1.2.1 Variante Generale al Piano Attività Estrattive di Rubiera

Tra le previsioni della Variante Generale al Piano delle Attività Estrattive (P.A.E.) del Comune di Rubiera (RE), redatto dal dott. geol. Giorgio Gasperini, e approvato con Deliberazione di Consiglio Comunale n° n. 23 del 09.04.2019, è compreso un polo estrattivo di valenza provinciale, denominato SE108 "Ampliamento cassa di espansione F. Secchia", nel quale si prevede l'escavazione di poco più di 3 milioni di m³ di ghiaie e sabbie, con lo scopo non solo del reperimento di materiali inerti per il soddisfacimento delle esigenze a scala comunale e in parte a scala provinciale, ma anche di attuare il progetto di ampliamento del sistema delle casse di laminazione delle piene del fiume Secchia.

Di particolare interesse, ai fini del presente studio, sono le stratigrafie dei sondaggi a carotaggio continuo ubicati in tale polo estrattivo, riportate nell'allegato n° 3 al fascicolo n° 2 – Studio geologico-minerario del P.A.E., relative a:

- n° 4 sondaggi eseguiti, nel 1990, dalla ditta Intergeo s.r.l., tutti approfonditi fino a 15 m da p.c.
- n° 9 sondaggi, di cui n° 3 attrezzati con piezometri a tubo aperto, eseguiti, nel 2001, dalla ditta Montanari Sante e Antonio S.n.c. che hanno raggiunto profondità variabili tra 21 e 24 m da p.c.
- n° 7 sondaggi, eseguiti, nel 2004, dalla ditta Geodes s.r.l., di cui n° 2 attrezzati con piezometri a tubo aperto, approfonditi fino a 30 m da p.c., e n° 5, privi di piezometri e in cui la perforazione è stata interrotta a 15 m da p.c.

Mandataria:



Mandanti:



2.1.2.2 Progetto di ampliamento della cassa d'espansione

Nel 2012, su incarico di AIPO, è stata effettuata una campagna geognostica finalizzata a supportare i livelli di progettazione più dettagliati dell'ampliamento della cassa d'espansione.

Allo scopo sono state eseguite le seguenti tipologie d'indagini:

Indagini eseguite sui terreni d'imposta delle arginature

- n° 9 sondaggi a carotaggio continuo eseguiti da Geoser s.r.l., di cui n° 6 fino a 30 m da p.c., n° 2 fino a 20 m p.c. e n° 1 fino a 40 m da p.c., nel corso dei quali sono stati estratti campioni indisturbati ed eseguite prove S.P.T.
- n° 6 prove penetrometriche SCPT, eseguite sempre da Geoser s.r.l., interrotte a profondità variabili, comprese tra -6 a -12 m da p.c.
- Prove di laboratorio, eseguite dallo Studio MM, su campioni indisturbati, ovvero:
 - n° 11 prove di classificazione
 - n° 8 determinazioni del contenuto d'acqua naturale
 - n° 11 analisi granulometriche
 - n° 3 prove edometriche
 - n° 3 prova triassiale CD
 - n° 1 prova triassiale CU

Indagini eseguite per valutare qualità e quantità dei terreni da rilevato

- n° 9 pozzetti esplorativi, eseguiti con escavatore da Geoser s.r.l., interrotti a profondità variabili, comprese tra -2 a -3 m da p.c., nel corso dei quali sono stati prelevati campioni rimaneggiati
- n° 2 stendimenti sismici, effettuati anch'esse dalla ditta Geoser s.r.l.
- n° 9 tomografie elettriche, effettuati sempre dalla ditta Geoser s.r.l.
- Prove di laboratorio, eseguite dallo Studio MM, su campioni rimaneggiati, ovvero:
 - n° 17 prove di classificazione
 - n° 17 determinazioni del contenuto d'acqua naturale
 - n° 17 analisi granulometriche

- n° 10 prova di compattazione Proctor
- n° 2 determinazioni del coefficiente di permeabilità

2.1.3 Database del Servizio geologico della Regione Emilia-Romagna

Ad integrazione delle indagini descritte nei paragrafi precedenti, sono state presi in esame anche una serie di dati disponibili sul sito web del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, che hanno consentito di raccogliere informazioni in un'area compresa in un buffer di 2 km dalla cassa d'espansione esistente e dal suo ampliamento già oggetto di progetto preliminare da parte di AIPO.

Tali indagini sono di seguito elencate:

- n° 311 prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT
- n° 7 prove penetrometriche statiche con punta elettrica CPTE
- n° 9 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU
- n° 44 prove penetrometriche dinamiche generiche
- n° 33 sondaggi a carotaggio continuo
- n° 6 sondaggi a distruzione
- n° 105 pozzi per acqua

Ai fini della realizzazione delle sezioni, le indagini utilizzate dal Database del Servizio geologico della Regione Emilia-Romagna, sono solamente 2: un pozzo per acqua e una prova penetrometrica statica con punta meccanica CPT. Negli allegati, pertanto sono state inserite esclusivamente tali indagini

Tutte le altre indagini sono servite esclusivamente per definire il modello geologico generale dell'area.

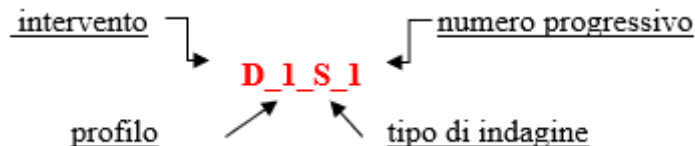
2.2 Indagini geognostiche integrative - Campagna 2018-2019

Alla luce delle necessità progettuali e, soprattutto, di quanto ricostruito grazie alla raccolta e analisi critica della documentazione esistente, relativa all'area oggetto d'intervento, descritta nel capitolo 1.2 all'interno del presente studio, è stato pianificato un programma di indagini integrative.

Per l'identificazione delle varie indagini, si è creato un sistema di denominazione univoco, suddiviso in campi dal segno *underscore* («_»), così strutturato:

intervento _ profilo interessato _ tipologia di indagine _ numero progressivo relativo.

Tale catalogazione risulta comprensibile dallo schema seguente:



dove:

- Intervento: Il codice attribuito all'intervento è correlato all'elenco del Cap.1.2. Va precisato, tuttavia che, la codifica (lettera) degli interventi è cambiata tra lo studio di fattibilità (fase in cui è stato definito il programma delle indagini) ed il Progetto Definitivo. I codici interventi, di seguito elencati, pertanto, corrispondono a quelli dello studio di fattibilità. Nell'elenco seguente la lettera tra parentesi (non presente nel codice reale dell'indagine riportata sia sulle tavole che negli allegati) indica, se variato rispetto alla precedente definizione, il nuovo codice dell'intervento:
 - A = Adeguamento del manufatto regolatore
 - B = Adeguamento del manufatto sfioratore
 - C (L) = Soglia di sfioro ampliamento cassa laterale
 - D (H) (M) = adeguamento dei rilevati arginali, Arginature
 - E (C) (I) = opere di svasso e risagomatura cassa in linea, risagomatura e rimozione sedimenti vasca in linea
 - H (E) = argine golenale a valle manufatto di regolazione
 - I = Monitoraggio Idrogeologico
- Profilo: i vari tratti di arginatura sono stati suddivisi in sette diversi profili, per comodità di rappresentazione. La numerazione è la seguente:
 - 1; 2-3-4; 5; 6; 7
- Tipo di indagine: la tipologia di indagine può essere
 - S = sondaggio

- SO = sondaggio orizzontale
- S_PZ = sondaggio a distruzione con installazione di piezometro,
- pozzo = pozzo
- SCPT = prova penetrometrica dinamica
- T = saggio con escavatore / geoelettrica
- CPTU = prova CPTU
- SCPTU = prova SCPTU
- SR = sismica a rifrazione
- Numero progressivo: la numerazione delle indagini è progressiva per tipologia e per intervento/profilo.

Dette indagini sono state eseguite dalla ditta Elletipi/Socotec Italia s.r.l. tra l'ottobre 2018 e il giugno 2019 e hanno visto l'effettuazione di 190 indagini.

Tipo prova	Totale
Sondaggio a carotaggio continuo (S)	36
Sondaggio a carotaggio continuo orizzontale (SO)	8
Sondaggio a distruzione di nucleo (S)	6
Pozzo	2
Prova penetrometrica dinamica	11
Sismica a rifrazione	10
Geoelettrica	10
Down-Hole	1
Trincea o pozzetto esplorativo (Saggio con escavatore) (T)	106

Tab. 1– Tabella riepilogativa indagini geognostiche eseguite nell'area di studio

Nei successivi paragrafi, sono descritte le varie tipologie di indagini effettuate, di cui in Tab. 1 viene riportata la sintesi per tipologia e numero.

2.2.1 Sondaggi

Sono stati eseguiti diversi tipi di sondaggio con differenti finalità che verranno illustrate nelle specifiche descrizioni:

- sondaggi a carotaggio continuo (36);
- sondaggi a carotaggio continuo orizzontali (8);
- sondaggi a distruzione di nucleo (6).

2.2.1.1 Sondaggi a carotaggio continuo

Per la conoscenza delle caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area oggetto d'intervento sono stati eseguiti 36 sondaggi a carotaggio continuo: 26 in corrispondenza degli argini esistenti o in progetto e dei manufatti e 10 al contorno per il monitoraggio idrogeologico.

In Tab. 2, per ciascun sondaggio sono riportati:

- anno
- codice
- intervento / profilo interessato
- posizione
- quota in m s.l.m.
- massima profondità raggiunta in m
- eventuale prova down-hole effettuata nel foro di sondaggio
- eventuale piezometro installato nel foro di sondaggio

Anno	Codice	Intervento (profilo)	Posizione	Quota (m.s.l.m.)	profondità (m)	down hole	piezometro
2019	A_S_1	A	alveo	37.75	30.0		
2019	A_S_2	A	alveo	37.75	30.0		
2019	A_S_3_N	A	sommità	49.15	36.0		x
2018	B_S_1	B / 2-3-4	sommità	49.27	50.0	x	
2018	B_S_2	B / 2-3-4	sommità	49.30	40.0		x
2019	B_S_3_N	B / 2-3-4	su manufatto	45.35	10.0		
2018	C_S_1	L - 5	sommità	49.74	20.0		
2019	D_1_S_1	1	sommità	49.85	20.0		
2019	D_1_S_2	1	sommità	49.38	20.0		
2019	D_1_S_3	1	sommità	49.43	20.0		
2019	D_1_S_4	1	sommità	49.44	20.0		

Anno	Codice	Intervento (profilo)	Posizione	Quota (m.s.l.m.)	profondità (m)	down hole	piezometro
2019	D_1_S_5	1	sommità	49.33	20.0		x
2019	D_1_S_6	1	sommità	49.29	20.0		
2019	D_1_S_7	1	sommità	49.30	20.0		
2019	D_2_S_1	H / 2-3-4	p.c.	52.39	20.0		x
2018	D_2_S_2	H / 2-3-4	p.c.	49.98	20.0		
2018	D_3_S_1	H / 2-3-4	sommità	49.28	33.0		x
2018	D_3_S_2	B / 2-3-4	sommità	49.50	35.0		
2018	D_3_S_3	B / 2-3-4	sommità	49.49	35.0		
2018	D_3_S_4	B / 2-3-4	sommità	49.61	35.0		x
2018	D_6_S_1	6	sommità	49.51	39.0		
2018	D_6_S_2	6	sommità	49.54	39.0		x
2018/19	D_6_S_3	6	sommità	49.50	39.0		
2019	D_7_S_1r	7	p.c.	44.14	21.0		x
2019	D_7_S_2N	7	p.c.	44.07	35.0		
2019	D_7_S_3N	7	p.c.	44.46	35.0		
2019	I_S_PZ_1	Monitor. Idrogeol.	p.c.		35.0		x
2019	I_S_PZ_2	Monitor. Idrogeol.	p.c.		40.0		x
2019	I_S_PZ_3	Monitor. Idrogeol.	p.c.		15.0		x
2019	I_S_PZ_4	Monitor. Idrogeol.	p.c.		15.0		x
2019	I_S_PZ_5	Monitor. Idrogeol.	p.c.		15.0		x
2019	I_S_PZ_6	Monitor. Idrogeol.	p.c.		18.0		x
2019	I_S_PZ_7	Monitor. Idrogeol.	p.c.		15.0		x
2019	I_S_PZ_8	Monitor. Idrogeol.	p.c.		15.0		x
2019	I_S_PZ_9	Monitor. Idrogeol.	p.c.		15.0		x
2019	I_S_PZ_10	Monitor. Idrogeol.	p.c.		15.0		x

Tab. 2– Tabella riepilogativa dei sondaggi a carotaggio continuo

I report con le stratigrafie rilevate nel corso dei sondaggi e i risultati delle prove di permeabilità in foro sono riportati nell'elaborato All(RG). 15 - Stratigrafie sondaggi 2018/19.

Per il dettaglio delle prove SPT effettuate in foro si rimanda alla Relazione Geotecnica R.05. Per le analisi dei campioni prelevati si rimanda, invece, all'elaborato All(RGT).

11 - Analisi di laboratorio 2018/19, allegato alla Relazione Geotecnica, mentre per la prova di Vs in foro (Down-hole) si rimanda all'elaborato All(RS).1 allegato alla Relazione sismotettonica e sismica.

2.2.1.2 Sondaggi a carotaggio continuo orizzontali

Per verificare lo spessore di materiale fine, a copertura dei rilevati arginali, sono stati realizzati 8 sondaggi orizzontali, nelle aree dove è emerso un nucleo ghiaioso del rilevato stesso.

In Tab. 3 per ciascun sondaggio sono riportati:

- anno
- codice
- intervento / profilo interessato
- Sezione trasversale di riferimento
- quota in m s.l.m.
- massima profondità (lunghezza) raggiunta in m

Anno	Codice	Intervento (profilo)	Sezione trasversale di riferimento	Quota (m.s.l.m.)	profondità (m)
2019	D_6_SO_1	6	1	47.92	5.0
2019	D_6_SO_2	6	4	45.07	5.0
2019	D_6_SO_3	6	6	44.32	12.40
2019	D_6_SO_4	6	10	44.43	5.0
2019	D_5_SO_5	5	14	46.49	5.0
2019	D_5_SO_6	5	17	48.35	3.0
2019	D_3_SO_7	H / 2-3-4	21	45.92	5.0
2019	D_3_SO_8	H / 2-3-4	25	44.59	5.0

Tab. 3– Tabella riepilogativa dei sondaggi a carotaggio continuo orizzontali

I report con le stratigrafie rilevate nel corso dei sondaggi sono riportati nell'elaborato All(RG). 15 - Stratigrafie sondaggi 2018/19.

2.2.1.3 Sondaggi a distruzione di nucleo

Per determinare la permeabilità e la trasmissività dell'acquifero interessato dall'ampliamento della cassa sono stati realizzati 2 campi prova costituiti da 3 sondaggi a distruzione di nucleo attrezzati con piezometro e 1 pozzo ciascuno.

In Tab. 4 per ciascun sondaggio sono riportati:

- anno
- codice
- intervento
- quota in m s.l.m.
- massima profondità raggiunta in m

Anno	Codice	Intervento	Quota (m.s.l.m.)	profondità (m)
2019	I_S_PZ_M1	Campo prova di Monte	47.92	20.0
2019	I_S_PZ_M2	Campo prova di Monte	45.07	20.0
2019	I_S_PZ_M3	Campo prova di Monte	44.32	21.0
2019	I_S_PZ_V1	Campo prova di Valle	44.43	20.0
2019	I_S_PZ_V2	Campo prova di Valle	46.49	20.0
2019	I_S_PZ_V3	Campo prova di Valle	48.35	20.0

Tab. 4– Tabella riepilogativa dei sondaggi a distruzione di nucleo

I report con le stratigrafie rilevate nel corso dei sondaggi sono riportati nell'elaborato All(RG). 15 - Stratigrafie sondaggi 2018/19.

2.2.2 Pozzi

Come detto nel paragrafo precedente, sono stati realizzati 2 campi prova costituiti da altrettanti pozzi, realizzati per poter effettuare le due prove di pompaggio.

In Tab. 5 sono riportate le caratteristiche dei due pozzi.

Anno	Codice	Intervento	Tipo di perforazione	Diametro perforazione (mm)	Diametro pozzo (mm)	Materiale	profondità (m)
2019	I_Pozzo_M	Campo prova di Monte	rotazione	250	180	PVC	20.0
2019	I_Pozzo_V	Campo prova di Valle	rotazione	250	180	PVC	20.0

Tab. 5– Tabella riepilogativa dei pozzi

I report con le stratigrafie e altre caratteristiche dei pozzi sono riportati nell'elaborato All(RG). 15 - Stratigrafie sondaggi 2018/19.

2.2.3 Prove penetrometriche dinamiche

Le prove penetrometriche dinamiche, o SCPT, sono delle indagini, eseguite in situ, per poter determinare la stratificazione e le proprietà meccaniche dei terreni principalmente ghiaiosi.

Tali prove consistono nell'infissione nel terreno di una punta conica tramite battitura con un maglio di massa pari a 63.5 kg e con altezza di caduta di 75 cm e la conseguente determinazione del numero di colpi necessari ad infiggere la punta conica (area della punta 20.02 cm²) e le aste ad essa collegate, per una profondità di 20 cm.

Questa tipologia di prova, sebbene meno significativa in terreni coesivi, rispetto alla prova statica (CPT), consente un l'avanzamento e la parametrizzazione geotecnica anche nei depositi ghiaiosi e ciottolosi.

Nell'area in esame sono state realizzate 11 prove SCPT: 9 lungo l'argine di valle e 2 lungo il profilo 2.

In Tab. 6, per ciascuna prova, sono riportati:

- anno
- codice
- intervento / profilo interessato
- posizione
- quota in m s.l.m.
- massima profondità raggiunta in m

Anno	Codice	Intervento (profilo)	Posizione	Quota (m.s.l.m.)	profondità (m)
2019	D_2_SCPT_1	H / 2-3-4	p.c.	51.43	15.0
2019	D_2_SCPT_2	H / 2-3-4	p.c.	50.05	15.0
2019	H_SCPT_1	E	p.c.	40.07	9.8
2019	H_SCPT_2	E	p.c.	41.08	9.8
2019	H_SCPT_3	E	p.c.	40.31	10.0
2019	H_SCPT_4	E	p.c.	40.47	10.0
2019	H_SCPT_5	E	p.c.	40.14	10.0
2019	H_SCPT_6	E	p.c.	40.08	10.0
2019	H_SCPT_7	E	p.c.	39.94	10.0
2019	H_SCPT_8	E	p.c.	39.79	10.0
2019	H_SCPT_9	E	p.c.	39.52	10.0

Tab. 6– Tabella riepilogativa delle prove SCPT

I report con i risultati delle prove SCPT sono riportati nell'elaborato All(RG). 16 - Prove penetrometriche 2018/19.

2.2.4 Prove geofisiche

Per un ulteriore approfondimento dei terreni costituenti l'arginatura e il suolo sottostante, si è ritenuto opportuno eseguire 2 tipi di prove geofisiche: Sismica a rifrazione e Geoelettrica.

Si è inoltre eseguita una prova down-hole per valutare la velocità delle onde sismiche primarie V_p e secondarie V_s . I report con i risultati di questa prova sono riportati nell'elaborato All(RS). 1 – Misure di VS in foro allegato alla Relazione sismotettonica e sismica.

Le indagini indirette, ed in particolare la metodologia a rifrazione, permettono la ricostruzione areale delle geometrie e degli spessori dei depositi di copertura, la profondità del substrato (entro i limiti di penetrazione del metodo) e la verifica di eventuali discontinuità laterali utilizzando la velocità delle Onde P e/o S.

Lo scopo delle indagini geoelettriche è quello di ricavare informazioni riguardanti la geometria e la localizzazione di elementi sepolti geologici (e non) alla luce delle loro proprietà elettriche. In particolare, il metodo della resistività si realizza attraverso la

misura della differenza di potenziale elettrico in diversi punti della superficie del terreno.

In Tab. 7, per ciascuna prova, sono riportati:

- anno
- codice
- tipo di prova
- intervento / profilo interessato
- posizione
- massima profondità raggiunta in m / lunghezza stendimento in m

Anno	Codice	Tipo di prova	Intervento / profilo	Posizione	lunghezza (m)
2019	D1SR1	Sismica a rifrazione	1	sommità	100.0
2019	D1SR2	Sismica a rifrazione	1	p.c.	100.0
2019	D3SR1	Sismica a rifrazione	H / 2-3-4	p.c.	100.0
2019	D3SR2	Sismica a rifrazione	H / 2-3-4	p.c.	100.0
2019	D6SR1	Sismica a rifrazione	6	banca	100.0
2019	D6SR2	Sismica a rifrazione	6	banca	100.0
2019	D6SR3	Sismica a rifrazione	6	banca	100.0
2019	D6SR4	Sismica a rifrazione	6	sommità	100.0
2019	D6SR5	Sismica a rifrazione	6	p.c.	100.0
2019	D6SR6	Sismica a rifrazione	6	p.c.	100.0
2019	D1T1	Geoelettrica	1	sommità	106.5
2019	D2T1	Geoelettrica	H / 2-3-4	sommità	106.5
2019	D3T1	Geoelettrica	H / 2-3-4	sommità	106.5
2019	D3T2	Geoelettrica	H / 2-3-4	sommità	106.5
2019	D3T3	Geoelettrica	H / 2-3-4	sommità	106.5
2019	D3T4	Geoelettrica	H / 2-3-4	sommità	106.5
2019	D6T1	Geoelettrica	6	banca	106.5
2019	D6T2	Geoelettrica	6	sommità	106.5
2019	D6T3	Geoelettrica	6	banca	106.5
2019	D6T4	Geoelettrica	6	banca	106.5
2019	DH_BS1	Down - hole	B / 2-3-4	sommità	50

Tab. 7– Tabella riepilogativa delle prove geofisiche

I report con i risultati delle prove geofisiche sono riportati nell'elaborato All(RG). 17 - Prove geofisiche 2018/19.

2.2.5 Trincee o pozzetti esplorativi

Per l'approfondimento delle conoscenze dei soli terreni più superficiali, sia da un punto di vista geotecnico che ambientale, in corrispondenza della vasca in linea e del futuro ampliamento, è stata eseguita una campagna di trincee e pozzetti che, nel tratto in esame ha previsto la realizzazione di 106 indagini: 38 all'interno della cassa in linea e 68 all'interno dell'ampliamento previsto². I primi 9 saggi all'interno della cassa in linea, di fronte al manufatto sfioratore, sono stati eseguiti tramite sonda, i restanti mediante escavatore.

Per la descrizione dei terreni interessati da queste indagini si rimanda al capitolo relativo all'individuazione e caratterizzazione dei siti di prelievo dei materiali per rilevati e, più precisamente, al paragrafo 7.1 "Area di risagomatura e rimozione dei sedimenti della vasca in linea".

In Tab. 8 per ciascun saggio sono riportati:

- anno
- codice
- intervento
- massima profondità raggiunta in m
- campioni rimaneggiati prelevati
- campioni ambientali prelevati

Anno	codice	Intervento	profondità (m)	Campioni rimaneggiati	Campioni ambientali
2019	E_T_1	C e I	7	1	3
2019	E_T_2	C e I	7		2
2019	E_T_3	C e I	7	1	3
2019	E_T_4	C e I	7	1	3

² I 68 pozzetti realizzati nell'area di ampliamento della cassa erano stati previsti nel Progetto di fattibilità tecnico ed economica. In tale progetto, infatti era previsto che la fornitura del materiale per la realizzazione dell'ampliamento venisse effettuata con il cappellaccio prelevato all'interno della cassa stessa, sulla base di un Protocollo d'intesa, sottoscritto da Regione Emilia-Romagna, Agenzia Interregionale per il fiume Po, Provincia di Reggio Emilia, Provincia di Modena e Comune di Rubiera. Nel presente progetto, come verrà illustrato in seguito, il materiale per la realizzazione dell'argine della cassa in ampliamento proverrà dallo scavo di sedimenti in alveo. Per completezza della documentazione i risultati di tali pozzetti sono comunque riportati nel presente studio.

(MO-E-1273) Lavori di ampliamento della Cassa di laminazione del fiume Secchia, comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma ministero - RER - Parte A)
CUP: B98G11000320001
(MO-E-1357) Interventi di adeguamento del sistema di laminazione delle piene della Cassa di espansione del fiume Secchia (provincia di Modena) (Ordinanza 1/2018 del 07.11.2018) - CUP: B94H16000690002



Anno	codice	Intervento	profondità (m)	Campioni rimaneggiati	Campioni ambientali
2019	E_T_5	C e I	7	1	3
2019	E_T_6	C e I	7		3
2019	E_T_7	C e I	7	1	3
2019	E_T_8	C e I	7	1	3
2019	E_T_9	C e I	7	1	3
2019	E_T_10	C e I	7	1	3
2019	E_T_11	C e I	7		3
2019	E_T_12	C e I	7	1	3
2019	E_T_13	C e I	7	1	3
2019	E_T_14	C e I	4	1	3
2019	E_T_15	C e I	7	1	3
2019	E_T_16	C e I	4	1	3
2019	E_T_17	C e I	7	1	3
2019	E_T_18	C e I	4		3
2019	E_T_19	C e I	7	1	3
2019	E_T_20	C e I	7		3
2019	E_T_21	C e I	7		3
2019	E_T_22	C e I	7		3
2019	E_T_23	C e I	7		3
2019	E_T_24	C e I	7		3
2019	E_T_25	C e I	7		3
2019	E_T_26	C e I	7		3
2019	E_T_27	C e I	4		3
2019	E_T_28	C e I	7		3
2019	E_T_29	C e I	7		3
2019	E_T_30	C e I	7		3
2019	E_T_31	C e I	4		3
2019	E_T_32	C e I	7		3
2019	E_T_33	C e I	7		3
2019	E_T_34	C e I	7		3
2019	E_T_35	C e I	7	1	3
2019	E_T_36	C e I	7		3
2019	E_T_37	C e I	7		3
2019	E_T_38	C e I	7	1	3
2019	D_T_1	M	1.5		1
2019	D_T_2	M	1.5		1
2019	D_T_3	M	1.5		1
2019	D_T_4	M	1.5		1
2019	D_T_5	M	1.8	1	1
2019	D_T_6	M	1.5		1
2019	D_T_7	M	1.5		1
2019	D_T_8	M	1.8		1
2019	D_T_9	M	1.5		1
2019	D_T_10	M	1.5		1
2019	D_T_11	M	1.5	1	1

(MO-E-1273) Lavori di ampliamento della Cassa di laminazione del fiume Secchia, comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma ministero - RER - Parte A)
CUP: B98G11000320001
(MO-E-1357) Interventi di adeguamento del sistema di laminazione delle piene della Cassa di espansione del fiume Secchia (provincia di Modena) (Ordinanza 1/2018 del 07.11.2018) - CUP: B94H16000690002

Anno	codice	Intervento	profondità (m)	Campioni rimaneggiati	Campioni ambientali
2019	D_T_12	M	1.5		1
2019	D_T_13	M	1.5		1
2019	D_T_14	M	1.56		1
2019	D_T_15	M	1.5		1
2019	D_T_16	M	1.6		1
2019	D_T_17	M	1.7		1
2019	D_T_18	M	1.5		1
2019	D_T_19	M	1.5		1
2019	D_T_20	M	1.7	1	1
2019	D_T_21	M	1.5		1
2019	D_T_22	M	1.85		1
2019	D_T_23	M	1.5		1
2019	D_T_24	M	2		1
2019	D_T_25	M	2		1
2019	D_T_26	M	2.4		1
2019	D_T_27	M	2.3	1	1
2019	D_T_28	M	2.1		1
2019	D_T_29	M	2.4		1
2019	D_T_30	M	2.4		1
2019	D_T_31	M	2.2		1
2019	D_T_32	M	2.5		1
2019	D_T_33	M	2.3		1
2019	D_T_34	M	2.25		1
2019	D_T_35	M	2.3		1
2019	D_T_36	M	2.2	1	1
2019	D_T_37	M	2		1
2019	D_T_38	M	2		1
2019	D_T_39	M	2		1
2019	D_T_40	M	2		1
2019	D_T_41	M	2.2		1
2019	D_T_42	M	2.4		1
2019	D_T_43	M	2.4		1
2019	D_T_44	M	2.2	1	1
2019	D_T_45	M	2.2		1
2019	D_T_46	M	2.2		1
2019	D_T_47	M	2.2		1
2019	D_T_48	M	2.4		1
2019	D_T_49	M	2.2	1	1
2019	D_T_50	M	2.1		1
2019	D_T_51	M	2		1
2019	D_T_52	M	2		1
2019	D_T_53	M	2		1
2019	D_T_54	M	2		1
2019	D_T_55	M	2		1

Anno	codice	Intervento	profondità (m)	Campioni rimaneggiati	Campioni ambientali
2019	D_T_56	M	1.9		1
2019	D_T_57	M	2.4		1
2019	D_T_58	M	2		1
2019	D_T_59	M	2		1
2019	D_T_60	M	2.2		1
2019	D_T_61	M	2		1
2019	D_T_62	M	1.9		1
2019	D_T_63	M	2		1
2019	D_T_64	M	2.2		1
2019	D_T_65	M	2		1
2019	D_T_66	M	2.2		1
2019	D_T_67	M	2.3		1
2019	D_T_68	M	2		1

Tab. 8 – Tabella riepilogativa delle trincee o pozzetti esplorativi

Le stratigrafie rilevate nel corso dei saggi sono riportate nel report di cui all'elaborato All(RG). 18 - Pozzetti con escavatore 2018/19, le analisi chimiche nell'All(RG). 19 - Analisi chimiche 2018/19, mentre le geotecniche nell'All(RGT). 11 - Analisi di laboratorio 2018/19.

2.3 Prove SPT

Durante l'esecuzione dei sondaggi, nelle diverse campagne di indagine, sono state realizzate prove 130 Standard Penetration Test (SPT), eseguite secondo le norme A.S.T.M. con maglio da 140 libbre a sganciamento automatico, con altezza di caduta di 2.50 piedi.

La profondità da p.c. di esecuzione delle prove S.P.T., e il valore di N_{SPT} è riportato in SPT nei fori, prevalentemente nei terreni granulari, a diverse profondità.

In Tab. 9 è riportato il riepilogo di tutte le prove effettuate indicando il sondaggio, la profondità della prova, la sua quota assoluta ed il valore di N_{SPT} . Nelle prove più recenti (per cui si dispone delle informazioni) viene riportato il valore del numero di colpi per ciascun intervallo, per la altre solo il valore di N_{SPT} .

SONDAGGIO	Prof	quota SPT	Numero colpi			
	(m)	m slm	N1	N2	N3	N _{SPT}
So1	9	40.15				R
So1	12.5	36.65				25
So1	29	20.15				33
So1	32	17.15				39
So1	35.5	13.65				33
So1	39	10.15				42
So1	42	7.15				R
So1	45	4.15				R
S1 Magispo	3.5	39.29				52
S1 Magispo	4.5	38.29				45
S4 Magispo	16	23.66				57
S4 Magispo	18	21.66				76
AS2	16.9	20.85	15	25	37	62
AS1	17.5	20.25	16	22	35	57
AS1	20.5	17.25	18	26	31	57
AS2	26	11.75	21	24	38	62
AS1	28.5	9.25	25	25	38	63
S8-aipo_Amp	3	46.3				R
S8-aipo_Amp	6	43.3				66
S8-aipo_Amp	9	40.3				31
S8-aipo_Amp	12	37.3				35
S8-aipo_Amp	18	31.3				30
BS1	6	43.27	14	10	16	26
BS1	3	46.27	5	3	30	33
BS1	9	40.27	29	31	31	62
BS1	22.5	26.77	15	38	40	78
BS1	25.5	23.77	36	28	46	74
BS1	28.5	20.77	30	30	34	64
BS1	30	19.27	28	35	37	72
BS1	38	11.27	30	33	29	62
BS2	9	40.3	24	30	21	51
BS2	3	46.3	12	14	12	26
BS2	24	25.3	40	27	25	52
BS2	27	22.3	31	24	22	46
BS2	30	19.3	38	28	28	56
BS2	33	16.3	45	31	R	R
BS2	39	10.3	40	28	29	57
D3S2	6	43.5	20	R		R
D3S2	27.2	22.3	8	7	4	11
D3S2	30	19.5	37	22	21	43
D3S3	6	43.49	35	R		R
D3S3	3	46.49	23	23	15	38
D3S3	9	40.49	38	36	25	61
D3S3	12.1	37.39	8	13	8	21
D3S3	28.5	20.99	31	29	26	55
D3S3	30	19.49	28	26	25	51
D3S4	9	40.61	17	17	19	36
D3S4	14	35.61	15	20	18	38
D3S4	28.5	21.11	16	21	24	45

SONDAGGIO	Prof	quota SPT	Numero colpi			
	(m)	m slm	N1	N2	N3	N _{SPT}
D3S4	31.5	18.11	18	23	22	45
D3S1	3	46.28	24	24	19	43
D3S1	11	38.28	37	29	20	49
D3S1	14	35.28	31	25	24	49
D3S1	21	28.28	23	31	32	63
D2S1	3	49.39	7	11	8	19
D2S1	6	46.39	14	16	17	33
D2S1	18	34.39	18	15	19	34
D2S2	2.5	47.48	34	38	R	
D2S2	8.5	41.48	31	27	R	
D2S2	10.5	39.48	34	39	R	
D2S2	12.5	37.48	30	29	37	66
D2S2	15	34.98	38	R		R
D7S1R	12	32.14	22	27	22	49
D7S1R	15	29.14	20	19	21	40
D7S1R	18	26.14	18	R		R
S7-aipo-Amp	3	46				R
S7-aipo-Amp	9	40				28
S7-aipo-Amp	12	37				39
S7-aipo-Amp	15	34				34
S7-aipo-Amp	18	31				31
S6-aipo-Amp	3	45.43				R
S6-aipo-Amp	6	42.43				R
S6-aipo-Amp	9	39.43				34
S6-aipo-Amp	12	36.43				34
S6-aipo-Amp	15	33.43				35
S6-aipo-Amp	18	30.43				33
S5-aipo-Amp	3	44.17				R
S5-aipo-Amp	6	41.17				R
S5-aipo-Amp	9	38.17				R
S5-aipo-Amp	12	35.17				R
S5-aipo-Amp	15	32.17				49
S1-aipo-Amp	3	41.51				R
S1-aipo-Amp	6	38.51				47
S1-aipo-Amp	9	35.51				31
S1-aipo-Amp	12	32.51				33
S1-aipo-Amp	15	29.51				41
S1-aipo-Amp	18	26.51				43
S9-aipo-Amp	3	42.5				R
S9-aipo-Amp	12	33.5				32
S9-aipo-Amp	15	30.5				25
S9-aipo-Amp	18	27.5				57
CS1	4.3	45.44	30	41	47	88
CS1	7.5	42.24	34	38	37	75
CS1	10.1	39.64	31	31	42	73
CS1	12	37.74	36	R		R
CS1	16.5	33.24	42	39	R	
D6S1	13.5	36.01	10	11	5	16
D6S1	3	46.51	13	6	7	13

SONDAGGIO	Prof	quota SPT	Numero colpi			
	(m)	m slm	N1	N2	N3	N _{SPT}
D6S1	21.6	27.91	30	33	28	61
D6S2	15	34.54	9	9	9	18
D6S3	9	40.5	31	32	31	63
D6S3	24	25.5	13	17	26	43
D6S3	27	22.5	12	19	20	39
S5-MagisPo_Man	3.75	39.25				50
S5-MagisPo_Man	4.8	38.2				18
S5-MagisPo_Man	16.1	26.9				90
S5-MagisPo_Man	18.45	24.55				95
S5-MagisPo_Man	21.9	21.1				91
S5-MagisPo_Man	32.5	10.5				98
D1S1	3	46.85	11	18	19	37
D1S1	9	40.85	45	50	R	
D1S1	11	38.85	15	18	18	36
D1S1	15	34.85	14	20	23	43
D1S1	18	31.85	16	18	16	34
D1S2	3	46.38	30	39	R	69
D1S2	9	40.38	12	16	20	36
D1S2	12	37.38	25	30	31	61
D1S2	18	31.38	23	24	22	46
D1S3	3	46.43	14	15	18	33
D1S3	18	31.43	16	18	18	36
D1S4	6	43.44	35	R		R
D1S4	16	33.44	24	28	R	
D1S4	19	30.44	18	16	19	35
D1S5	6	43.33	18	15	16	31
D1S5	9	40.33	20	19	21	40
D1S5	18	31.33	28	R		R
D1S6	6	43.29	14	16	19	35
D1S6	9	40.29	38	R		R
D1S7	3	46.3	31	30	R	
D1S7	6	43.3	14	12	15	27
D1S7	9	40.3	16	15	12	27

Tab. 9 – Riepilogo delle prove SPT nei sondaggi

Mandataria:



Mandanti:



3 Analisi di laboratorio

Come anticipato precedentemente, nel corso dei sondaggi a carotaggio continuo e dei saggi, sono stati prelevati campioni che sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio.

I risultati di tali analisi sono riportati negli elaborati All(RGT). 11 - Analisi di laboratorio 2018/19 e All(RGT). 12 - Analisi di laboratorio pregresse.

Più sinteticamente, troviamo riepilogati i risultati geotecnici, delle indagini, nelle seguenti tabelle:

- Tab. 10– Risultati delle analisi granulometriche dei sondaggi
- Tab. 11– Risultati delle analisi granulometriche dei sondaggi orizzontali sulle arginature esistenti
- Tab. 12– Risultati delle analisi granulometriche dei sondaggi per il monitoraggio idrogeologico esterni alla cassa
- Tab. 13– Risultati delle analisi granulometriche delle trincee o pozzetti esplorativi della cassa in linea e dell’ampliamento previsto
- Tab. 14– Risultati delle prove di classificazione e di quelli per la determinazione dei contenuti d’acqua dei sondaggi
- Tab. 15– Risultati delle prove di classificazione e di quelli per la determinazione dei contenuti d’acqua delle trincee o pozzetti esplorativi della cassa in linea e dell’ampliamento previsto³
- Tab. 16– Risultati delle caratteristiche fisiche dei sondaggi
- Tab. 17– Risultati delle prove di taglio diretto eseguite nei sondaggi
- Tab. 18– Risultati delle prove triassiali dei sondaggi
- Tab. 19– Risultati delle prove triassiali e di permeabilità delle trincee o pozzetti esplorativi della cassa in linea e dell’ampliamento previsto
- Tab. 20 e Tab. 21– Risultati delle prove edometriche dei sondaggi parte 2/2
- Tab. 22 e Tab. 23 Risultati delle prove edometriche (Mod. edometrico, Cs e P)

³ Cfr. nota 2.

Intervento /profilo	Sondaggio	Quota p.c. assoluta (m s.l.m.)	Campione	Prof. (m da p.c.)	Descrizione	Granulometria			
						ghiaia (> 2 mm)	sabbia (> 0.60 mm)	limo (> 2 µm)	argilla (< 2 µm)
A	AS1	37.75	AS1SH1	6.00 - 6.60	Limo con argilla grigio	0.3%	2.9%	70.2%	26.6%
			AS1SH2	13.50 - 14.10	Limo argilloso sabbioso grigio	0.1%	18.9%	60.5%	20.5%
			AS1SH3	27.00 - 27.70	Limo argilloso debolmente sabbioso grigio	0.0%	7.0%	69.5%	23.4%
			AS1CR1	18.00 - 19.00	Ghiaia da grossa a fina sabbiosa grigio marrone	78.3%	17.2%	4.4%	
			AS1SPT3	26.00 - 26.45	Sabbia da grossa a fina con ghiaia limosa marrone	39.5%	40.6%	19.9%	
	AS2	37.75	AS2SH1	5.50 - 6.10	Limo con argilla grigio nerastra con tracce di sostanza organica	0.6%	4.7%	64.3%	30.4%
			AS2SH2	10.50 - 11.00	Limo con argilla grigio con tracce di sostanza organica	0.2%	3.0%	58.9%	37.9%
			AS2SH3	16.50 - 16.90	Limo con argilla grigio nerastra con tracce di sostanza organica	0.0%	4.2%	57.7%	38.1%
			AS2 SPT1	3.00 - 3.45	Limo e argilla sabbioso debolmente ghiaioso grigio	8.9%	21.5%	69.5%	
			AS2 SPT2	16.90 - 17.35	Ghiaia sabbiosa limoso-argillosa grigio	53.8%	24.5%	21.7%	
	AS3N	49.15	AS3NSH1	10.50 - 11.00	Limo con argilla grigio	0.0%	3.3%	58.1%	38.6%
			AS3NSH2	15.00 - 15.60	Limo con argilla con tracce di sostanza organica grigio	0.0%	3.1%	68.6%	28.3%
			AS3NSH3	18.00 - 18.70	Limo con argilla organica grigio	0.1%	1.1%	57.2%	41.6%
			BS1 SH1	12.00 - 12.60	Limo argilloso sabbioso grigio	0.9%	16.9%	62.5%	19.7%
			BS1 SH2	18.10 - 18.70	Limo con argilla debolmente sabbioso grigio	0.1%	7.4%	65.3%	27.2%
B - 2-3-4	BS1	49.27	BS1 CR1	10.00 - 11.00	Ghiaia medio-fine sabbiosa limosa marrone	59.3%	19.1%	21.6%	
			BS1 CR2	33.00 - 33.50	Ghiaia da grossa a fine sabbiosa limosa marrone	59.6%	23.8%	16.5%	
			BS1 CR3	47.50 - 48.00	Ghiaia da grossa a fine sabbiosa debolmente limosa marrone	76.2%	14.4%	9.5%	
			BS1 SPT1	3.00 - 3.45	Limo e argilla con ghiaia sabbioso marrone	28.0%	18.2%	53.8%	
			BS1 SPT2	6.00 - 6.45	Ghiaia da grossa a fine limosa sabbiosa marrone	69.7%	10.5%	19.8%	
			BS1 SPT3	9.00 - 9.45	Ghiaia medio-fine sabbiosa limosa marrone	71.4%	18.3%	10.3%	
	BS2	49.3	BS2 SH1	10.50 - 11.10	Limo argilloso sabbioso grigio	1.7%	11.8%	61.9%	24.6%
			BS2 SH2	13.10 - 13.80	Limo con argilla sabbioso grigio	0.1%	15.6%	48.5%	35.8%
			BS2 CR1	8.00 - 8.80	Ghiaia medio-fine sabbiosa limosa-argillosa marrone	52.7%	22.1%	25.2%	
			BS2 CR2	23.00 - 24.00	Ghiaia da grossa a fine con sabbia debolmente limosa marrone	59.1%	28.6%	12.3%	
			BS2 SPT1	3.00 - 3.45	Ghiaia medio-fine sabbiosa limoso-argillosa marrone	56.0%	20.0%	24.0%	
			BS2 SPT2	6.10 - 6.55	Limo e argilla sabbioso marrone	0.4%	22.5%	77.1%	

Intervento /profilo	Sondaggio	Quota p.c. assoluta (m s.l.m.)	Campione	Prof. (m da p.c.)	Descrizione	Granulometria			
						ghiaia (> 2 mm)	sabbia (> 0.60 mm)	limo (> 2 µm)	argilla (< 2 µm)
			BS2 SPT3	9.00 - 9.45	Ghiaia con sabbia limosa-argillosa marrone	52.2%	32.4%	15.4%	
L - 5	CS1	49.74	CS1 SH1	3.30 - 3.70	Sabbia fina con limo debolmente argilloso marrone	0.1%	52.9%	38.3%	8.8%
			CS1 CR1	5.00 - 5.80	Ghiaia da grossa a fine sabbiosa limoso marrone chiaro	67.8%	19.9%	12.3%	
			CS1 SPT1	4.30 - 4.75	Ghiaia medio fina sabbioso limoso argillosa grigio	61.1%	23.2%	15.7%	
H - 1	D1S1	49.85	D1S1SH1	6.70 - 7.30	Limo con argilla debolmente sabbioso grigio	0.0%	8.0%	54.3%	37.7%
			D1S1 CR1	4.00 - 4.70	Ghiaia da grossa a fine sabbiosa limosa marrone	62.9%	24.8%	12.4%	
			D1S1 SPT1	3.00 - 3.45	Ghiaia media-fine con sabbia limosa marrone scuro	44.9%	42.1%	12.9%	
			D1S1 SPT2	9.00 - 9.28	Ghiaia media-fine con sabbia limosa-argillosa marrone	56.2%	29.1%	14.7%	
	D1S2	49.38	D1S2SH1	6.40 - 7.10	Limo con argilla sabbioso grigio	0.1%	20.5%	50.0%	29.4%
			D1S2 CR1	4.50 - 5.40	Ghiaia da grossa a fine sabbiosa limosa marrone	72.1%	16.5%	11.4%	
			D1S2 SPT1	3.00 - 3.44	Ghiaia media-fine sabbiosa limosa marrone	68.3%	21.6%	10.2%	
			D1S2 SPT2	9.00 - 9.45	Ghiaia media-fine sabbiosa debolmente limosa marrone	70.5%	20.3%	9.2%	
	D1S3	49.43	D1S3SH1	7.60 - 8.20	Limo con sabbia argilloso grigio	0.2%	33.8%	45.7%	20.2%
			D1S3 CR1	4.00 - 4.50	Limo e argilla ghiaiosa sabbiosa marrone	15.5%	11.3%	73.1%	
			D1S3 CR2	16.00 - 16.50	Ghiaia da grossa a fina sabbiosa debolmente limosa marrone	79.0%	13.6%	7.3%	
			D1S3 SPT1	3.00 - 3.45	Ghiaia media-fine sabbiosa limosa argillosa marrone	42.6%	22.0%	35.4%	
	D1S4	49.44	D1S4SH1	10.70 - 11.40	Limo con argilla sabbioso grigio	0.1%	12.3%	50.1%	37.6%
			D1S4 CR1	4.00 - 4.70	Limo e argilla con sabbia marrone	1.9%	30.0%	68.1%	
			D1S4 SPT1	3.00 - 3.45	Limo e argilla sabbiosa debolmente ghiaiosa marrone	8.8%	24.0%	67.1%	
			D1S4 SPT2	6.00 - 6.45	Ghiaia media-fine con sabbia limosa-argillosa marrone	49.9%	27.3%	22.9%	
	D1S5	49.33	D1S5SH1	10.70 - 11.40	Limo con argilla grigio con presenza di sostanza organica	0.2%	3.6%	61.5%	34.7%
			D1S5 CR1	8.00 - 8.70	Ghiaia da grossa a fina sabbiosa limosa marrone	67.1%	21.2%	11.7%	
			D1S5 SPT1	3.00 - 3.45	Limo e argilla con sabbia debolmente ghiaiosa marrone scuro	5.0%	26.2%	68.8%	
			D1S5 SPT2	6.00 - 6.45	Ghiaia medio-fina con sabbia limosa-argillosa marrone	49.8%	32.2%	18.1%	
	D1S6	49.29	D1S6SH1	10.80 - 11.40	Limo con argilla grigio	0.1%	3.8%	64.6%	31.5%
			D1S6 CR1	4.00 - 5.00	Ghiaia da grossa a fina con sabbia limosa marrone	57.5%	29.1%	13.4%	

Intervento /profilo	Sondaggio	Quota p.c. assoluta (m s.l.m.)	Campione	Prof. (m da p.c.)	Descrizione	Granulometria			
						ghiaia (> 2 mm)	sabbia (> 0.60 mm)	limo (> 2 µm)	argilla (< 2 µm)
			D1S6 CR2	7.00 - 8.00	Ghiaia da grossa a fina con sabbia limosa marrone	54.5%	32.0%	13.4%	
			D1S6 SPT1	3.00 - 3.45	Sabbia limosa-argillosa marrone	0.0%	57.7%	42.3%	
			D1S6 SPT2	6.00 - 6.45	Ghiaia medio-fina con sabbia limosa-argillosa marrone	54.4%	26.1%	19.5%	
			D1S7 SH1	13.50 - 13.75	Limo argilloso sabbioso grigio	0.2%	12.5%	66.3%	20.9%
	D1S7	49.3	D1S7 CR1	5.00 - 6.00	Ghiaia da grossa a fina sabbiosa limosa marrone	62.5%	21.9%	15.7%	
			D1S7 SPT1	3.00 - 3.35	Ghiaia medio-fina sabbiosa limosa marrone	66.8%	21.5%	11.7%	
			D1S7 SPT2	6.00 - 6.45	Ghiaia medio-fina sabbiosa limosa marrone	69.3%	19.1%	11.6%	
2-3-4	D2S1	52.39	D2S1 SH1	8.10 - 8.80	Limo argilloso sabbioso grigio marrone	4.5%	14.8%	60.0%	20.7%
			D2S1 CR1	4.00 - 4.80	Ghiaia da grossa a fina sabbiosa limosa marrone	70.3%	17.0%	12.7%	
			D2S1 SPT1	3.00 - 3.45	Ghiaia medio-fina sabbiosa limosa marrone	62.0%	18.8%	19.2%	
			D2S1 SPT2	6.00 - 6.45	Ghiaia medio-fina sabbiosa limosa marrone	67.4%	16.2%	16.4%	
	D2S2	49.98	D2S2 SH1	4.60 - 5.00	Limo argilloso debolmente sabbioso marrone	0.0%	9.4%	66.3%	24.2%
			D2S2 SPT1	2.50 - 2.82	Ghiaia da grossa a fina sabbiosa limosa marrone	73.0%	12.7%	14.3%	
			D2S2 SPT2	6.00 - 6.45	Limo e argilla marrone	0.2%	3.6%	96.2%	
	D3S1	49.28	D3S1 SH1	7.60 - 8.10	Limo con argilla debolmente sabbioso grigio	0.1%	5.7%	52.2%	42.0%
			D3S1 SH2	24.00 - 24.50	Limo con argilla debolmente sabbioso grigio	0.0%	9.1%	52.1%	38.8%
			D3S1 CR1	9.00 - 9.80	Sabbia medio fina limosa debolmente argillosa marrone	0.8%	70.0%	21.5%	7.7%
			D3S1 CR2	30.80 - 31.50	Ghiaia da grossa a fina sabbiosa limosa argillosa marrone	52.3%	21.9%	25.8%	
			D3S1 SPT1	3.00 - 3.45	Ghiaia da grossa a fina sabbioso limosa debolmente argillosa grigio marrone	56.9%	19.7%	17.3%	6.1%
			D3S1 SPT2	6.00 - 6.45	Limo con argilla debolmente sabbioso marrone	0.2%	7.0%	58.4%	34.4%
			D3S1 SPT3	11.00 - 11.45	Sabbia da grossa a fine con ghiaia limosa argillosa grigio marrone	39.9%	41.5%	18.6%	
			D3S1 SPT4	14.00 - 14.45	Ghiaia media fina sabbiosa grigio marrone	79.7%	15.3%	5.0%	
			D3S1 SPT5	21.00 - 21.45	Ghiaia da grossa a fina sabbiosa grigio marrone chiaro	70.2%	22.5%	7.3%	
	D3S2	49.5	D3S2 SH1	9.20 - 9.90	Limo con argilla debolmente sabbioso grigio	0.0%	5.0%	62.2%	32.8%
			D3S2 SH2	15.20 - 15.80	Limo con argilla debolmente sabbioso grigio	0.3%	10.1%	55.9%	33.7%
			D3S2 SH3	21.00 - 21.60	Limo con argilla grigio	1.3%	3.7%	65.9%	29.1%

Intervento /profilo	Sondaggio	Quota p.c. assoluta (m s.l.m.)	Campione	Prof. (m da p.c.)	Descrizione	Granulometria			
						ghiaia (> 2 mm)	sabbia (> 0.60 mm)	limo (> 2 µm)	argilla (< 2 µm)
			D3S2 CR1	14.20 - 14.80	Sabbia media-fine limosa grigia	0.0%	68.3%	31.7%	
			D3S2 CR2	34.00 - 34.70	Sabbia medio fina limosa grigio marrone	3.4%	79.2%	17.4%	
			D3S2 SPT1	3.00 - 3.45	Limo con ghiaia argilloso sabbioso marrone	27.7%	16.8%	38.8%	16.8%
			D3S2 SPT2	6.00 - 6.20	Ghiaia medio fina sabbiosa limosa marrone	67.1%	22.0%	10.9%	
			D3S2 SPT4	30.00 - 30.45	Ghiaia medio fina sabbiosa debolmente limosa marrone	67.2%	23.8%	9.0%	
	D3S3	49.49	D3S3 SH1	13.50 - 14.00	Limo con argilla grigio scuro	0.4%	2.1%	55.4%	42.1%
			D3S3 SH2	19.50 - 20.00	Limo con argilla debolmente sabbioso grigio	0.1%	6.0%	66.9%	27.0%
			D3S3 SH3	25.50 - 26.20	Limo con argilla debolmente sabbioso grigio scuro	0.1%	5.5%	56.5%	37.9%
			D3S3 CR1	2.00 - 2.50	Limo argilloso sabbioso debolmente ghiaioso con ghiaia marrone	7.6%	20.2%	51.7%	20.4%
			D3S3 CR2	10.00 - 10.80	Ghiaia da grossa a fine sabbiosa debolmente limosa grigia	73.6%	15.5%	10.9%	
			D3S3 CR3	28.50 - 29.30	Ghiaia medio-fine sabbiosa debolmente limosa grigia	65.4%	22.1%	12.5%	
			D3S3 SPT1	3.00 - 3.45	Sabbia con ghiaia limosa con frammenti di laterizi	38.2%	39.9%	18.1%	3.8%
			D3S3 SPT2	6.00 - 6.28	Ghiaia medio-fine sabbiosa debolmente limosa marrone	66.6%	21.8%	11.5%	
			D3S3 SPT3	9.00 - 9.45	Ghiaia medio-fine sabbiosa debolmente limosa marrone	71.5%	19.4%	9.0%	
			D3S3 SPT4	12.10 - 12.55	Ghiaia medio-fine sabbiosa marrone	80.2%	14.4%	5.4%	
	D3S4	49.61	D3S4 SH1	15.60 - 16.20	Limo con argilla debolmente sabbioso grigio	1.6%	5.7%	58.0%	34.7%
			D3S4 SH2	21.00 - 21.70	Limo con argilla grigio	0.1%	2.7%	56.1%	41.1%
			D3S4 CR1	6.50 - 7.00	Limo con ghiaia e sabbia debolmente argilloso grigio marrone	29.9%	27.3%	34.2%	8.6%
			D3S4 CR2	12.00 - 12.60	Ghiaia medio fina con sabbia limosa grigia	47.6%	34.7%	17.7%	
			D3S4 CR3	27.50 - 28.00	Ghiaia da grossa a fine con sabbia limosa marrone	51.0%	36.2%	12.8%	
			D3S4 SPT1	3.00 - 3.45	Limo e argilla con sabbia marrone	0.5%	26.1%	73.5%	
			D3S4 SPT2	5.50 - 5.95	Limo e argilla con sabbia ghiaioso marrone	20.0%	28.4%	51.7%	
			D3S4 SPT3	9.00 - 9.45	Ghiaia sabbioso limoso argillosa marrone	56.5%	21.0%	22.5%	
			D3S4 SPT4	14.00 - 14.45	Sabbia da grossa a fina con ghiaia grigio scuro	40.6%	54.9%	4.5%	
H - 6	D6S1	49.51	D6S1SH1	6.00 - 6.60	Limo con sabbia medio fina argilloso grigio	4.8%	25.6%	46.8%	22.8%
			D6S1SH2	15.00 - 15.70	Limo argilloso sabbioso grigio	0.0%	17.8%	63.9%	18.2%

Intervento /profilo	Sondaggio	Quota p.c. assoluta (m s.l.m.)	Campione	Prof. (m da p.c.)	Descrizione	Granulometria			
						ghiaia (> 2 mm)	sabbia (> 0.60 mm)	limo (> 2 µm)	argilla (< 2 µm)
M - 7			D6S1SH3	21.30 - 21.70	Limo argilloso debolmente sabbioso grigio	0.0%	7.0%	74.9%	18.1%
			D6S1 SPT1	3.00 - 3.45	Limo e argilla con sabbia ghiaiosa marrone	12.9%	35.8%	51.3%	
			D6S1 SPT2	9.00 - 9.45	Limo e argilla con sabbia debolmente ghiaioso marrone	7.5%	29.1%	63.3%	
			D6S1 CR1	13.00 - 13.80	Ghiaia medio-fina sabbiosa limosa marrone	65.0%	18.3%	16.7%	
	D6S2	49.54	D6S2SH1	5.40 - 5.90	Limo sabbioso argilloso argilloso debolmente ghiaioso grigio	8.6%	24.0%	47.0%	20.4%
			D6S2SH2	12.20 - 12.80	Limo con sabbia medio fina argilloso debolmente ghiaioso grigio	8.2%	36.4%	40.4%	15.1%
			D6S2 CR1	3.50 - 4.20	Limo e argilla con sabbia marrone scuro	1.3%	40.8%	57.8%	
			D6S2 SPT1	3.00 - 3.45	Limo e argilla con sabbia marrone	0.4%	46.4%	53.2%	
			D6S2 SPT2	7.50 - 7.95	Limo argilloso con sabbia e ghiaia marrone chiaro-grigio	29.2%	32.0%	38.8%	
	D6S3	49.5	D6S3SH1	13.50 - 13.80	Limo con ghiaia medio fina argilloso debolmente sabbioso grigio	34.8%	6.0%	44.2%	15.0%
			D6S3SH2	18.90 - 19.60	Limo argilloso grigio	0.0%	3.3%	78.4%	18.3%
			D6S3 CR1	10.50 - 11.50	Ghiaia da grossa a fina sabbiosa debolmente limosa marrone scuro	71.2%	19.1%	9.7%	
			D6S3 SPT1	3.00 - 3.45	Limo e argilla con sabbia debolmente ghiaioso marrone scuro	5.5%	26.1%	68.4%	
			D6S3 SPT2	6.00 - 6.45	Limo e argilla sabbioso debolmente ghiaioso marrone scuro	9.6%	16.1%	74.3%	
			D6S3 SPT3	9.00 - 9.45	Ghiaia con sabbia debolmente limosa marrone chiaro	66.5%	25.3%	8.2%	
	D7S1R	44.14	D7S1RSH1	4.70 - 5.30	Limo con argilla grigio	0.1%	3.9%	53.7%	42.3%
			D7S1RSH2	9.00 - 9.55	Argilla con limo grigio	0.0%	0.9%	40.1%	58.9%
			D7S1R CR1	13.00 - 14.00	Ghiaia da grossa a fine sabbiosa limosa marrone	62.9%	22.1%	15.0%	
			D7S1R CR2	17.00 - 18.00	Ghiaia da grossa a fine sabbiosa debolmente limosa marrone	72.0%	17.9%	10.0%	
			D7S1R SPT1	3.00 - 3.45	Sabbia con limo argilloso ghiaioso marrone	12.0%	50.2%	37.8%	
	D7S2N	44.07	D7S2NSH1	6.90 - 7.50	Limo con argilla sabbioso grigio	0.1%	16.9%	44.8%	38.2%
			D7S2NSH2	10.50 - 11.00	Limo con argilla debolmente sabbioso grigio	2.3%	6.4%	61.0%	30.3%
			D7S2N CR1	4.00 - 5.00	Ghiaia da grossa a fine con sabbia limosa marrone	62.5%	26.6%	10.9%	
	D7S3N	44.46	D7S3NSH1	6.00 - 6.70	Limo con argilla debolmente sabbioso grigio	0.2%	7.5%	58.1%	34.2%
			D7S3N CR1	12.00 - 12.60	Sabbia media-fine debolmente ghiaiosa debolmente limosa marrone	9.9%	78.9%	11.2%	
			D7S3N CR2	18.00 - 19.00	Ghiaia da grossa a fine sabbiosa debolmente limosa marrone	75.9%	17.1%	7.1%	

Tab. 10– Risultati delle analisi granulometriche dei sondaggi

Intervento /profilo	Sondaggio	Campione	Prof. (m da p.c.)	Descrizione	Granulometria			
					ghiaia (> 2 mm)	sabbia (> 0.60 mm)	limo (> 2 μm)	argilla (< 2 μm)
H - 6	Sondaggi orizzontali	D6SO1CR1	0.20 - 0.80	Limo e argilla con ghiaia sabbiosa marrone	31.0%	20.2%	48.8%	
		D6SO1CR2	3.00 - 4.00	Ghiaia da grossa a fina con sabbiosa limoso argillosa marrone	46.9%	19.7%	33.4%	
		D6SO2CR1	2.00 - 2.50	Limo e argilla sabbioso marrone	0.2%	18.1%	81.7%	
		D6SO3CR1	4.50 - 5.00	Limo e argilla sabbioso grigio marrone	1.5%	18.2%	80.3%	
		D6SO4CR1	0.50 - 1.50	Ghiaia da grossa a fina sabbioso limoso argillosa marrone	50.3%	16.9%	32.8%	
		D6SO4CR2	3.00 - 4.00	Ghiaia da grossa a fina con sabbia limosa marrone	56.8%	27.1%	16.1%	
L - 5		D5SO5CR1	1.00 - 1.80	Limo e argilla ghiaioso sabbioso marrone	24.7%	19.8%	55.6%	
		D5SO5CR2	4.50 - 5.50	Ghiaia da grossa a fina sabbioso limosa marrone	65.3%	15.7%	18.9%	
H - 3		D3SO7CR1	0.80 - 1.50	Limo e argilla con sabbia medio fina marrone	3.0%	36.0%	61.0%	
		D3SO7CR2	4.00 - 5.00	Limo e argilla con ghiaia sabbiosa marrone	38.1%	15.3%	46.6%	
		D3SO8CR1	0.50 - 1.00	Limo e argilla sabbioso ghiaiosa marrone scuro	11.4%	23.0%	65.6%	
		D3SO8CR2	3.50 - 4.50	Ghiaia da grossa a fina con limo e argilla sabbiosa marrone grigiastro	43.1%	17.6%	39.2%	

Tab. 11– Risultati delle analisi granulometriche dei sondaggi orizzontali sulle arginature esistenti

Intervento /profilo	Sondaggio	Campione	Prof. (m da p.c.)	Descrizione	Granulometria			
					ghiaia (> 2 mm)	sabbia (> 0.60 mm)	limo (> 2 µm)	argilla (< 2 µm)
MONITORAGGIO IDROGEOLOGICO	ISPZ	ISPZ2CR1	39.40 - 40.00	Ghiaia da grossa a fina sabbioso limosa grigio	61.9%	24.6%	13.5%	
		ISPZ5CR1	7.00 - 7.40	Limo e argilla grigio con ossidazioni rossastre	0.0%	0.4%	99.6%	
		ISPZ5CR2	11.50 - 12.00	Limo e argilla grigio marrone con tracce di sostanza organica	0.0%	0.7%	99.2%	
		ISPZ6CR1	14.00 - 14.70	Sabbia medio fina limoso argillosa grigio	0.1%	74.2%	25.7%	
		ISPZ6CR2	16.00 - 16.70	Sabbia medio fina limosa grigio	0.0%	87.5%	12.4%	
		ISPZ7CR1	10.00 - 10.35	Ghiaia da grossa a fina sabbioso limosa marrone	60.3%	24.8%	14.8%	
		ISPZ8CR1	9.00 - 10.00	Ghiaia da grossa a fina con sabbia limosa marrone	54.9%	28.4%	16.7%	
		ISPZ8CR2	11.50 - 12.50	Ghiaia da grossa a fina sabbiosa marrone	75.1%	17.1%	7.8%	

Intervento /profilo	Sondaggio	Campione	Prof. (m da p.c.)	Descrizione	Granulometria			
					ghiaia (> 2 mm)	sabbia (> 0.60 mm)	limo (> 2 µm)	argilla (< 2 µm)
		ISPZ9CR1	9.50 - 10.00	Limo e argilla grigio marrone con tracce di sostanza organica	66.7%	25.5%	7.8%	
		ISPZ9CR2	13.50 - 14.00	Ghiaia da grossa a fina sabbiosa marrone	75.9%	14.7%	9.4%	
		ISPZ10CR1	9.50 - 10.00	Ghiaia da grossa a fina sabbioso limosa marrone	65.0%	22.2%	12.8%	
		ISPZ10CR2	11.50 - 12.00	Ghiaia da grossa a fina con sabbia limosa marrone	57.6%	26.5%	15.9%	

Tab. 12– Risultati delle analisi granulometriche dei sondaggi per il monitoraggio idrogeologico esterni alla cassa

Intervento /profilo	Sondaggio	Campione	Prof. (m da p.c.)	Descrizione	Granulometria			
					ghiaia (> 2 mm)	sabbia (> 0.60 mm)	limo (> 2 µm)	argilla (< 2 µm)
M	trincee ampliamento	DT5		Limo con sabbia e ghiaia debolmente argilloso marrone grigiastro	28.1%	28.4%	43.5%	
		DT11		Ghiaia sabbiosa e limosa marrone grigiastro	59.5%	20.5%	19.9%	
		DT20		Limo con argilla sabbioso marrone	0.9%	29.8%	69.3%	
		DT27		Limo sabbioso debolmente ghiaioso marrone grigiastro	8.8%	23.0%	68.3%	
		DT36		Limo con sabbia marrone grigiastro	0.3%	28.5%	71.2%	
		DT44		Limo con sabbia marrone grigiastro	0.3%	36.0%	63.7%	
		DT49		Limo con sabbia debolmente ghiaioso marrone grigiastro	6.9%	30.0%	63.1%	
C e I	trincee cassa in linea	ET1	0.50 - 2.00	Limo con sabbia marrone grigiastro	0.0%	31.2%	68.8%	
		ET3	0.50 - 1.80	Limo sabbioso argilloso marrone grigiastro	0.0%	23.2%	76.8%	
		ET4	0.50 - 1.50	Limo con argilla debolmente sabbioso marrone grigiastro	0.0%	5.3%	94.7%	
		ET5	0.50 - 2.00	Limo con sabbia marrone grigiastro	0.0%	38.2%	61.8%	
		ET7	0.50 - 1.70	Limo sabbioso marrone grigiastro	0.1%	21.7%	78.3%	
		ET8	0.50 - 2.00	Sabbia con limo marrone grigiastro	0.0%	55.4%	44.6%	
		ET9	0.50 - 2.00	Limo sabbioso marrone grigiastro	0.2%	46.8%	53.2%	
		ET10	2.50 - 3.50	Limo con sabbia debolmente argilloso marrone	0.0%	41.1%	58.9%	
		ET12	3.50 - 4.50	Limo con sabbia argilloso marrone	0.0%	36.7%	63.3%	
		ET13	1.50 - 2.50	Limo con sabbia argilloso marrone	0.1%	28.6%	71.4%	

Intervento /profilo	Sondaggio	Campione	Prof. (m da p.c.)	Descrizione	Granulometria			
					ghiaia (> 2 mm)	sabbia (> 0.60 mm)	limo (> 2 µm)	argilla (< 2 µm)
		ET14	1.50 - 2.50	Limo con sabbia argilloso marrone	0.0%	40.5%	59.5%	
		ET15	3.50 - 4.50	Limo e argilla sabbioso marrone	0.0%	12.3%	87.7%	
		ET16	2.50 - 3.50	Limo con sabbia argilloso marrone	0.0%	38.1%	61.9%	
		ET17	4.50 - 5.50	Limo e argilla marrone	0.0%	1.5%	98.5%	
		ET19	1.50 - 2.50	Limo con sabbia argilloso marrone	0.1%	28.2%	71.7%	
		ET35	5.00 - 6.00	Ghiaia da grossa a fina con sabbia limosa grigio	47.6%	32.3%	20.1%	
		ET38	3.50 - 4.50	Limo con sabbia argilloso marrone	65.7%	18.7%	15.6%	

Tab. 13– Risultati delle analisi granulometriche delle trincee o pozzetti esplorativi della cassa in linea e dell'ampliamento previsto

Intervento /profilo	Sondaggio	Quota p.c. assoluta (m s.l.m.)	Campione	Prof. (m da p.c.)	Classificazione		Umidità W _n	Limiti di Atterberg		
					UNI 10006	USCS		LL	LP	IP
A	AS1	37.75	AS1SH1	6.00 - 6.60	A 7 - 5	MH o OH	31.1%	60.5%	31.2%	29.3%
			AS1SH2	13.50 - 14.10	A 6	CL	23.7%	37.6%	22.6%	14.9%
			AS1SH3	27.00 - 27.70	A 7 - 6	CL	25.9%	44.3%	25.9%	18.5%
	AS2	37.75	AS2SH1	5.50 - 6.10	A 7 - 6	CL	25.2%	48.4%	24.6%	23.9%
			AS2SH2	10.50 - 11.00	A 7 - 6	CH	37.9%	55.4%	28.3%	27.1%
			AS2SH3	16.50 - 16.90	A 7 - 5	CH	30.1%	65.8%	31.3%	34.4%
	AS3N	49.15	AS3NSH1	10.50 - 11.00	A 7 - 6	CL	32.1%	47.8%	27.3%	20.6%
			AS3NSH2	15.00 - 15.60	A 7 - 6	CH	31.0%	60.2%	28.3%	31.9%
			AS3NSH3	18.00 - 18.70	A 7 - 5	CH	26.1%	67.3%	30.9%	36.4%
B - 2-3-4	BS1	49.27	BS1 SH1	12.00 - 12.60	A 7 - 6	CL	23.6%	40.2%	21.7%	18.5%
			BS1 SH2	18.10 - 18.70	A 7 - 6	CL	26.8%	43.5%	22.7%	20.8%
	BS2	49.3	BS2 SH1	10.50 - 11.10	A 6	CL	31.8%	35.4%	19.7%	15.7%
			BS2 SH2	13.10 - 13.80	A 7 - 6	CH	25.5%	50.7%	26.6%	24.1%
L - 5	CS1	49.74	CS1 SH1	3.30 - 3.70	A 7 - 6	CL	16.0%	40.1%	24.2%	15.9%

Intervento /profilo	Sondaggio	Quota p.c. assoluta (m s.l.m.)	Campione	Prof. (m da p.c.)	Classificazione		Umidità W _n	Limiti di Atterberg		
					UNI 10006	USCS		LL	LP	IP
H - 1	D1S1	49.85	D1S1SH1	6.70 - 7.30	A 7 - 6	CH	29.5%	54.2%	26.8%	27.4%
	D1S2	49.38	D1S2SH1	6.40 - 7.10	A 7 - 6	CH	26.0%	52.9%	27.4%	25.5%
	D1S3	49.43	D1S3SH1	7.60 - 8.20	A 6	CL	27.1%	33.6%	20.0%	13.6%
	D1S4	49.44	D1S4SH1	10.70 - 11.40	A 7 - 6	CL	28.9%	45.4%	24.6%	20.0%
	D1S5	49.33	D1S5SH1	10.70 - 11.40	A 7 - 6	MH o OH	31.2%	53.3%	29.2%	24.2%
	D1S6	49.29	D1S6SH1	10.80 - 11.40	A 7 - 6	CL	30.6%	43.6%	25.0%	18.6%
	D1S7	49.3	D1S7SH1	13.50 - 13.75	A 6	CL	27.2%	39.9%	23.9%	16.1%
2-3-4	D2S1	52.39	D2S1 SH1	8.10 - 8.80	A 6	CL	24.8%	33.6%	19.8%	13.8%
	D2S2	49.98	D2S2 SH1	4.60 - 5.00	A 7 - 6	CH	28.7%	56.0%	27.7%	28.2%
	D3S1	49.28	D3S1 SH1	7.60 - 8.10	A 7 - 6	CH	28.9%	60.3%	28.2%	32.1%
			D3S1 SH2	24.00 - 24.50	A 7 - 6	CH	28.3%	60.0%	25.9%	34.1%
			D3S1 SPT2	6.00 - 6.45	A 7 - 6	CL	30.3%	49.7%	23.2%	27.0%
	D3S2	49.5	D3S2 SH1	9.20 - 9.90	A 7 - 6	CH	30.9%	63.3%	29.6%	33.7%
			D3S2 SH2	15.20 - 15.80	A 7 - 6	CH	31.3%	50.9%	23.4%	27.4%
			D3S2 SH3	21.00 - 21.60	A 7 - 6	ML o OL	26.8%	49.0%	27.9%	21.1%
	D3S3	49.49	D3S3 SH1	13.50 - 14.00	A 7 - 5	CH	33.1%	68.1%	30.0%	38.1%
			D3S3 SH2	19.50 - 20.00	A 7 - 6	CL	28.3%	49.0%	26.3%	22.7%
			D3S3 SH3	25.50 - 26.20	A 7 - 6	CH	29.5%	53.6%	25.4%	28.2%
	D3S4	49.61	D3S4 SH1	15.60 - 16.20	A 7 - 6	CH	26.4%	62.9%	26.4%	36.5%
			D3S4 SH2	21.00 - 21.70	A 7 - 6	CL	30.5%	41.3%	24.3%	17.0%
			D3S4 CR1	6.50 - 7.00	A 6	SC	14.9%	35.3%	21.6%	27.0%
H - 6	D6S1	49.51	D6S1SH1	6.00 - 6.60	A 6	CL	23.2%	29.8%	19.0%	10.8%
			D6S1SH2	15.00 - 15.70	A 6	ML o OL	30.2%	36.6%	24.7%	12.0%
			D6S1SH3	21.30 - 21.70	A 6	CL	24.5%	34.2%	22.5%	11.8%
	D6S2	49.54	D6S2SH1	5.40 - 5.90	A 7 - 6	CL	17.4%	42.5%	24.2%	18.3%
			D6S2SH2	12.20 - 12.80	A 4	CL	18.3%	30.3%	20.3%	10.0%

Intervento /profilo	Sondaggio	Quota p.c. assoluta (m s.l.m.)	Campione	Prof. (m da p.c.)	Classificazione		Umidità Wn	Limiti di Atterberg		
					UNI 10006	USCS		LL	LP	IP
M - 7	D6S3	49.5	D6S3SH1	13.50 - 13.80	A 7 - 6	CL	21.6%	41.6%	21.2%	20.4%
			D6S3SH2	18.90 - 19.60	A 6	CL	29.1%	40.0%	24.5%	15.5%
	D7S1R	44.14	D7S1RSH1	4.70 - 5.30	A 7 - 5	CH	37.1%	60.9%	30.1%	30.8%
			D7S1RSH2	9.00 - 9.55	A 7 - 5	CH	36.8%	84.5%	36.2%	49.0%
	D7S2N	44.07	D7S2NSH1	6.90 - 7.50	A 7 - 6	CL	31.9%	44.4%	25.4%	19.0%
			D7S2NSH2	10.50 - 11.00	A 7 - 6	CL	9.7%	49.9%	26.0%	24.0%
	D7S3N	44.46	D7S3NSH1	6.00 - 6.70	A 6	CL	30.3%	38.2%	22.3%	15.9%

Tab. 14– Risultati delle prove di classificazione e di quelli per la determinazione dei contenuti d'acqua dei sondaggi

Intervento /profilo	Sondaggio	Campione	Prof. (m da p.c.)	Classificazione		Umidità Wn	Limiti di Atterberg		
				UNI 10006	USCS		LL	LP	IP
M	trincee ampliamento	DT5		A4		8.6%	29.9%	21.2%	8.7%
		DT11		A2-4		7.3%	30.9%	22.9%	8.0%
		DT20		A6		15.4%	33.1%	22.5%	10.6%
		DT27		A4		15.2%	29.6%	22.0%	7.6%
		DT36		A4		15.6%	30.6%	22.1%	8.5%
		DT44		A4		12.1%	27.2%	21.3%	5.9%
		DT49		A4		16.8%	28.7%	20.5%	8.2%
C e I	trincee cassa in linea	ET1	0.50 - 2.00	A4		13.0%	29.0%	21.8%	7.2%
		ET3	0.50 - 1.80	A4		11.2%	33.2%	23.2%	10.0%
		ET4	0.50 - 1.50	A 6		17.5%	33.9%	23.2%	10.7%
		ET5	0.50 - 2.00	A4		11.3%	25.0%	18.4%	6.5%
		ET7	0.50 - 1.70	A4		19.8%	32.6%	23.9%	8.6%
		ET8	0.50 - 2.00	A4		9.7%	25.7%	19.7%	6.0%
		ET9	0.50 - 2.00	A4		8.4%	23.1%	18.7%	4.4%
		ET10	2.50 - 3.50	A 6	CL	17.4%	31.4%	20.3%	11.1%
		ET12	3.50 - 4.50	A 6	ML o OL	28.0%	35.0%	24.9%	10.1%
		ET13	1.50 - 2.50	A 4	ML o OL	15.8%	33.2%	24.4%	8.8%

Intervento /profilo	Sondaggio	Campione	Prof. (m da p.c.)	Classificazione		Umidità	Limiti di Atterberg		
				UNI 10006	USCS		LL	LP	IP
		ET14	1.50 - 2.50	A 6	ML o OL	20.7%	34.6%	24.0%	10.5%
		ET15	3.50 - 4.50	A 6	ML o OL	21.3%	39.7%	26.4%	14.0%
		ET16	2.50 - 3.50	A 4	ML o OL	19.9%	34.0%	25.6%	8.0%
		ET17	4.50 - 5.50	A 7 - 6	ML o OL	30.2%	46.3%	27.5%	19.0%
		ET19	1.50 - 2.50	A 6	ML o OL	16.7%	37.7%	25.4%	13.0%
		ET35	5.00 - 6.00	A 1b	ML	7.8%	ND	NP	ND
		ET38	3.50 - 4.50	A2-4	CL - ML	11.2%	20.2%	15.5%	4.0%

Tab. 15– Risultati delle prove di classificazione e di quelli per la determinazione dei contenuti d’acqua delle trincee o pozzetti esplorativi della cassa in linea e dell’ampliamento previsto

Intervento /profilo	Sondaggio	Quota p.c. assoluta (m s.l.m.)	Campione	Prof. (m da p.c.)	Caratteristiche fisiche						
					gnat (Mg/m³)	gsecco (Mg/m³)	gimm (Mg/m³)	n	e	sat	Gs (Mg/m³) (STIMATO)
A	AS1	37.75	AS1SH1	6.00 - 6.60	1.896	1.446	0.910	46.5%	0.87	97%	2.700
			AS1SH2	13.50 - 14.10	2.004	1.620	1.020	40.0%	0.67	96%	2.700
			AS1SH3	27.00 - 27.70	1.966	1.562	0.983	42.2%	0.73	96%	2.700
	AS2	37.75	AS2SH1	5.50 - 6.10	1.899	1.517	0.955	43.8%	0.78	87%	2.700
			AS2SH2	10.50 - 11.00	1.841	1.335	0.840	50.6%	1.02	100%	2.700
			AS2SH3	16.50 - 16.90	1.908	1.466	0.923	45.7%	0.84	97%	2.700
	AS3N	49.15	AS3NSH1	10.50 - 11.00	1.866	1.413	0.889	47.7%	0.91	95%	2.700
			AS3NSH2	15.00 - 15.60	1.884	1.438	0.905	46.7%	0.88	95%	2.700
			AS3NSH3	18.00 - 18.70	1.959	1.554	0.978	42.5%	0.74	95%	2.700
B - 2-3-4	BS1	49.27	BS1 SH1	12.00 - 12.60	1.982	1.604	1.010	40.6%	0.68	93%	2.700
			BS1 SH2	18.10 - 18.70	1.960	1.545	0.973	42.8%	0.75	97%	2.700
	BS2	49.3	BS2 SH1	10.50 - 11.10	1.906	1.446	0.910	46.5%	0.87	99%	2.700
			BS2 SH2	13.10 - 13.80	2.003	1.596	1.005	40.9%	0.69	100%	2.700
L - 5	CS1	49.74	CS1 SH1	3.30 - 3.70	1.862	1.605	1.011	40.5%	0.68	63%	2.700

Intervento /profilo	Sondaggio	Quota p.c. assoluta (m s.l.m.)	Campione	Prof. (m da p.c.)	Caratteristiche fisiche						
					gnat (Mg/m³)	gsecco (Mg/m³)	gimm (Mg/m³)	n	e	sat	Gs (Mg/m³) (STIMATO)
H - 1	D1S1	49.85	D1S1SH1	6.70 - 7.30	1.943	1.500	0.945	44.4%	0.80	100%	2.700
	D1S2	49.38	D1S2SH1	6.40 - 7.10	1.941	1.540	0.970	43.0%	0.75	93%	2.700
	D1S3	49.43	D1S3SH1	7.60 - 8.20	1.925	1.515	0.954	43.9%	0.78	93%	2.700
	D1S4	49.44	D1S4SH1	10.70 - 11.40	1.904	1.477	0.930	45.3%	0.83	94%	2.700
	D1S5	49.33	D1S5SH1	10.70 - 11.40	1.898	1.447	0.911	46.4%	0.87	97%	2.700
	D1S6	49.29	D1S6SH1	10.80 - 11.40	1.922	1.472	0.927	45.5%	0.83	99%	2.700
	D1S7	49.3	D1S7SH1	13.50 - 13.75	1.978	1.555	0.979	42.4%	0.74	100%	2.700
2-3-4	D2S1	52.39	D2S1 SH1	8.10 - 8.80	2.001	1.603	1.009	40.6%	0.68	98%	2.700
	D2S2	49.98	D2S2 SH1	4.60 - 5.00	1.927	1.497	0.942	44.6%	0.80	96%	2.700
	D3S1	49.28	D3S1 SH1	7.60 - 8.10	1.925	1.493	0.940	44.7%	0.81	97%	2.700
			D3S1 SH2	24.00 - 24.50	1.953	1.523	0.959	43.6%	0.77	99%	2.700
			D3S1 SPT2	6.00 - 6.45	1.949	1.496					
	D3S2	49.5	D3S2 SH1	9.20 - 9.90	1.883	1.438	0.905	46.8%	0.88	95%	2.700
			D3S2 SH2	15.20 - 15.80	1.920	1.462	0.921	45.8%	0.85	100%	2.700
			D3S2 SH3	21.00 - 21.60	1.961	1.546	0.973	42.7%	0.75	97%	2.700
	D3S3	49.49	D3S3 SH1	13.50 - 14.00	1.892	1.421	0.895	47.4%	0.90	99%	2.700
			D3S3 SH2	19.50 - 20.00	1.949	1.519	0.956	43.7%	0.78	98%	2.700
			D3S3 SH3	25.50 - 26.20	1.943	1.500	0.944	44.4%	0.80	100%	2.700
	D3S4	49.61	D3S4 SH1	15.60 - 16.20	1.963	1.554	0.978	42.4%	0.74	96%	2.700
			D3S4 SH2	21.00 - 21.70	1.903	1.458	0.918	46.0%	0.85	97%	2.700
			D3S4 CR1	6.50 - 7.00	2.019	1.757					
H - 6	D6S1	49.51	D6S1SH1	6.00 - 6.60	1.852	1.504	0.947	44.3%	0.80	79%	2.700
			D6S1SH2	15.00 - 15.70	1.889	1.451	0.913	46.3%	0.86	95%	2.700
			D6S1SH3	21.30 - 21.70	2.016	1.620	1.020	40.0%	0.67	99%	2.700
	D6S2	49.54	D6S2SH1	5.40 - 5.90	1.899	1.618	1.019	40.1%	0.67	70%	2.700
			D6S2SH2	12.20 - 12.80	1.939	1.638	1.032	39.3%	0.65	76%	2.700

Intervento /profilo	Sondaggio	Quota p.c. assoluta (m s.l.m.)	Campione	Prof. (m da p.c.)	Caratteristiche fisiche						
					gnat (Mg/m ³)	gsecco (Mg/m ³)	gimm (Mg/m ³)	n	e	sat	Gs (Mg/m ³) (STIMATO)
M - 7	D6S3	49.5	D6S3SH1	13.50 - 13.80	1.917	1.577	0.993	41.6%	0.71	82%	2.700
			D6S3SH2	18.90 - 19.60	1.943	1.505	0.947	44.3%	0.79	99%	2.700
	D7S1R	44.14	D7S1RSH1	4.70 - 5.30	1.849	1.348	0.849	50.1%	1.00	100%	2.700
			D7S1RSH2	9.00 - 9.55	1.830	1.338	0.843	50.4%	1.02	98%	2.700
	D7S2N	44.07	D7S2NSH1	6.90 - 7.50	1.898	1.439	0.906	46.7%	0.88	98%	2.700
			D7S2NSH2	10.50 - 11.00	1.941	1.769	1.114	34.5%	0.53	50%	2.700
	D7S3N	44.46	D7S3NSH1	6.00 - 6.70	1.912	1.468	0.924	45.6%	0.84	97%	2.700

Tab. 16– Risultati delle caratteristiche fisiche dei sondaggi

Intervento /profilo	Sondaggio	Quota p.c. assoluta (m s.l.m.)	Campione	Prof. (m da p.c.)	Taglio diretto	
					TACD (σ' kPa -c ϕ)	
					c (kPa)	ϕ (°)
L - 5	CS1	49.74	CS1 SH1	3.30 - 3.70	6.21	31.60

Tab. 17– Risultati delle prove di taglio diretto eseguite nei sondaggi

Intervento /profilo	Sondaggio	Quota p.c. assoluta (m s.l.m.)	Campione	Prof. (m da p.c.)	Prove Triassiali							
					CIU (σ' kPa -c ϕ)				UU σ_3 - Cu (kPa)			
					c' (kPa)	ϕ' (°)	c (kPa)	ϕ (°)	σ_3	Cu	σ_3	Cu
A	AS1	37.75	AS1SH1	6.00 - 6.60	4.9	27.1	0.6	19.6				
			AS1SH2	13.50 - 14.10					100	53	200	71
			AS1SH3	27.00 - 27.70					150	93	250	95
	AS2	37.75	AS2SH1	5.50 - 6.10					100	75.1	200	88
			AS2SH2	10.50 - 11.00	14.7	26.4	25.9	18.2				
			AS2SH3	16.50 - 16.90					100	60	200	91
	AS3N	49.15	AS3NSH1	10.50 - 11.00					100	62	200	35
			AS3NSH2	15.00 - 15.60	9.3	27.0	9.3	18.1				
			AS3NSH3	18.00 - 18.70					150	102	300	101
B -	BS1	49.27	BS1 SH1	12.00 - 12.60	15.5	29.1	40.0	15.9	200	69.0	300	67

Intervento /profilo	Sondaggio	Quota p.c. assoluta (m s.l.m.)	Campione	Prof. (m da p.c.)	Prove Triassiali									
					CIU (σ' kPa - c φ)				UU σ ₃ - Cu (kPa)					
					c' (kPa)	φ' (°)	c (kPa)	φ(°)	σ ₃	Cu	σ ₃	Cu	σ ₃	Cu
2-3-4			BS1 SH2	18.10 - 18.70					100	74	150	75	200	70
	BS2	49.3	BS2 SH1	10.50 - 11.10	12.7	34.9	13.1	20.9	100	48.3	200	50	300	37.7
			BS2 SH2	13.10 - 13.80					100	89.3	200	62.4	300	106.5
L - 5	CS1	49.74	CS1 SH1	3.30 - 3.70					100	203.4	300	241		
H - 1	D1S1	49.85	D1S1SH1	6.70 - 7.30	14.6	27.3	2.9	25.1	100	48	200	65	300	59
	D1S2	49.38	D1S2SH1	6.40 - 7.10					100	60	300	67		
	D1S3	49.43	D1S3SH1	7.60 - 8.20	2.5	31.5	0.9	27.7	100	48	300	44		
	D1S4	49.44	D1S4SH1	10.70 - 11.40					100	44	200	60	300	53
	D1S5	49.33	D1S5SH1	10.70 - 11.40	20.4	24.8	34.8	14.3	100	77	200	68	300	74
	D1S6	49.29	D1S6SH1	10.80 - 11.40					100	53	200	46	300	56
	D1S7	49.3	D1S7SH1	13.50 - 13.75	11.9	30.9	15.3	21.4						
2-3-4	D2S1	52.39	D2S1 SH1	8.10 - 8.80					100	53.9	200	49	300	51.6
	D2S2	49.98	D2S2 SH1	4.60 - 5.00	1.3	27.8	25.1	18.6	100	58.9	300	67		
	D3S1	49.28	D3S1 SH1	7.60 - 8.10					100	81.2	200	86	300	89.1
			D3S1 SH2	24.00 - 24.50	5.0	26.0	9.6	22.7						
	D3S2	49.5	D3S2 SH2	15.20 - 15.80					100	56	200	65	300	64
			D3S2 SH3	21.00 - 21.60	32.0	24.4	44.7	18.1						
	D3S3	49.49	D3S3 SH2	19.50 - 20.00					100	82	200	83	300	66
	D3S4	49.61	D3S4 SH1	15.60 - 16.20					100	118.0	200	60	300	113.1
			D3S4 SH2	21.00 - 21.70	15.8	26.8	19.7	24.7						
	H - 6	D6S1	49.51	D6S1SH1	6.00 - 6.60					100	65.1	300	81	
D6S1SH2				15.00 - 15.70					150	47	250	52		
D6S1SH3				21.30 - 21.70	11.0	28.8	15.5	23.9						
D6S2		49.54	D6S2SH1	5.40 - 5.90	9.4	30.2	12.0	25.8	150	61	300	92		
			D6S2SH2	12.20 - 12.80					200	113	300	153		
D6S3		49.5	D6S3SH1	13.50 - 13.80					100	29	200	26		
	D6S3SH2		18.90 - 19.60	10.6	31.3	46.8	20.7	150	58	300	67			

Intervento /profilo	Sondaggio	Quota p.c. assoluta (m s.l.m.)	Campione	Prof. (m da p.c.)	Prove Triassiali									
					CIU (σ' kPa - c ϕ)				UU σ_3 - Cu (kPa)					
					c' (kPa)	ϕ' (°)	c (kPa)	ϕ (°)	σ_3	Cu	σ_3	Cu	σ_3	Cu
M - 7	D7S1R	44.14	D7S1RSH1	4.70 - 5.30					100	52	200	42	300	40
			D7S1RSH2	9.00 - 9.55	11.1	23.3	0.3	20.2	100	72	200	69		
	D7S2N	44.07	D7S2NSH1	6.90 - 7.50	2.2	30.4	0.6	21.0	100	70	200	58		
			D7S2NSH2	10.50 - 11.00					100	76	200	49	300	87
	D7S3N	44.46	D7S3NSH1	6.00 - 6.70	21.6	28.4	15.7	20.9	100	70	200	53		

Tab. 18– Risultati delle prove triassiali dei sondaggi

Intervento /profilo	Sondaggio	Campione	Prof. (m da p.c.)	Prove Triassiali								Permeabilità (m/s):
				CIU (σ' kPa -c ϕ)				UU σ_3 - Cu (kPa)				
				c' (kPa)	ϕ' (°)	c (kPa)	ϕ (°)	σ_3	Cu	σ_3	Cu	
M	trincee ampliamento	DT5						150	355	300	404	
		DT36		6.7	32.5	22.5	26.8	150	287	300	343	
		DT49		12.8	35.6	-31.1	37.7	150	301	300	366	
C e I	trincee cassa in linea	ET1	0.50 - 2.00	12.3	33.0	8.2	29.7	150	299	300	351	9.4268E-09
		ET3	0.50 - 1.80									
		ET4	0.50 - 1.50									
		ET5	0.50 - 2.00									
		ET7	0.50 - 1.70									
		ET8	0.50 - 2.00					150	245	300	258	5.7219E-08
		ET9	0.50 - 2.00									
		ET10	2.50 - 3.50									
		ET12	3.50 - 4.50	11.2	31.9	26.3	25.2	150	288	300	357	1.4417E-08
		ET13	1.50 - 2.50									
		ET14	1.50 - 2.50									
		ET15	3.50 - 4.50									
		ET16	2.50 - 3.50									
		ET17	4.50 - 5.50									

Intervento /profilo	Sondaggio	Campione	Prof. (m da p.c.)	Prove Triassiali								Permeabilità (m/s):
				CIU (σ' kPa - c ϕ)				UU σ_3 - Cu (kPa)				
				c' (kPa)	ϕ' (°)	c (kPa)	ϕ (°)	σ_3	Cu	σ_3	Cu	
		ET19	1.50 - 2.50									

Tab. 19– Risultati delle prove triassiali e di permeabilità delle trincee o pozzetti esplorativi della cassa in linea e dell'ampliamento previsto

Intervento /profilo	Sondaggio	Quota p.c. assoluta (m s.l.m.)	Campione	Prof. (m da p.c.)	Edometrica parte 1/2							
					Pressione di preconsolidazione (σ'_{p_0}):	Grado di sovraconsolidazione (OCR):	Rapporto di compressione (CR):	Indice di compressione (Cc):	Rapporto di ricomprensione (RR):	Indice di ricomprensione (Cr):	Rapporto di rigonfiamento (SR):	Indice di rigonfiamento (Cs):
A	AS2	37.75	AS2SH1	5.50 - 6.10	112.59	2.039	0.127	0.222	0.015	0.027	0.021	0.037
B - 2-3-4	BS1	49.27	BS1 SH2	18.10 - 18.70	157.61	0.584	0.155	0.286	0.014	0.025	0.013	0.024
	BS2	49.3	BS2 SH2	13.10 - 13.80	159.30	0.681	0.139	0.232	0.015	0.025	0.023	0.039
L - 5	CS1	49.74	CS1 SH1	3.30 - 3.70	228.17	3.317	0.128	0.205	0.008	0.013	0.007	0.011
H - 1	D1S1	49.85	D1S1SH1	6.70 - 7.30	165.81	1.219	0.122	0.220	0.017	0.030	0.013	0.024
	D1S2	49.38	D1S2SH1	6.40 - 7.10	132.92	0.959	0.142	0.244	0.017	0.030	0.027	0.046
	D1S3	49.43	D1S3SH1	7.60 - 8.20	190.51	1.232	0.170	0.304	0.024	0.043	0.024	0.042
	D1S4	49.44	D1S4SH1	10.70 - 11.40	121.13	0.610	0.139	0.250	0.022	0.039	0.022	0.040
	D1S5	49.33	D1S5SH1	10.70 - 11.40	169.29	0.870	0.177	0.330	0.013	0.025	0.024	0.045
	D1S6	49.29	D1S6SH1	10.80 - 11.40	117.59	0.595	0.114	0.207	0.021	0.039	0.015	0.027
	D1S7	49.3	D1S7SH1	13.50 - 13.75	94.17	0.422	0.111	0.197	0.027	0.047	0.010	0.018
2-3-4	D2S1	52.39	D2S1 SH1	8.10 - 8.80	134.61	0.995	0.137	0.233	0.012	0.021	0.007	0.011
	D2S2	49.98	D2S2 SH1	4.60 - 5.00	150.36	1.952	0.147	0.265	0.016	0.029	0.027	0.048
	D3S1	49.28	D3S1 SH1	7.60 - 8.10	167.94	1.139	0.154	0.277	0.003	0.005	0.033	0.059
	D3S2	49.5	D3S2 SH1	9.20 - 9.90	223.57	1.245	0.196	0.368	0.010	0.018	0.021	0.039
	D3S3	49.49	D3S3 SH2	19.50 - 20.00	200.46	0.710	0.152	0.271	0.009	0.015	0.020	0.036
	D3S4	49.61	D3S4 SH1	15.60 - 16.20	176.75	0.735	0.155	0.262	0.012	0.021	0.022	0.037
			D3S4 SH2	21.00 - 21.70	136.31	0.496	0.157	0.287	0.014	0.025	0.034	0.061

(MO-E-1273) Lavori di ampliamento della Cassa di laminazione del fiume Secchia, comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma ministero - RER - Parte A)
CUP: B98G11000320001
(MO-E-1357) Interventi di adeguamento del sistema di laminazione delle piene della Cassa di espansione del fiume Secchia (provincia di Modena) (Ordinanza 1/2018 del 07.11.2018) - CUP: B94H16000690002

H - 6	D6S1	49.51	D6S1SH1	6.00 - 6.60	192.15	1.682	0.110	0.192	0.009	0.015	0.009	0.015
	D6S2	49.54	D6S2SH2	12.20 - 12.80	123.56	1.053	0.107	0.175	0.009	0.015	0.004	0.007
	D6S3	49.5	D6S3SH1	13.50 - 13.80	75.97	0.309	0.136	0.224	0.030	0.050	0.012	0.020
M - 7	D7S1R	44.14	D7S1RSH1	4.70 - 5.30	141.14	1.530	0.166	0.333	0.033	0.066	0.016	0.032
	D7S2N	44.07	D7S2NSH2	10.50 - 11.00	160.93	0.926	0.142	0.207	0.014	0.021	0.021	0.030
	D7S3N	44.46	D7S3NSH1	6.00 - 6.70	156.03	1.340	0.158	0.289	0.016	0.029	0.010	0.017

Tab. 20– Risultati delle prove edometriche dei sondaggi parte 1/2

Intervento /profilo	Sondaggio	Quota p.c. assoluta (m s.l.m.)	Campione	Prof. (m da p.c.)	Edometrica parte 2/2								
					Coeff. Cons. (Cv) tra:	Coeff. Cons. (Cv) tra:	Coeff. Cons. (Cv) tra:	Coeff. Sec. (Ca) tra:	Coeff. Sec. (Ca) tra:	Coeff. Sec. (Ca) tra:	Permeabilità tra (kPa):	Permeabilità tra (kPa):	Permeabilità tra (kPa):
A	AS2	37.75	AS2SH1	5.50 - 6.10	1.13E-03	6.39E-04	7.82E-04	2.64E-03	3.41E-03	4.09E-03	1.71E-10	5.72E-11	3.74E-11
B - 2-3-4	BS1	49.27	BS1 SH2	18.10 - 18.70	1.71E-03	1.39E-03	1.52E-03	2.79E-03	3.78E-03	4.70E-03	2.74E-10	1.49E-10	8.88E-11
	BS2	49.3	BS2 SH2	13.10 - 13.80	4.92E-04	3.75E-04	2.79E-04	2.27E-03	3.38E-03	3.34E-03	6.25E-11	3.34E-11	1.45E-11
L - 5	CS1	49.74	CS1 SH1	3.30 - 3.70	2.48E-03	9.87E-03	2.37E-03	1.34E-03	2.37E-03	1.88E-03			
H - 1	D1S1	49.85	D1S1SH1	6.70 - 7.30	4.94E-04	5.53E-04	6.31E-04	1.81E-03	2.86E-03	2.44E-03	4.74E-11	4.09E-11	2.90E-11
	D1S2	49.38	D1S2SH1	6.40 - 7.10	7.05E-04	4.38E-04	2.93E-04	2.20E-03	3.94E-03	3.15E-03	1.19E-10	4.58E-11	1.57E-11
	D1S3	49.43	D1S3SH1	7.60 - 8.20	7.39E-04	5.08E-04	6.52E-04	4.28E-03	3.84E-03	6.22E-03	1.37E-10	5.97E-11	4.18E-11
	D1S4	49.44	D1S4SH1	10.70 - 11.40	4.19E-04	3.58E-04	2.88E-04	4.01E-03	4.33E-03	3.01E-03	7.56E-11	3.56E-11	1.51E-11
	D1S5	49.33	D1S5SH1	10.70 - 11.40	4.98E-04	4.03E-04	4.13E-04	4.04E-03	5.33E-03	6.44E-03	9.36E-11	4.91E-11	2.75E-11
	D1S6	49.29	D1S6SH1	10.80 - 11.40	6.57E-04	9.05E-04	7.98E-04	1.29E-03	2.62E-03	2.27E-03	8.40E-11	6.99E-11	3.41E-11
	D1S7	49.3	D1S7SH1	13.50 - 13.75	1.55E-03	1.43E-03	1.94E-03	2.78E-03	3.13E-03	3.96E-03	1.94E-10	1.07E-10	8.12E-11
2-3-4	D2S1	52.39	D2S1 SH1	8.10 - 8.80	1.16E-02	2.70E-03	3.64E-03	2.03E-03	2.96E-03	3.65E-03	1.61E-09	2.71E-10	1.88E-10
	D2S2	49.98	D2S2 SH1	4.60 - 5.00	2.46E-04	2.52E-04	2.51E-04	3.17E-03	4.19E-03	4.34E-03	4.16E-11	2.59E-11	1.39E-11
	D3S1	49.28	D3S1 SH1	7.60 - 8.10	2.75E-04	1.61E-04	1.58E-04	2.00E-03	3.22E-03	5.13E-03	4.11E-11	1.69E-11	9.20E-12
	D3S2	49.5	D3S2 SH1	9.20 - 9.90	8.12E-04	2.68E-04	2.68E-04	1.32E-03	4.28E-03	5.33E-03	8.03E-11	2.42E-11	1.98E-11
	D3S3	49.49	D3S3 SH2	19.50 - 20.00	1.45E-03	1.30E-03	1.25E-03	2.40E-03	4.24E-03	4.85E-03	1.59E-10	1.18E-10	7.17E-11
	D3S4	49.61	D3S4 SH1	15.60 - 16.20	1.30E-03	8.67E-04	7.09E-04	1.09E-03	2.95E-03	3.12E-03	1.79E-10	7.90E-11	4.12E-11

			D3S4 SH2	21.00 - 21.70	3.41E-04	4.45E-04	3.75E-04	2.58E-03	3.31E-03	4.36E-03	6.21E-11	4.68E-11	2.21E-11
H - 6	D6S1	49.51	D6S1SH1	6.00 - 6.60	7.73E-03	8.61E-03	3.43E-03	1.70E-03	2.50E-03	2.82E-03	7.88E-10	5.70E-10	1.42E-10
	D6S2	49.54	D6S2SH2	12.20 - 12.80	2.44E-02	9.05E-03	1.00E-02	2.34E-03	2.35E-03	3.01E-03	2.91E-09	6.56E-10	4.02E-10
	D6S3	49.5	D6S3SH1	13.50 - 13.80	1.85E-03	1.92E-03	2.17E-03	2.84E-03	3.16E-03	3.25E-03	3.29E-10	1.83E-10	1.11E-10
M - 7	D7S1R	44.14	D7S1RSH1	4.70 - 5.30	1.02E-03	9.53E-04	6.20E-04	5.72E-03	6.55E-03	6.91E-03	1.98E-10	1.12E-10	3.88E-11
	D7S2N	44.07	D7S2NSH2	10.50 - 11.00	1.17E-03	1.00E-03	9.07E-04	1.82E-03	3.29E-03	3.19E-03	1.66E-10	9.49E-11	4.85E-11
	D7S3N	44.46	D7S3NSH1	6.00 - 6.70	1.32E-03	1.30E-03	1.39E-03	3.08E-03	3.93E-03	4.49E-03	2.14E-10	1.34E-10	8.28E-11

Tab. 21– Risultati delle prove edometriche dei sondaggi parte 2/2

Sondaggio	Campione (CR \ SH \ SPT)	Prof. (m)	Edometria						
			M (MPa) (Modulo Edometrico Eed)						
			Intervalli di carico in KPa						
			25.0	49.0	98.0	196.0	392.0	785.0	1569.0
AS2	SH1	5.50 - 6.10	2.96	4.52	2.93	3.66	6.49	10.95	10.52
BS1	SH2	18.10 - 18.70	10.01	3.29	3.48	4.35	6.12	9.15	16.77
BS2	SH2	13.10 - 13.80	5.84	3.58	5.04	6.39	7.72	11.00	18.82
CS1	SH1	3.30 - 3.70	6.85	7.21	11.54	11.38	10.28	14.28	20.32
D2S1	SH1	8.10 - 8.80	6.47	4.43	4.22	4.31	7.11	9.80	19.02
D2S2	SH1	4.60 - 5.00	4.08	3.05	3.31	4.84	5.81	9.55	17.73
D3S1	SH1	7.60 - 8.10		17.21	4.24	5.10	6.58	9.36	16.89
D3S2	SH1	9.20 - 9.90	12.98	4.90	3.91	4.91	9.92	10.87	13.28
D3S3	SH2	19.50 - 20	4.28	5.28	4.44	5.97	8.97	10.8	17.14
D3S4	SH1	15.60 - 16.20	4.53	5.22	4.67	5.32	7.13	10.77	16.87
D3S4	SH2	21.0 - 21.70	7.34	3.64	2.88	4.03	5.39	9.32	16.60
D6S1	SH1	6.00 - 6.60	4.55	9.05	8.44	9.97	9.62	14.80	23.67
D6S2	SH1	12.2 - 12.8	5.33	7.05	4.90	8.16	8.24	13.54	24.43
D6S3	SH1	13.50 - 13.80	2.20	1.80	2.03	3.44	5.52	10.31	19.17

Tab. 22– Risultati delle prove edometriche (Modulo Edometrico)

Sondaggio	Campione (CR \ SH \ SPT)	Prof. (m)	Edometria					
			Cv (cm ² /s) (Coefficiente di consolidazione)			K (m/s) (Permeabilità)		
			Intervalli di carico in Kpa			Intervalli di carico in Kpa		
			392.0	785.0	1569.0	392.0	785.0	1569.0
AS2	SH1	5.50 - 6.10	1.13E-03	6.39E-04	7.82E-04	1.71E-10	5.72E-11	3.74E-11
BS1	SH2	18.10 - 18.70	2.70E-03	1.29E-03	1.50E-03	2.7E-10	1.4E-10	8.8E-11
BS2	SH2	13.10 - 13.80	4.92E-04	3.75E-04	2.79E-04	6.25E-11	3.34E-11	1.45E-11
CS1	SH1	3.30 - 3.70		2.48E-03	2.37E-03			
D2S1	SH1	8.10 - 8.80	1.16E-02	2.70E-03	3.64E-03	1.6E-09	2.71E-10	1.88E-10
D2S2	SH1	4.60 - 5.00	2.46E-04	2.52E-04	2.51E-04			
D3S1	SH1	7.60 - 8.10	2.75E-04	1.61E-04	1.58E-04	4.11E-11	1.69E-11	9.2E-12
D3S2	SH1	9.20 - 9.90	8.12E-04	2.68E-04	2.68E-04	8.03E-11	2.42E-11	1.98E-11
D3S3	SH2	19.50 - 20	1.45E-03	1.30E-03	1.25E-03	1.59E-10	1.18E-10	1.25E-11
D3S4	SH1	15.60 - 16.20	1.30E-03	8.67E-04	7.09E-04	1.79E-10	7.9E-11	4.12E-11
D3S4	SH2	21.0 - 21.70	3.41E-04	4.45E-04	3.75E-04	6.21E-11	4.68E-11	2.22E-11
D6S1	SH1	6.00 - 6.60	7.73E-03	8.61E-03	3.43E-03	7.88E-10	5.70E-10	1.42E-10
D6S2	SH1	12.2 - 12.8	2.44E-02	9.05E-03	8.87E-03	2.91E-09	6.56E-10	3.56E-10
D6S3	SH1	13.50 - 13.80	1.85E-03	1.92E-03	2.17E-03	3.29E-10	1.83E-10	1.11E-10

Tab. 23– Risultati delle prove edometriche (Coefficiente di consolidazione e Permeabilità)

4 Modello geologico

Le indagini geognostiche, pregresse e integrative, descritte nel capitolo 4, hanno consentito di ricostruire, con un buon grado di dettaglio, l'assetto litostratimetrico e idrogeologico in corrispondenza delle differenti aree in cui si prevede d'intervenire, come descritto nei successivi paragrafi.

In particolare, è stato possibile redigere delle sezioni, sia longitudinali che trasversali, in cui sono stati distinti livelli costituiti da terreni a differente tessitura e conseguentemente caratterizzati da diversi gradi di permeabilità.

In tali sezioni sono state distinte le seguenti unità:

all'interno dei corpi arginali

- pacchetto stradale
- terreni prevalentemente limoso-argillosi a permeabilità da bassa a molto bassa
- terreni prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi a permeabilità da media a elevata

nei terreni di fondazione

- terreni prevalentemente argillosi a permeabilità da bassa a molto bassa
- terreni prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi a permeabilità da media a elevata

Va specificato che, nella redazione delle sezioni, quando incompatibili con i dati delle indagini limitrofe, sono state trascurate le informazioni derivanti da pozzi o da sondaggi a distruzione. Inoltre, in un caso, si è dovuta correggere la quota d'inizio di un sondaggio effettuato a supporto della progettazione dei rilevati arginali, in quanto palesemente errata.

4.1 Intervento A: adeguamento del manufatto di sbarramento e regolazione dell'invaso

La zona del manufatto regolatore era già stata indagata a più riprese con le seguenti campagne d'indagine:

- Indagini realizzate a supporto del progetto di costruzione, nel 1976

- Indagini effettuate per il collaudo funzionale e monitoraggio piezometrico, nel 2006
- Indagini effettuate per il progetto S.I.S.M.A. nel 2008

Ad integrazione di tali dati, quest'anno sono stati eseguiti 2 nuovi sondaggi: il primo dalla sommità arginale, profondo 36 m; il secondo, in alveo poco a monte del manufatto, che ha raggiunto i 30 m di profondità.

Sulla base di tutte queste informazioni è stato possibile redigere i seguenti elaborati grafici:

- All(RG). 5 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento A) -
V=1:250, H=1:500
- All(RG). 6 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica trasversale
(Intervento A) – V=1:250, H=1:250

in cui si osserva che:

- I terreni che costituiscono i rilevati arginali risultano a prevalenza limosa e argillosa e sono contraddistinti da una permeabilità da bassa a molto bassa.
- Depositi a tessitura fine, sempre a permeabilità da bassa a molto bassa, dominano pure nel primo sottosuolo, fino a quote inferiori a 35 m s.l.m, sebbene siano presenti anche delle lenti plurimetriche ghiaioso-sabbiose, a lato del manufatto: sia in destra idraulica, subito sotto l'arginatura, che in sinistra, sotto una copertura di argille di pochi metri.
- A profondità maggiori, si alternano livelli, a differente litologia e permeabilità non sempre correlabili lateralmente, in quanto la geometria deposizionale è quella tipica dell'ambiente di conoide, caratterizzata da corpi lentiformi intrecciati tra loro.

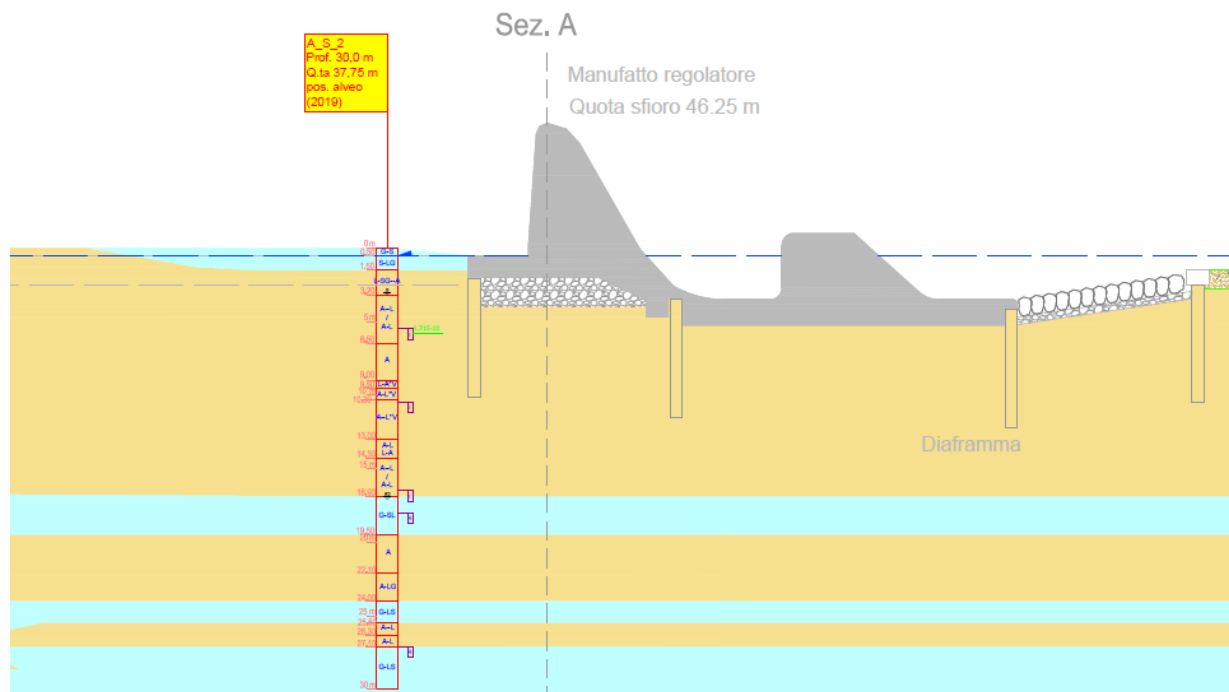


Fig. 4 – Stralcio da All(RG). 6 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica trasversale (Intervento A)

4.2 Intervento B: adeguamento del manufatto di derivazione nell'invaso laterale

L'area in corrispondenza del manufatto di derivazione laterale, prima della campagna di indagine 2018-2019, risultava molto carente di informazioni geologiche: infatti, ci si poteva basare solo sui dati di 2 sondaggi, ubicati, uno, oltre 400 m a sud e, l'altro, quasi 800 m a nord di tale manufatto, contraddistinti, tra l'altro, da stratigrafie molto differenti.

A fronte di tale situazione, la campagna integrativa ha previsto di realizzare 5 nuovi sondaggi dalla sommità arginale (1 a 50 m, 1 a 40 m e 3 a 35 m di profondità) e 1 dalla sommità del manufatto (a 10 m di profondità).

Ciò ha consentito di redigere il seguente elaborato grafico:

- All(RG). 7 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento B) -
V=1:250, H=1:2.500

in cui si osserva che:

- I terreni che costituiscono i rilevati arginali risultano prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi (con permeabilità da media ad elevata) vicino allo sfioratore, mentre, allontanandosi verso nord, dominano i materiali fini (limi e argille contraddistinti da una permeabilità da bassa a molto bassa).

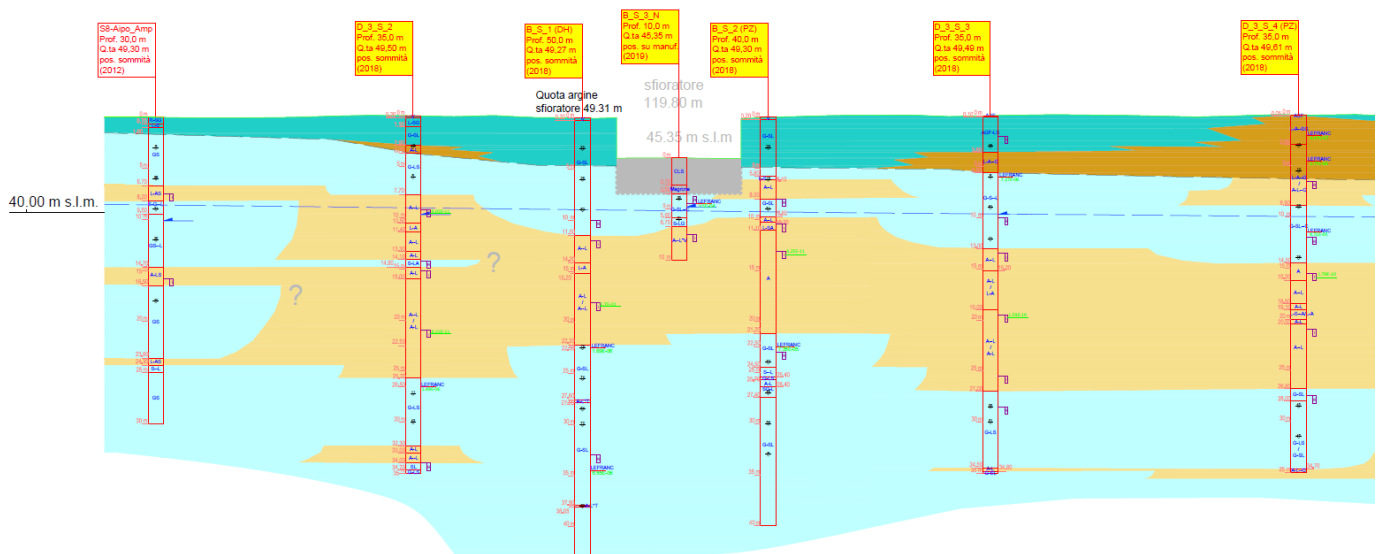


Fig. 5 – Stralcio da All(RG). 7 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento B)

- Ghiaie e sabbie permeabili si ritrovano anche subito sotto l'arginatura in un livello di spessore variabile tra i 5 e i 10 m, al cui interno sono presenti anche 2 lenti argillose di circa 2 m di spessore.
- Più in profondità, è stato disegnato un banco di depositi a tessitura fine, sempre a permeabilità da bassa a molto bassa, che si chiude verso sud per la presenza di corpi lentiformi a litologia grossolana, potenti 6÷7 m.
- I terreni più profondi tra quelli indagati, mediamente a partire da 25 a 50 m dalla sommità arginale, risultano costituiti da materiali granulari a permeabilità da media a elevata.

4.3 Intervento C: Opere di svaso e ricalibratura della cassa in linea

Per la descrizione dei terreni interessati da questo intervento si rimanda al capitolo relativo all'individuazione e caratterizzazione dei siti di prelievo dei materiali per rilevati e, più precisamente, al paragrafo 7.1 "Area di risagomatura e rimozione dei sedimenti della vasca in linea".

4.4 Intervento E: arginatura secondaria a valle dello sbarramento

Nella porzione di territorio, in sinistra idraulica del fiume Secchia, a valle manufatto di regolazione, ove è prevista la realizzazione di un arginello golenale, nel corso della campagna geognostica integrativa, sono state eseguite 9 prove penetrometriche dinamiche (SCPT), fino a 9,8÷10 m da p.c., che hanno consentito di redigere il seguente elaborato grafico:

- All(RG). 14 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento E)

in cui si osserva che:

- Nel sottosuolo indagato dominano i depositi a tessitura fine (argille e limi), a permeabilità da bassa a molto bassa, interrotti, attorno ai 5 m di profondità, da un livello prevalentemente ghiaioso, permeabile, di spessore compreso all'incirca tra 1 e 3 m.
- Le 2 prove più a monte hanno incontrato dei terreni grossolani granulari, anche nel primo metro di avanzamento della punta.

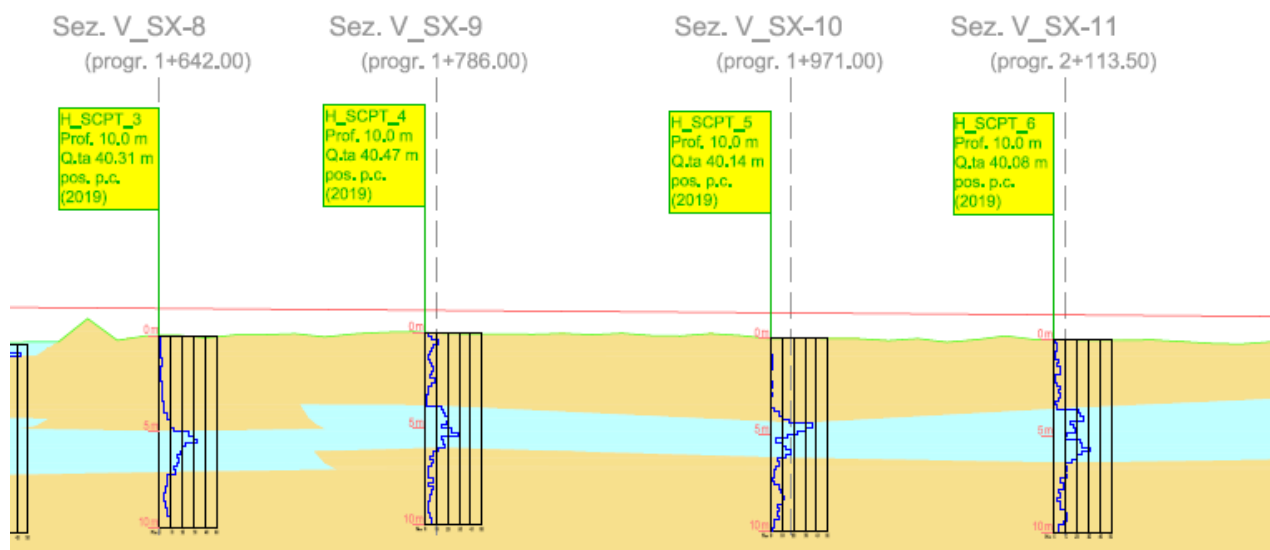


Fig. 6 – Stralcio da All(RG). 14 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento E)

4.5 Intervento H: Adeguamento delle arginature della cassa di espansione

L'intervento H interessa una porzione di territorio molto ampia, in quanto riguarda l'adeguamento dei rilevati esistenti della cassa, che presentano un'estensione di oltre 8,5 km.

Per descrivere le caratteristiche geologiche e idrogeologiche di una zona così vasta sono state ricostruite 4 sezioni, in corrispondenza di altrettanti profili presi in asse agli argini esistenti e in progetto e 3 sezioni trasversali.

Di seguito, viene proposta una descrizione di tali profili.

4.5.1 Profilo 1

Il profilo 1 è relativo all'argine in sponda destra idraulica della cassa d'espansione in linea e si estende per 2.551 m.

Il tratto più settentrionale in prossimità del manufatto regolatore, in passato, tra il 1976 e 2006, è stato discretamente indagato e, in parte, si sovrappone alla sezione descritta nel paragrafo 4.1.

Spostandosi verso sud, invece, le poche indagini pregresse presenti hanno distanza e posizione tale, rispetto all'asse della sezione, da risultare poco attendibili.

Ne consegue che la campagna integrativa ha dovuto prevedere l'esecuzione di 7 nuovi sondaggi, fino a 20 m di profondità.

I dati sopraccitati hanno consentito di redigere l'elaborato

- All(RG). 8 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 1) - V=1:250, H=1:2.500

in cui si osserva che:

- Il profilo interessa 2 distinti tratti di arginatura intervallati da una zona in cui non è stato necessario realizzarla per la presenza di un terrazzo costituito da depositi alluvionali del Subsistema di Ravenna.
- Sia i rilevati, di altezza variabile sino a circa 6 m, che la copertura del terrazzo alluvionale, per uno spessore di 3÷4 m, sono costituiti da terreni prevalentemente limoso argillosi poco permeabili.

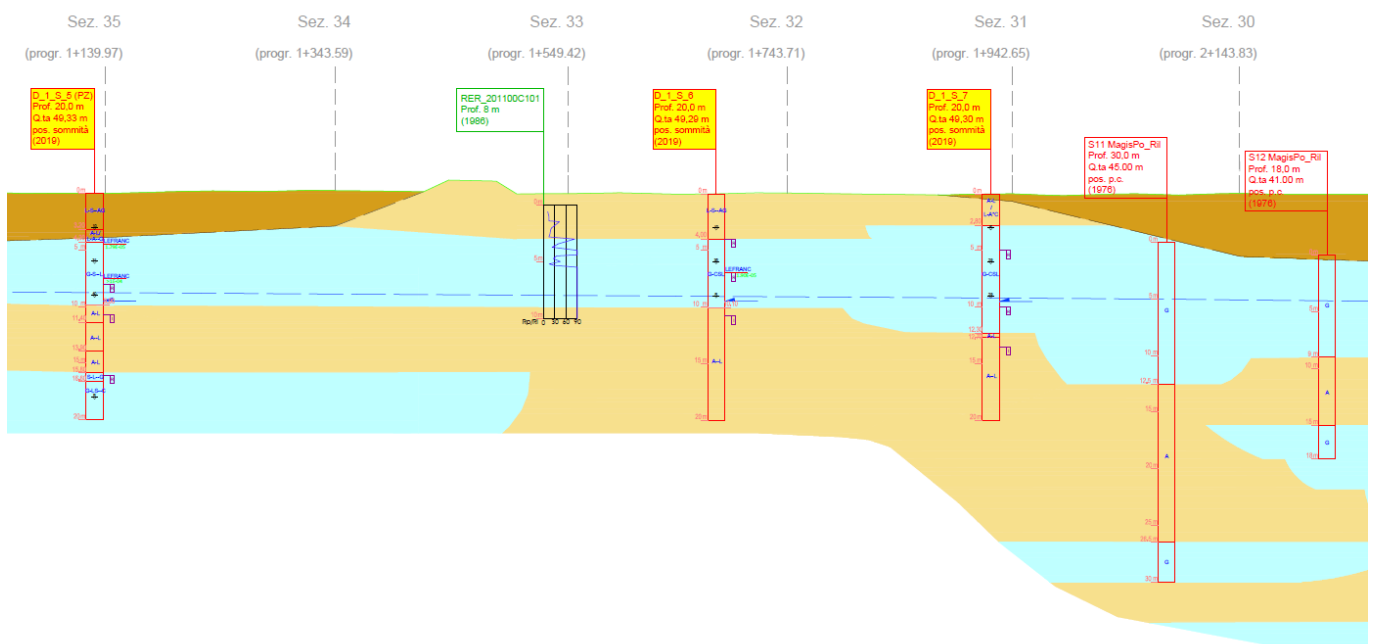


Fig. 7 – Stralcio da All(RG). 8 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 1)

- Sotto ai terreni fini di cui al punto precedente è presente un orizzonte prevalentemente ghiaioso di spessore variabile tra i 3 e 12.5 m.
- Per descrivere la situazione rilevata più in profondità bisogna distinguere tra i vari tratti: partendo da sud, fino ad almeno la sezione 39, dominano i depositi grossolani, con eccezione di un livelletto di limi e argille, di poco più di 2 metri di spessore; spessore che aumenta a circa 5 m, fino alla sezione 33, a partire dalla quale i depositi a tessitura fine diventano prevalenti, anche se, nelle differenti verticali, si incontrano livelli plurimetrici di depositi perlopiù sabbiosi e ghiaiosi, soprattutto tra i 15 e i 30 m dalla base dell'arginatura.

4.5.2 Profilo 2+3+4

Il profilo 2+3+4 è dato dall'unione dei:

- profilo 2: relativo alla porzione più a sud della difesa arginale in sinistra idraulica fino al limite meridionale della cassa laterale esistente
- profilo 3: relativo al tratto arginale che separa la cassa in linea da quella laterale
- profilo 4: relativo al tratto che collega il manufatto regolatore con la cassa laterale

Complessivamente presenta una lunghezza di 2.457 m e, con eccezione del tratto più vicino al manufatto regolatore che, in parte, si sovrappone alla sezione descritta nel paragrafo 4.1., interessa una zona particolarmente povera di indagini pregresse, in cui, nel corso della campagna geognostica integrativa, è stato necessario effettuare 10 nuovi sondaggi a carotaggio continuo, di cui uno suborizzontale per conoscere i materiali che costituiscono l'argine, e 2 prove penetrometriche dinamiche.

I dati sopraccitati hanno consentito di redigere l'elaborato

- All(RG). 9 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 2+3+4) - V=1:250, H=1:2.500

e una delle sezioni riportate nell'elaborato

- All(RG). 13 - Sezioni litostratimetriche e idrogeologiche trasversali (profili 3, 5 e 6) - 1:200

in cui si osserva che:

- Il Profilo 2 è caratterizzato, all'incirca, dalla seguente successione litostratigrafica:
 - da p.c. a -3,5÷7 m da p.c.: depositi prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi a permeabilità da media a elevata
 - da -3,5÷7 a -8,5÷17 m da p.c.: depositi prevalentemente argillosi a permeabilità da bassa a molto bassa
 - Da -8,5÷17 a -16,5÷21 m da p.c.: depositi prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi a permeabilità da media a elevata
 - Da -16,5÷21 a -30 m da p.c. (massima profondità indagata): depositi prevalentemente argillosi a permeabilità da bassa a molto bassa

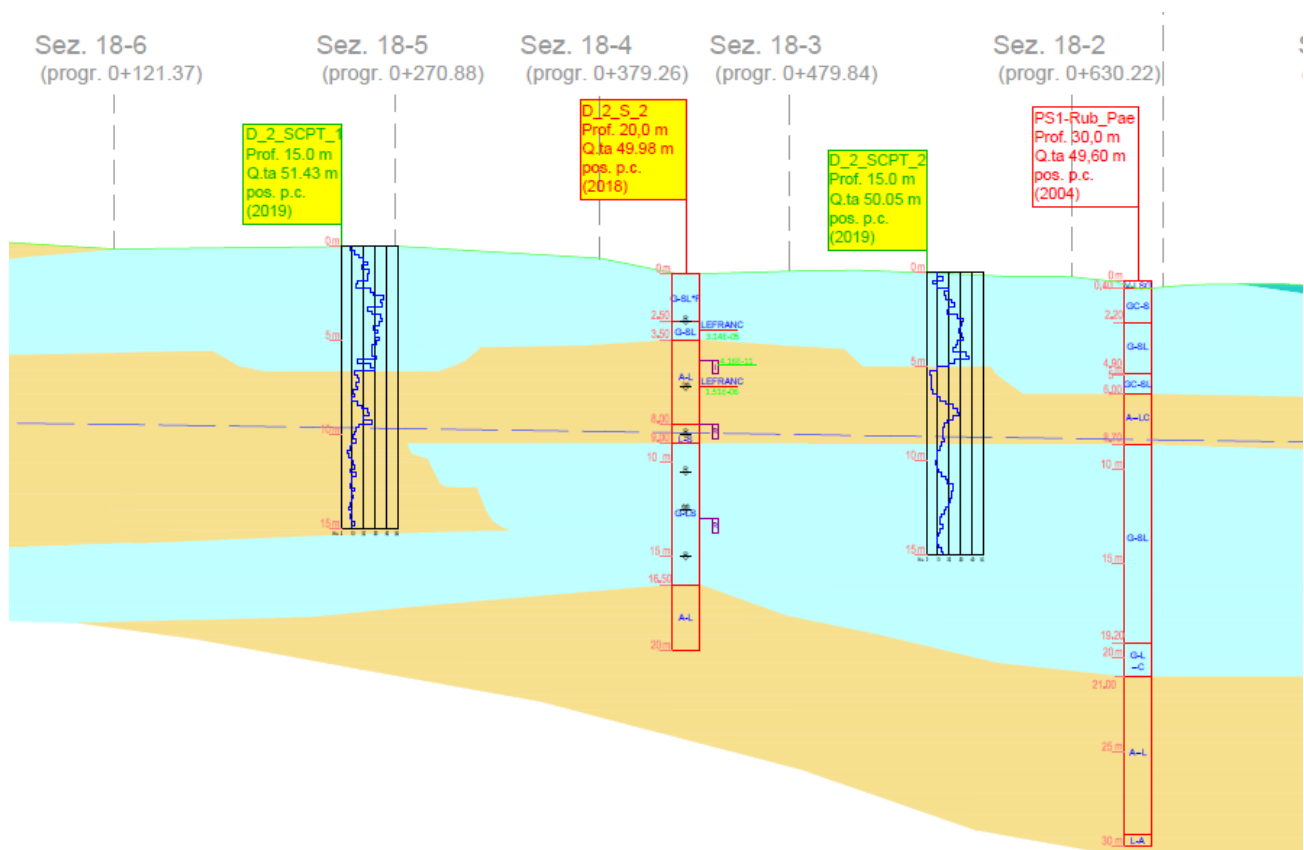


Fig. 8 – Stralcio da All(RG). 9 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 2+3+4)

- Il Profilo 3, sostanzialmente, coincide con la Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento B) di cui all'elaborato All(RG). 7, già descritta nel paragrafo 4.2.
- Il Profilo 4 può essere descritto, approssimativamente, dal seguente schema stratigrafico:

CORPO ARGINALE

- Altezza = $5 \div 6$ m
- Litologia = Terreni prevalentemente limoso argillosi, a monte, e ghiaioso sabbiosi a valle
- Grado di permeabilità = variabile, in funzione della tessitura dei depositi

TERRENI DI FONDAZIONE

Orizzonte 1

- Profondità = da 0 a $2 \div 4$ m da base arginale
- Litologia = Terreni prevalentemente argillosi
- Grado di permeabilità = da basso a molto basso

Orizzonte 2

- Profondità = da $2 \div 4$ a $8,5 \div 9$ m da base arginale
- Litologia = Terreni prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi
- Grado di permeabilità = da medio a elevato

Orizzonte 3

- Profondità = da $8,5 \div 9$ a $32 \div 34$ m da base arginale
- Litologia = Terreni prevalentemente argillosi con presenza, nella porzione più bassa, di livelli lentiformi plurimetrici a litologia più grossolana
- Grado di permeabilità = da basso a molto basso

Orizzonte 4

- Profondità = da $32 \div 34$ a 50 m da base arginale (massima profondità indagata)
- Litologia = Terreni prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi

- Grado di permeabilità = da medio a elevato

4.5.3 Profilo 5

Il profilo 5 riguarda il tratto di argine che separa la cassa laterale, esistente, dal suo ampliamento, in progetto.

Ha una lunghezza di 1.381 m ed è stato indagato, principalmente, coi sondaggi eseguiti a supporto della pianificazione estrattiva del Comune di Rubiera, e, in subordine, con la campagna geognostica per la progettazione dell'ampliamento della cassa d'espansione.

Nel corso dell'indagine integrativa è stato realizzato un ulteriore sondaggio sulla sommità arginale da 20 m di profondità e 2 sondaggi suborizzontali nel corpo arginale.

I dati sopraccitati hanno consentito di redigere l'elaborato

- All(RG). 10 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 5) - V=1:250, H=1:2.500

e 2 delle sezioni riportate nell'elaborato

- All(RG). 13 - Sezioni litostratimetriche e idrogeologiche trasversali (profili 3, 5 e 6) - 1:200

in cui si osserva che:

- Il rilevato arginale è costituito, generalmente, in sommità, da depositi prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi, a permeabilità da media a elevata, e alla base, depositi prevalentemente argillosi a permeabilità da bassa a molto bassa.

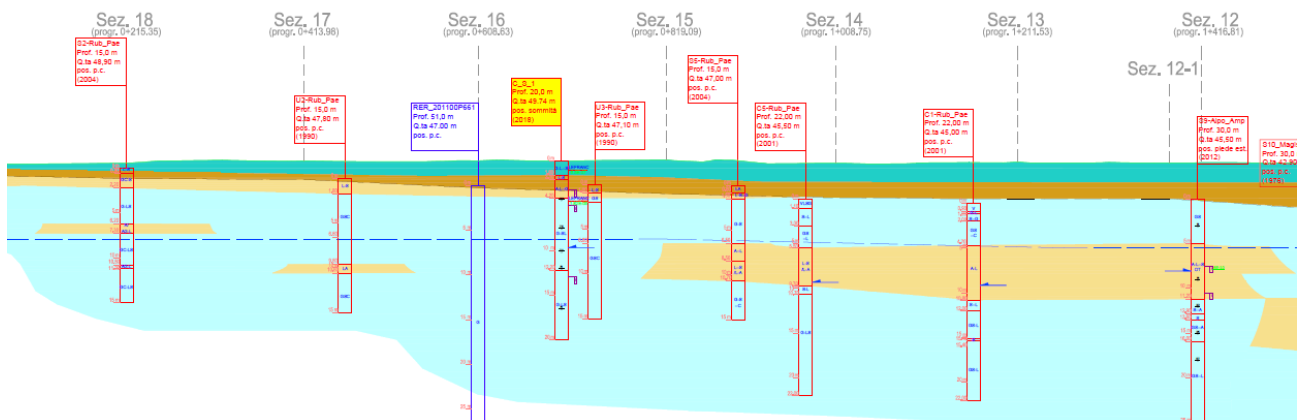


Fig. 9 – Stralcio da All(RG). 10 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 5)

- Uno spessore modesto (generalmente inferiore a 1 m) di materiali fini, sempre a permeabilità da bassa a molto bassa, è stato rilevato, subito sotto l'arginatura, limitatamente al settore più a monte.
- Nel complesso, nel sottosuolo indagato, fino a 30 m dalla base dell'arginatura, dominano i depositi grossolani ghiaiosi e, in subordine, sabbiosi, anche se si rinvenivano lenti di sedimenti a tessitura fine (limi e argille) di potenza anche superiore a 5 m

4.5.4 Profilo 6

Il profilo 6 è relativo al tratto più settentrionale della cassa laterale esistente di lunghezza pari a 2300 m.

Tale zona è stata indagata a più riprese con le seguenti campagne d'indagine:

- Indagini realizzate a supporto del progetto di costruzione dei rilevati, nel 1976
- Prove sui terreni costituenti il tratto più a sud dell'arginatura, effettuate per il collaudo del quinto lotto della cassa d'espansione, nel 1978
- Indagini effettuate per il collaudo funzionale e monitoraggio piezometrico, nel 2006
- sondaggio effettuato per il progetto S.I.S.M.A., nel 2008

Ad integrazione di tali dati, a supporto del presente studio sono stati eseguiti

- N° 3 sondaggi dalla sommità arginale, lunghi 39 m
- N° 4 sondaggi suborizzontali per indagare i materiali costituenti il rilevato

I dati sopraccitati hanno consentito di redigere l'elaborato

- All(RG). 11 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 6) - V=1:250, H=1:2.500

e 3 delle sezioni riportate nell'elaborato

- All(RG). 13 - Sezioni litostratimetriche e idrogeologiche trasversali (profili 3, 5 e 6) - 1:200

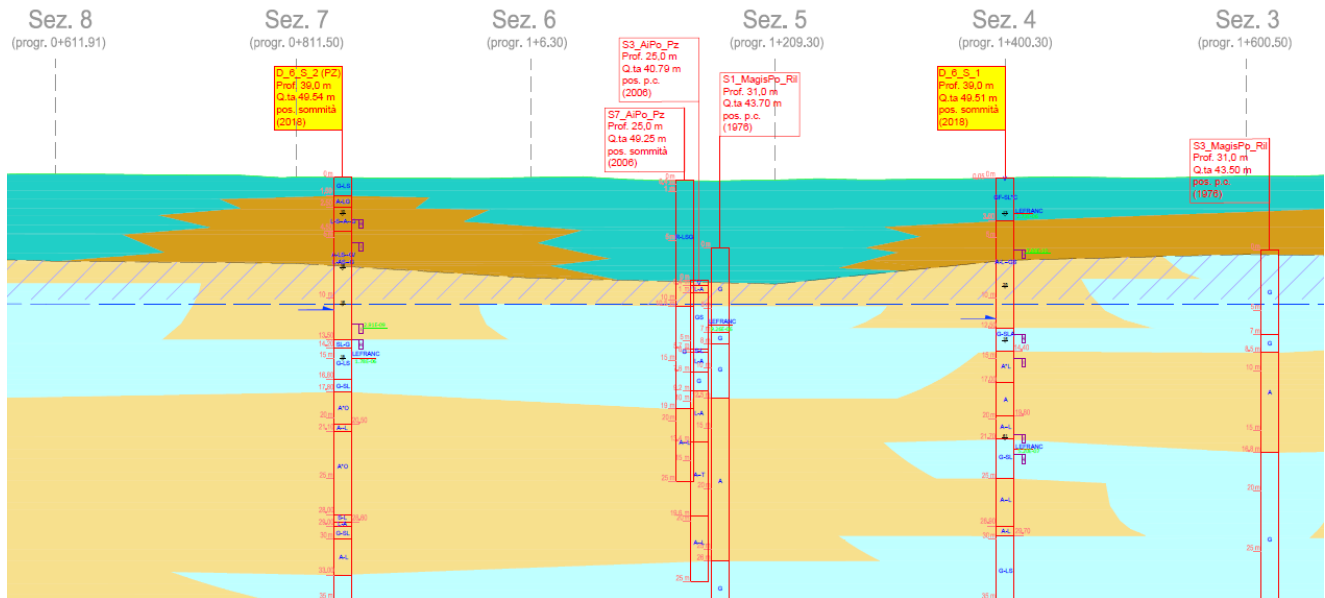


Fig. 10 – Stralcio da All(RG). 11 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 6)

in cui si osserva che:

- Il Profilo 6 può essere descritto, approssimativamente, dal seguente schema stratigrafico:

CORPO ARGINALE

- Altezza = all'incirca 10 m (considerando che si presume che in parte sia stato realizzato in escavazione delle ghiaie preesistenti)
- Litologia = variabile, dalle argille alle ghiaie
- Grado di permeabilità = variabile, in funzione della tessitura dei depositi

TERRENI DI FONDAZIONE

Orizzonte 1

- Profondità = da 10 a 12,5÷19 m da sommità arginale

- Litologia = Terreni prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi con all'interno 2 lenti superficiali di depositi fini, di spessore di 2÷3 m
- Grado di permeabilità = da medio a elevato

con all'interno:

Orizzonte 2

- Profondità = da 12,5÷19 a 30÷35 m da sommità arginale
- Litologia = Terreni prevalentemente argillosi con all'interno alcune lenti plurimetriche di depositi a tessitura grossolana
- Grado di permeabilità = da basso a molto basso

Orizzonte 4

- Profondità = da 30÷35 a 50 m da base arginale
- Litologia = Terreni prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi
- Grado di permeabilità = da medio a elevato

4.6 Intervento L: soglia di sfioro tra l'invaso esistente e l'ampliamento

La soglia di sfioro dell'ampliamento della cassa laterale sarà realizzata tra la sez. 16 e la sez. 15 del rilevato arginale di cui al profilo 5.

La descrizione dei caratteri litostratigrafici e idrogeologici di tale zona è già stata trattata nel paragrafo 4.5.3.

4.7 Intervento M: arginature di contenimento dell'invaso in ampliamento

La porzione di territorio interessata dalle arginature di contenimento dell'invaso in ampliamento, di lunghezza complessiva di 2.359 m, è caratterizzata dalla presenza di molti dati pregressi, in quanto è stato oggetto sia delle indagini utilizzate per la pianificazione del polo estrattivo Se108, del Comune di Rubiera, che di quelle appaltate da AIPO, per la progettazione definitiva dell'ampliamento della cassa d'espansione.

Conseguentemente in detta area non è stato necessario effettuare una campagna geognostica integrativa.

I dati pregressi sopracitati hanno consentito di redigere l'elaborato

- All(RG). 12- Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento M) -
V=1:250, H=1:2.500

in cui si osserva che:

- Il sottosuolo indagato può essere descritto, approssimativamente, dal seguente schema stratigrafico:

Orizzonte 1

- Profondità = da 0 a 0,2÷2,7 m da piano campagna
- Litologia = Terreni prevalentemente argillosi
- Grado di permeabilità = da basso a molto basso

Orizzonte 2

- Profondità = da 0,2÷2,7 a 16÷30 m da piano campagna
- Litologia = Terreni prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi
- Grado di permeabilità = da medio a elevato

con all'interno:

Lente 2.a (in corrispondenza delle sez. da B1 a B3)

- Profondità = da 6÷7 a 8÷9 m da piano campagna
- Litologia = Terreni prevalentemente argillosi
- Grado di permeabilità = da basso a molto basso

Lente 2.B (in corrispondenza delle sez. da B10 a B13)

- Profondità = da 4÷5 a 9,5÷13,5 m da piano campagna
- Litologia = Terreni prevalentemente argillosi
- Grado di permeabilità = da basso a molto basso

Lente 2.C (in corrispondenza delle sez. da B15 a B16)

- Profondità = da 5 a 10,5÷11 m da piano campagna
- Litologia = Terreni prevalentemente argillosi
- Grado di permeabilità = da basso a molto basso

Orizzonte 3

- Profondità = da 16÷30 a 35 m da piano campagna
- Litologia = Terreni prevalentemente argillosi
- Grado di permeabilità = da basso a molto basso

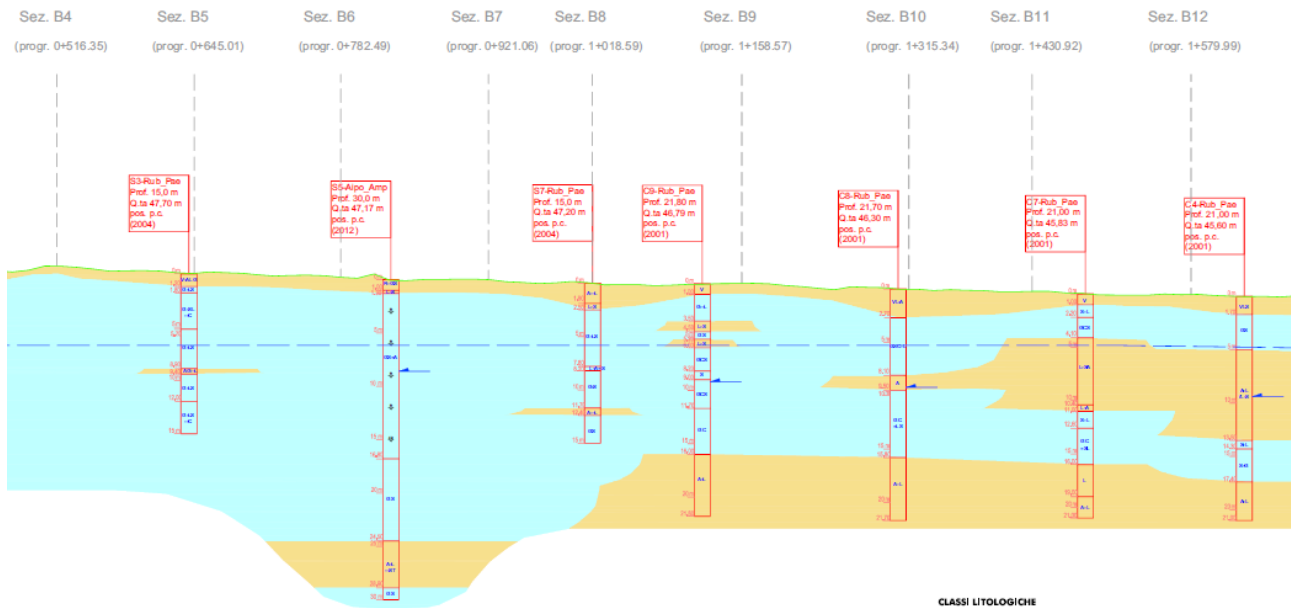


Fig. 11 – Stralcio da All(RG). 12- Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento M)

5 Interpretazione delle prove in situ e delle analisi

Come già illustrato, le indagini hanno evidenziato la presenza, nel sottosuolo, di alternanze di depositi a comportamento coesivo ed orizzonti ghiaiosi.

Per gli orizzonti coesivi, oltre ai dati di laboratorio, si è fatto riferimento ai valori di pocket penetrometer, registrati durante l'esecuzione dei sondaggi.

Gli orizzonti granulari sono stati caratterizzati utilizzando i risultati delle prove SPT eseguite durante i sondaggi a carotaggio continuo.

Nei successivi paragrafi viene indicato come sono stati ricavati i parametri geotecnici per i terreni di natura coesiva e di natura granulare.

5.1 Depositi coesivi

Come già illustrato, la definizione dei parametri geotecnici dei terreni coesivi (coesione non drenata, coesione efficace, angolo di attrito interno, modulo edometrico) è stata effettuata prevalentemente sulla base delle analisi di laboratorio descritte nel Cap. 3. Soltanto per la definizione della coesione non drenata si è fatto riferimento anche ai valori di pocket penetrometer misurati in campagna nel corso dei sondaggi, soprattutto per valutare la variabilità della c_u all'interno dei diversi orizzonti.

5.1.1 Coesione non drenata da pocket penetrometer

Per la determinazione del valore di c_u da pocket penetrometer si è utilizzata la formula

$$c_u = \frac{PP}{N_k}$$

Dove

PP = valore di pocket penetrometer,

N_k = coefficiente stimato sulla base dei valori di c_u derivanti da analisi di laboratorio; il valore medio è risultato $N_k=1.6$

5.2 Depositi granulari

Come detto, gli orizzonti granulari sono stati caratterizzati utilizzando i risultati delle prove SPT eseguite durante i sondaggi a carotaggio continuo.

5.2.1 Densità relativa

La determinazione della densità relativa D_r è stata effettuata con la formula di Meyerof (1957)

$$D_r = \sqrt{\frac{N_{SPT}}{\sigma'_V + 0.7}}$$

5.2.2 Angolo di attrito interno

L'angolo di attrito interno (ϕ') può essere ricavato indirettamente dai valori di N_{SPT} mediante la correlazione proposta da Shioi e Fukuni (Japanese National Railway 1982):

$$\phi = 27 + N_{SPT} * 0.3$$

5.2.3 Modulo elastico

Il valore del modulo elastico E è stato ricavato mediante la relazione proposta da D'Apollonia, partendo dal valore di N_{SPT} :

$$E = 7.71 * N_{SPT} + 191$$

con il modulo elastico espresso in Kg/cm^2 .

Nella tabella seguente si riportano i risultati delle elaborazioni effettuate.

SONDAGGIO	Prof	quota SPT	DR	ϕ'	E
	(m)	m slm	(%)	(°)	MPa
So1	9	40.15			
So1	12.5	36.65	66	35	34.5
So1	29	20.15	51	37	40.3
So1	32	17.15	52	39	44.7
So1	35.5	13.65	45	37	40.3

Mandataria:



Mandanti:



SONDAGGIO	Prof	quota SPT	DR	ϕ'	E
	(m)	m slm	(%)	(°)	MPa
So1	39	10.15	49	40	46.9
S1 Magispo	3.5	39.29	100	43	54.2
S1 Magispo	4.5	38.29	100	41	49.1
S4 Magispo	16	23.66	84	44	57.8
S4 Magispo	18	21.66	89	50	71.7
AS2	16.9	20.85	82	46	61.5
AS1	17.5	20.25	78	44	57.8
AS1	20.5	17.25	74	44	57.8
AS2	26	11.75	69	46	61.5
AS1	28.5	9.25	67	46	62.2
S8-aipo_Amp	6	43.3	100	47	64.4
S8-aipo_Amp	9	40.3	81	36	38.8
S8-aipo_Amp	12	37.3	77	38	41.8
S8-aipo_Amp	18	31.3	61	36	38.1
BS1	6	43.27	85	35	35.2
BS1	3	46.27	100	37	40.3
BS1	9	40.27	100	46	61.5
BS1	22.5	26.77	82	50	73.1
BS1	25.5	23.77	77	49	70.2
BS1	28.5	20.77	69	46	62.9
BS1	30	19.27	71	49	68.8
BS1	38	11.27	59	46	61.5
BS2	9	40.3	97	42	53.4
BS2	3	46.3	99	35	35.2
BS2	24	25.3	68	43	54.2
BS2	27	22.3	61	41	49.8
BS2	30	19.3	64	44	57.1
BS2	39	10.3	56	44	57.8
D3S2	27.2	22.3	28	30	24.2
D3S2	30	19.5	57	40	47.6
D3S3	3	46.49	100	38	43.9
D3S3	9	40.49	100	45	60.7
D3S3	12.1	37.39	62	33	31.5
D3S3	28.5	20.99	65	44	56.4
D3S3	30	19.49	61	42	53.4
D3S4	9	40.61	86	38	42.5
D3S4	14	35.61	75	38	43.9
D3S4	28.5	21.11	59	41	49.1
D3S4	31.5	18.11	56	41	49.1
D3S1	3	46.28	100	40	47.6
D3S1	11	38.28	90	42	52.0
D3S1	14	35.28	83	42	52.0
D3S1	21	28.28	78	46	62.2
D2S1	3	49.39	86	33	30.1

SONDAGGIO	Prof	quota SPT	DR	ϕ'	E
	(m)	m slm	(%)	(°)	MPa
D2S1	6	46.39	91	37	40.3
D2S1	18	34.39	64	37	41.0
D2S2	2.5	47.48	100	49	68.8
D2S2	8.5	41.48	100	44	58.5
D2S2	10.5	39.48	100	49	69.5
D2S2	12.5	37.48	96	47	64.4
D7S1R	12	32.14	86	42	52.0
D7S1R	15	29.14	73	39	45.4
S7-aipo-Amp	9	40	77	35	36.6
S7-aipo-Amp	12	37	80	39	44.7
S7-aipo-Amp	15	34	70	37	41.0
S7-aipo-Amp	18	31	62	36	38.8
S6-aipo-Amp	9	39.43	83	37	41.0
S6-aipo-Amp	12	36.43	76	37	41.0
S6-aipo-Amp	15	33.43	70	38	41.8
S6-aipo-Amp	18	30.43	64	37	40.3
S5-aipo-Amp	15	32.17	80	42	52.0
S1-aipo-Amp	6	38.51	100	41	50.5
S1-aipo-Amp	9	35.51	80	36	38.8
S1-aipo-Amp	12	32.51	74	37	40.3
S1-aipo-Amp	15	29.51	75	39	46.1
S1-aipo-Amp	18	26.51	71	40	47.6
S9-aipo-Amp	12	33.5	73	37	39.6
S9-aipo-Amp	15	30.5	61	35	34.5
S9-aipo-Amp	18	27.5	79	44	57.8
CS1	4.3	45.44	100	53	80.4
CS1	7.5	42.24	100	50	71.0
CS1	10.1	39.64	100	49	69.5
CS1	16.5	33.24	94	51	75.3
D6S1	13.5	36.01	52	32	27.9
D6S1	3	46.51	78	31	25.7
D6S1	21.6	27.91	76	45	60.7
D6S2	15	34.54	53	32	29.3
D6S3	9	40.5	100	46	62.2
D6S3	24	25.5	63	40	47.6
D6S3	27	22.5	57	39	44.7
S5-MagisPo_Man	3.75	39.25	100	42	52.7
S5-MagisPo_Man	4.8	38.2	75	32	29.3
S5-MagisPo_Man	16.1	26.9	97	54	81.9
S5-MagisPo_Man	18.45	24.55	94	56	85.6
S5-MagisPo_Man	21.9	21.1	87	54	82.6
S5-MagisPo_Man	32.5	10.5	76	56	87.7
D1S1	3	46.85	100	38	43.2
D1S1	11	38.85	80	38	42.5

SONDAGGIO	Prof	quota SPT	DR	ϕ'	E
	(m)	m slm	(%)	(°)	MPa
D1S1	15	34.85	76	40	47.6
D1S1	18	31.85	65	37	41.0
D1S2	3	46.38	100	48	66.6
D1S2	9	40.38	85	38	42.5
D1S2	12	37.38	94	45	60.7
D1S2	18	31.38	73	41	49.8
D1S3	3	46.43	100	37	40.3
D1S3	18	31.43	66	38	42.5
D1S4	16	33.44	81	43	54.2
D1S4	19	30.44	64	38	41.8
D1S5	6	43.33	91	36	38.8
D1S5	9	40.33	89	39	45.4
D1S6	6	43.29	95	38	41.8
D1S7	3	46.3	100	45	60.7
D1S7	6	43.3	86	35	35.9
D1S7	9	40.3	76	35	35.9

Tab. 24 – Risultati della parametrizzazione geotecnica dalle prove SPT

Mandataria:



Mandanti:



6 Modello geotecnico

L'individuazione del modello geotecnico del terreno di fondazione è stata basata sull'interpretazione della stratigrafia dei terreni riportata nelle sezioni litostratigrafiche descritte nel Cap. 4.

Le diverse unità litologiche sono state correlate alle caratteristiche geotecniche dei terreni, determinate con i metodi descritti nel capitolo 5.

Nel modello geotecnico i parametri di resistenza al taglio e di deformabilità, relativi a ciascun orizzonte, sono espressi sia indicandone il range che i valori caratteristici (da utilizzare per valutazioni semiprobabilistiche, in ottemperanza alle N.T.C. 2018).

Il valore caratteristico dell'angolo di attrito del terreno è stato valutato come il valore corrispondente al 5° percentile della distribuzione della media, utilizzando una distribuzione gaussiana.

Per i valori di modulo edometrico, modulo elastico, coesione non drenata e coesione efficace si è invece utilizzata una distribuzione log-normale.

Quanto al peso di volume, il valore caratteristico è stato valutato con frattili al 50% (valori mediani).

A titolo esemplificativo delle elaborazioni effettuate in Fig. 12 viene riportato il grafico della distribuzione dei valori di c_u per l'orizzonte coesivo C.

In tale esempio a fronte di un parametro caratteristico calcolato di $c_{uk} = 74.8$ kPa, il margine di errore, considerato l'insieme dei dati disponibili, risulta pari a circa 2.9 kPa, con un intervallo di confidenza del 95%. Suddetto errore, pertanto è da ritenersi trascurabile e il risultato finale accurato per la mole di dati disponibili.

Tali elaborazioni sono state effettuate per tutti i parametri geotecnici per ciascun orizzonte individuato.

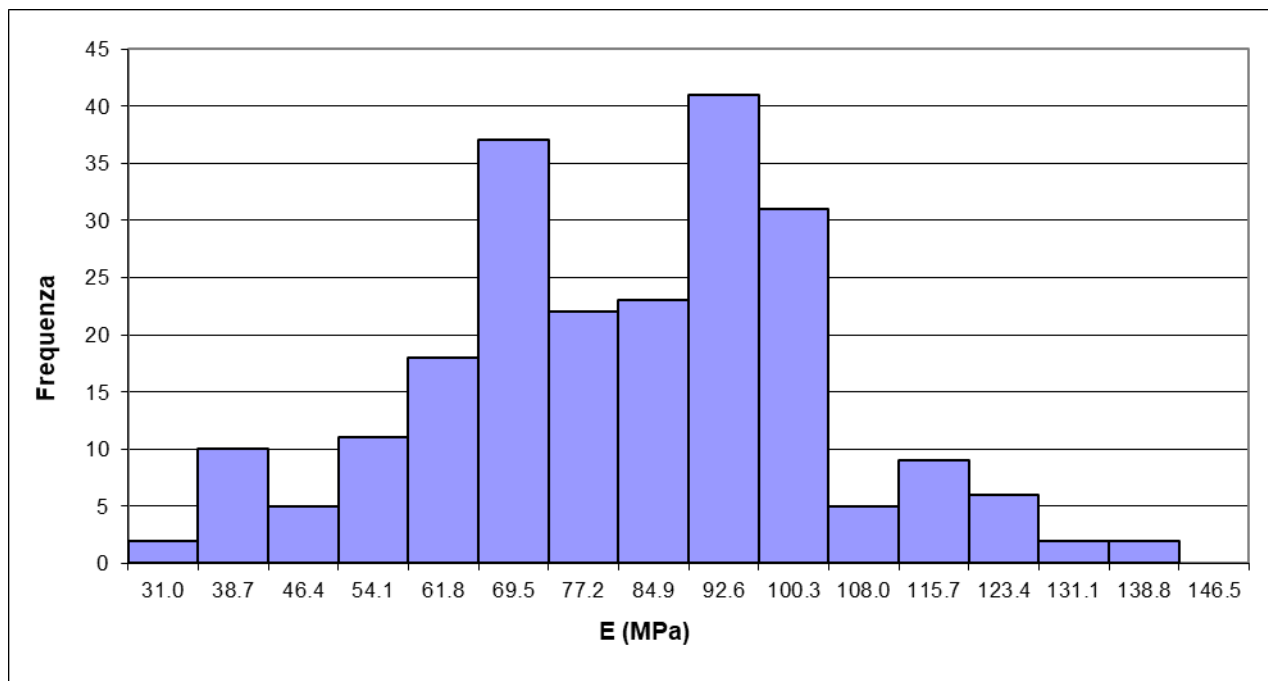


Fig. 12 – Curva di distribuzione dei valori di c_u per l'orizzonte C

Di seguito è proposta la caratterizzazione dei singoli orizzonti, suddividendo la descrizione in funzione degli interventi.

6.1 Interventi A, B, D, H, L ed M

Alla luce dei risultati delle indagini e delle analisi si è scelto di accorpare la caratterizzazione geotecnica di tutti i terreni di fondazioni dei manufatti, delle arginature esistenti e delle arginature di progetto dell'invaso in ampliamento.

Gli interventi che interessano la presente descrizione sono pertanto:

- Intervento A: Adeguamento del manufatto di sbarramento e regolazione dell'invaso.
- Intervento B: Adeguamento del manufatto di derivazione nell'invaso laterale.
- Intervento D: Adeguamento dei tratti arginali contigui ai manufatti.
- Intervento H: Adeguamento delle arginature della cassa di espansione.
- Intervento L: Soglia di sfioro tra l'invaso esistente e l'ampliamento.

- Intervento M: Arginature di contenimento dell'invaso in ampliamento.

La caratterizzazione ha individuato:

- Un orizzonte coesivo negli argini esistenti
- Un orizzonte granulare negli argini esistenti
- Quattro orizzonti coesivi negli argini esistenti
- Quattro orizzonti granulari negli argini esistenti

L'individuazione degli orizzonti geotecnici ha cercato di tenere in considerazione, oltre ai risultati delle prove, anche la successione deposizionale che ha caratterizzato l'area, accorpendo, per quanto possibile, cicli deposizionali omogenei. Tale accorpamento è risultato più semplice per i depositi granulari, ghiaiosi, mentre è stato più complesso per i depositi coesivi.

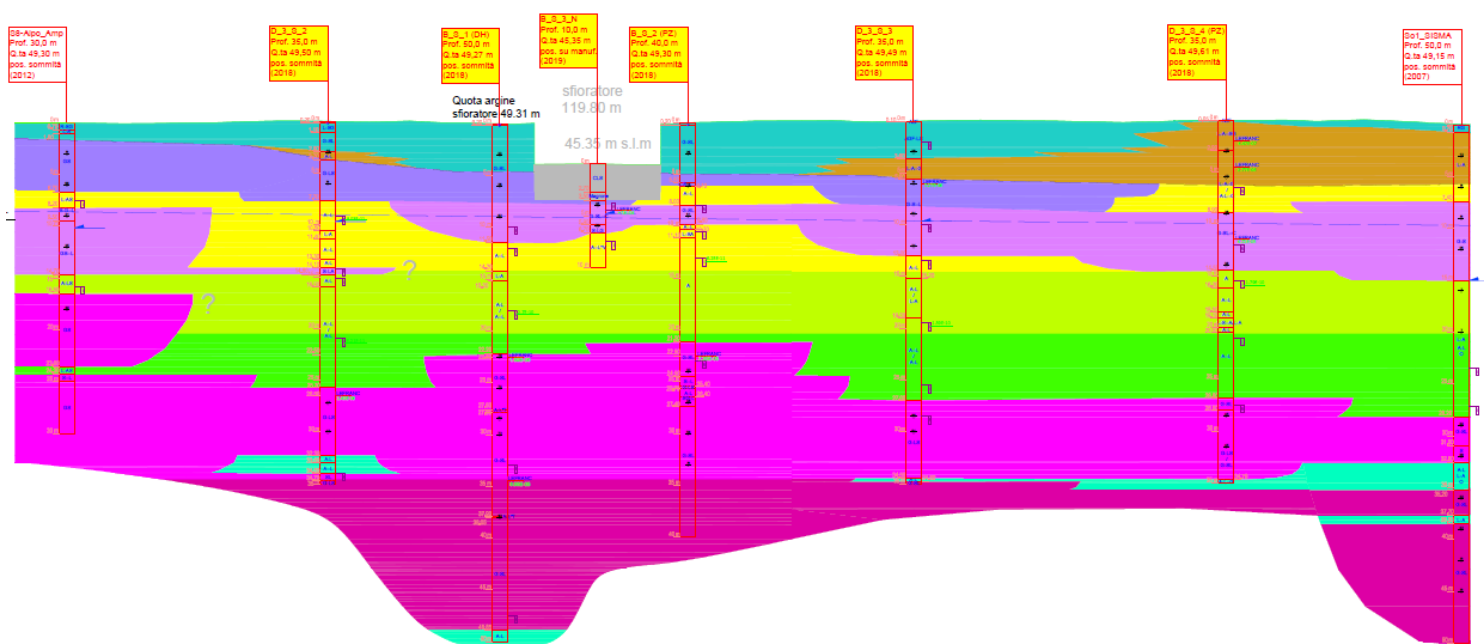
Tale situazione è ben schematizzata in Fig. 13, dove è riportato lo stralcio del modello geotecnico dell'intervento B.

Nelle successive Tab. 25 e Tab. 26 viene riportato, oltre ai parametri geotecnici, anche l'intervallo in quote assolute in cui sono presenti i diversi orizzonti. Alla luce delle considerazioni espresse in precedenza si tratta, ovviamente, di informazioni indicative.

Il modello geotecnico degli interventi è rappresentato graficamente nelle seguenti tavole:

- All(RGT). 1 - Modello geotecnico (Intervento A) - V=1:250, H=1:500
- All(RGT). 2 - Modello geotecnico trasversale (Intervento A) - V=1:250, H=1:250
- All(RGT). 3 - Modello geotecnico (Intervento B) - V=1:250, H=1:2.500
- All(RGT). 4 - Modello geotecnico (Intervento H profilo 1) - V=1:250, H=1:2.500
- All(RGT). 5 - Modello geotecnico (Intervento H profilo 2+3+4) - V=1:250, H=1:2.500
- All(RGT). 6 - Modello geotecnico (Intervento H profilo 5) - V=1:250, H=1:2.500
- All(RGT). 7 - Modello geotecnico (Intervento H profilo 6) - V=1:250, H=1:2.500
- All(RGT). 8 - Modello geotecnico (Intervento M profilo 7) - V=1:250, H=1:2.500

- All(RGT). 9 - Modello geotecnico sezioni trasversali (Profili 3, 5 e 6) - 1:200



Corpo arginale












	Pacchetto stradale		Terreni coesivi		Terreni granulari
Terreni di fondazione coesivi		Terreni di fondazione granulari			
	Orizzonte A		Orizzonte A		
	Orizzonte B		Orizzonte B		
	Orizzonte C		Orizzonte C		
	Orizzonte D		Orizzonte D		

Fig. 13 – Stralcio del modello geotecnico dell'intervento B

6.1.1 Depositi coesivi

Nella tabella seguente sono riassunti i parametri geotecnici dei terreni coesivi. Nelle figure sono rappresentati graficamente tutti i valori dei vari parametri in funzione della quota assoluta.

	Quote assolute (m s.l.m.)		γ (kN/m ³)	Angolo di attrito interno ϕ (°)		Coesione (kPa)			Modulo edometrico (Mpa)	
	da m	a m		range	caratt.	efficace	non drenata range	non drenata caratteristico	range	caratt.
Argine			19.0		28	10	50-240	120		8.2
Orizzonte A	45.1	37	18.5	25-31	28	10	31-86	55	3.3-8.2	4.2
Orizzonte B	37	28.8	19	23-31	28.5	9	30-180	81.4	2.9-6.5	5.1
Orizzonte C	28.8	18.2	18.5	24-29	26	13	30-135	74.8	4.7-7.3	5.5
Orizzonte D	18.2	9.5	19.5				30-175	93.9		8

Tab. 25 – Parametri geotecnici degli orizzonti coesivi

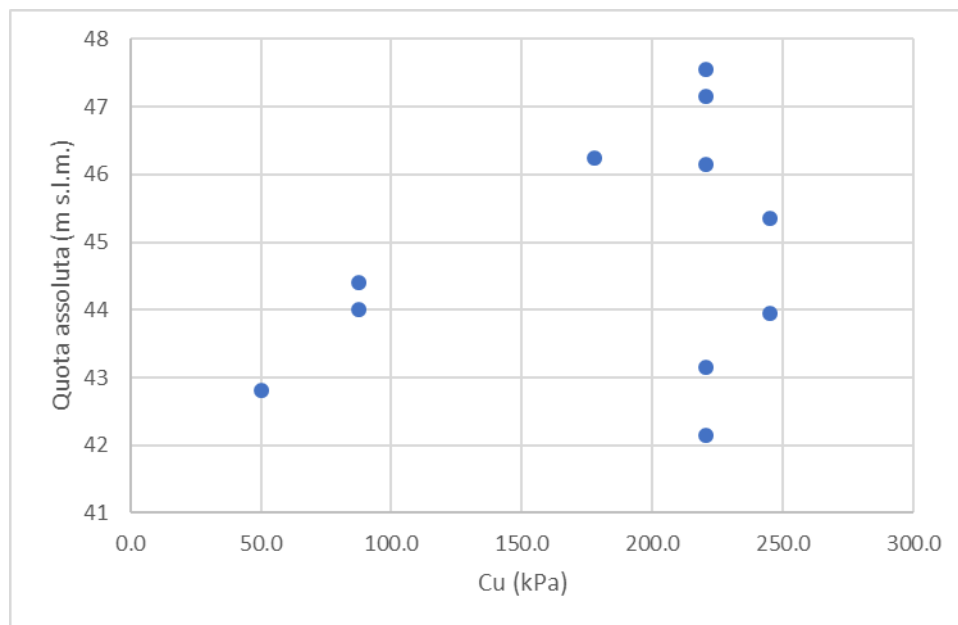


Fig. 14 – Coesione non drenata dei terreni coesivi dell'argine

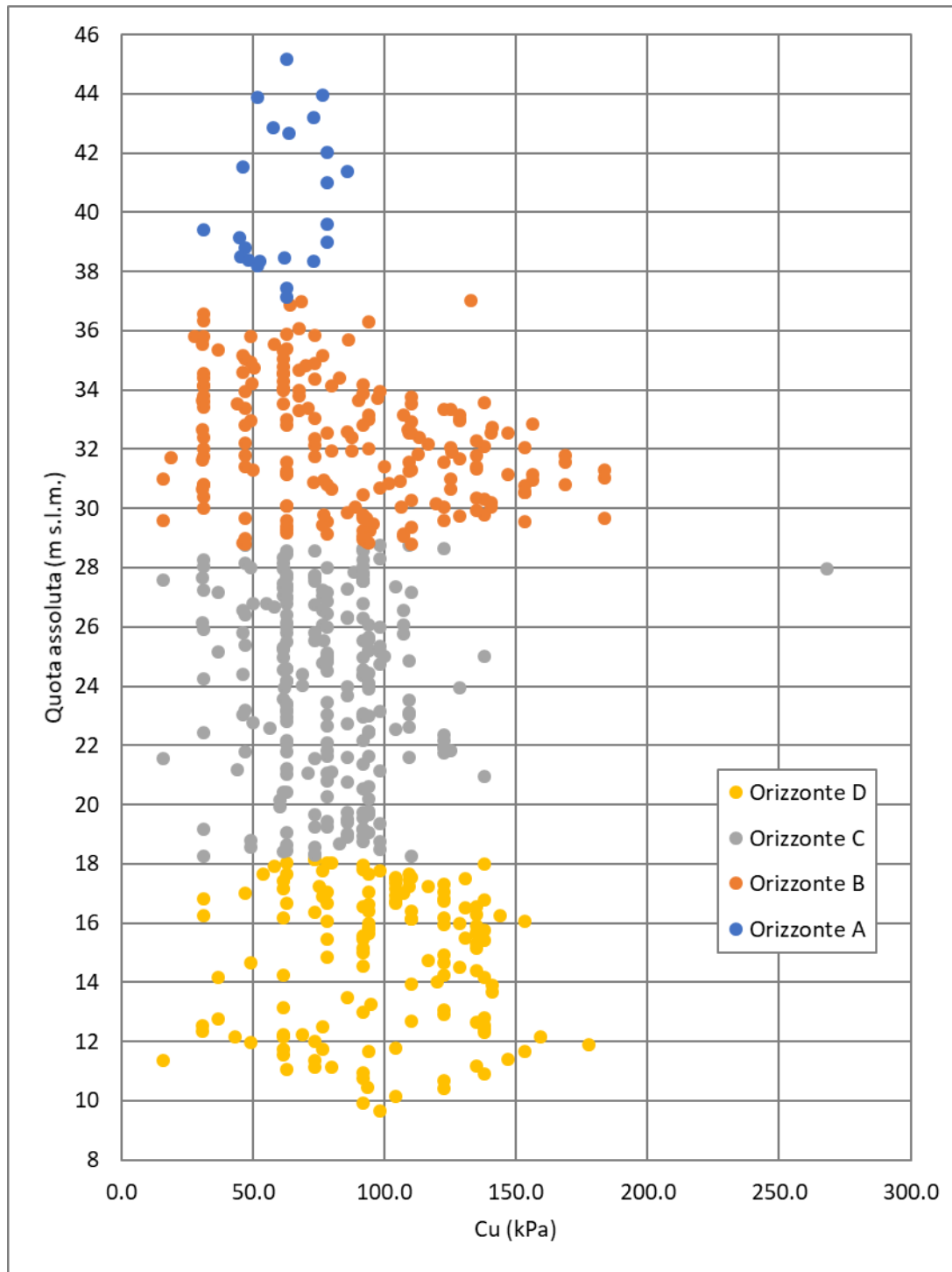


Fig. 15 – Coesione non drenata dei terreni coesivi in posto

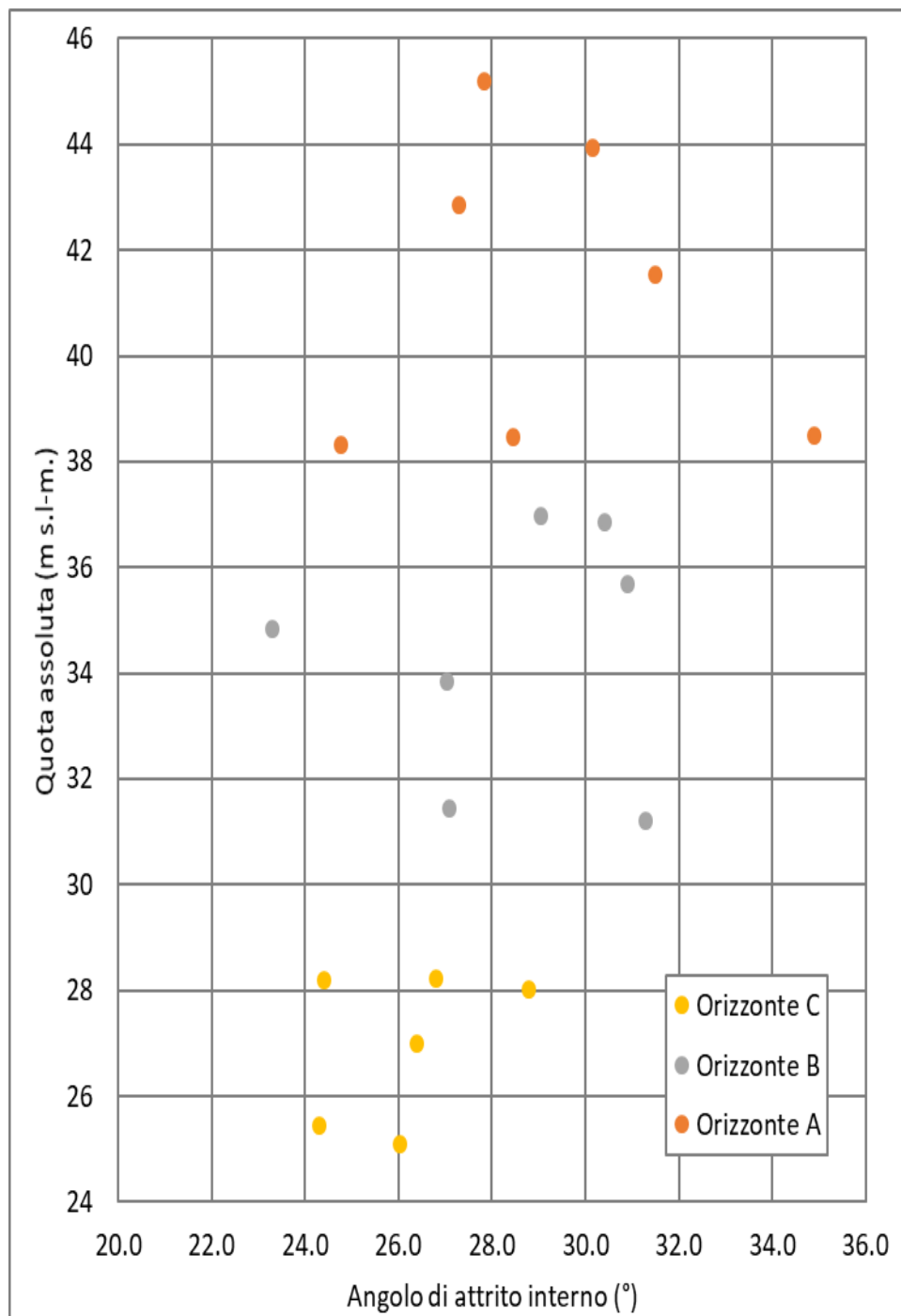


Fig. 16 – Angolo di attrito interno dei terreni coesivi

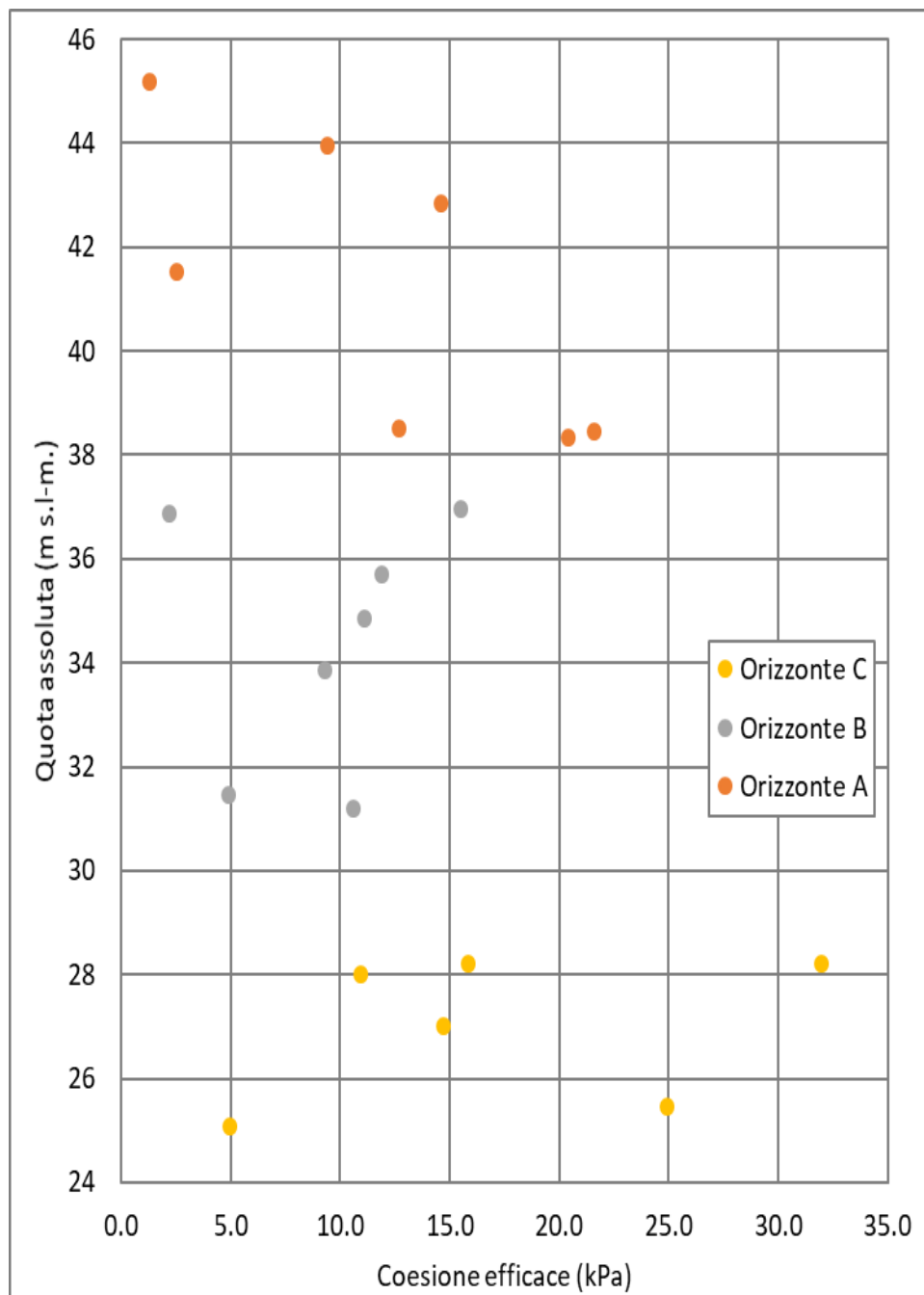


Fig. 17 – Coesione efficace dei terreni coesivi

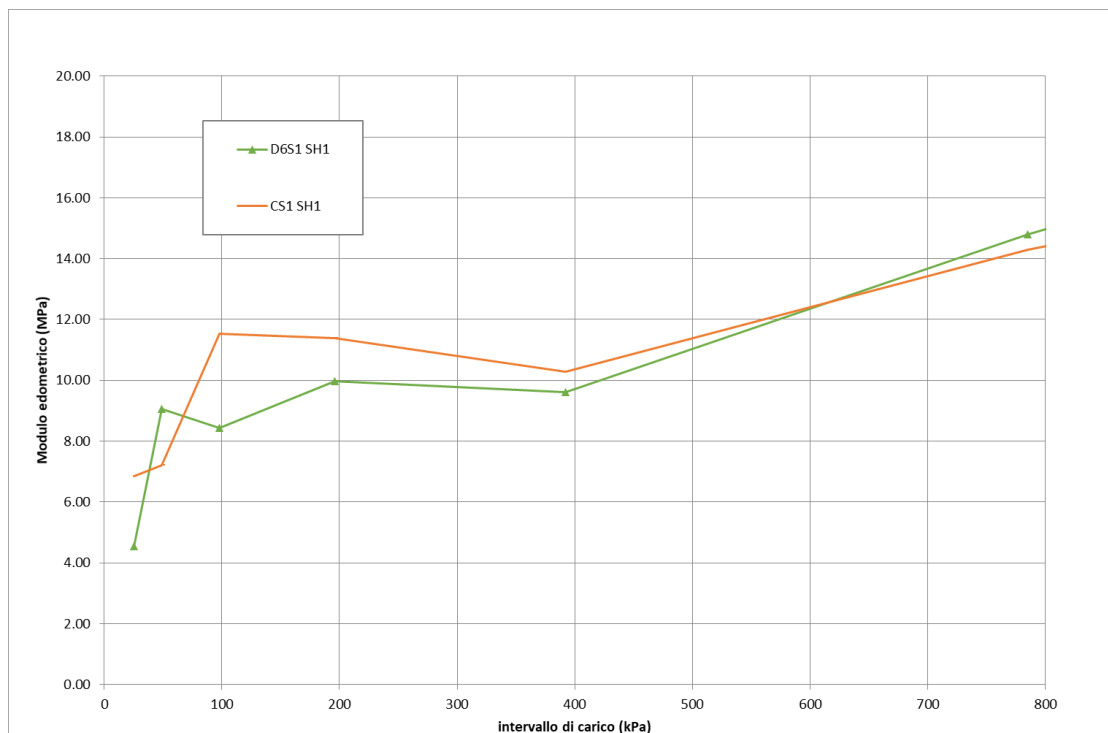


Fig. 18 – Modulo edometrico dei terreni arginali

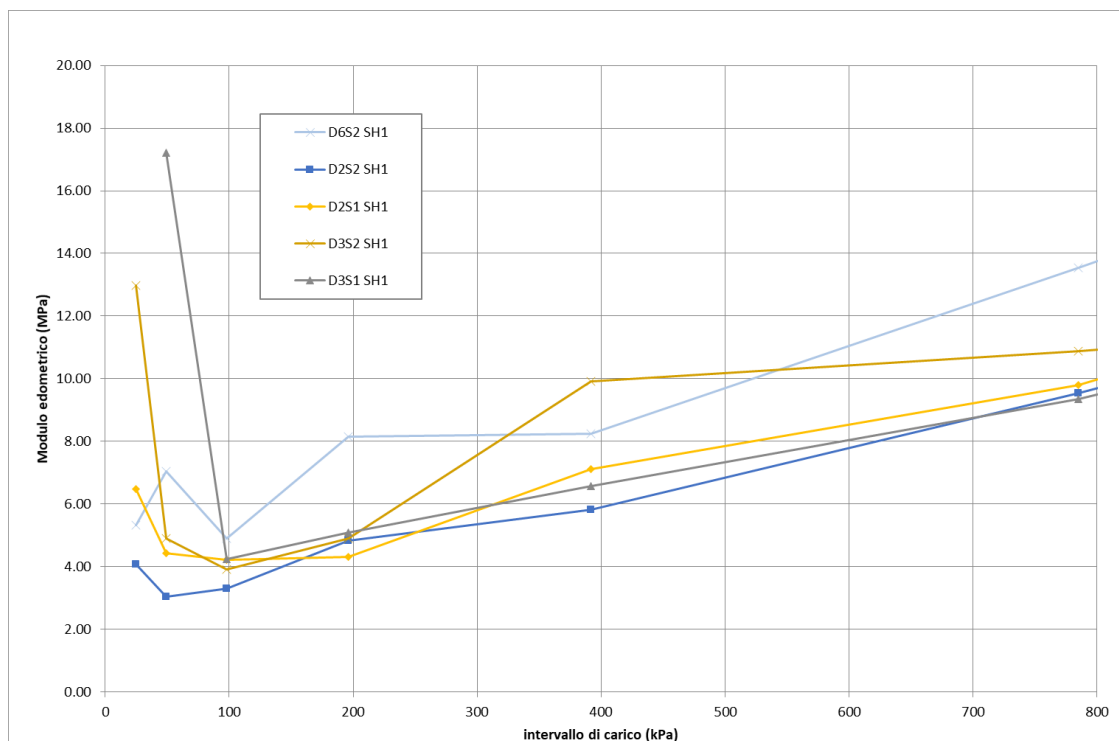


Fig. 19 – Modulo edometrico Orizzonte A

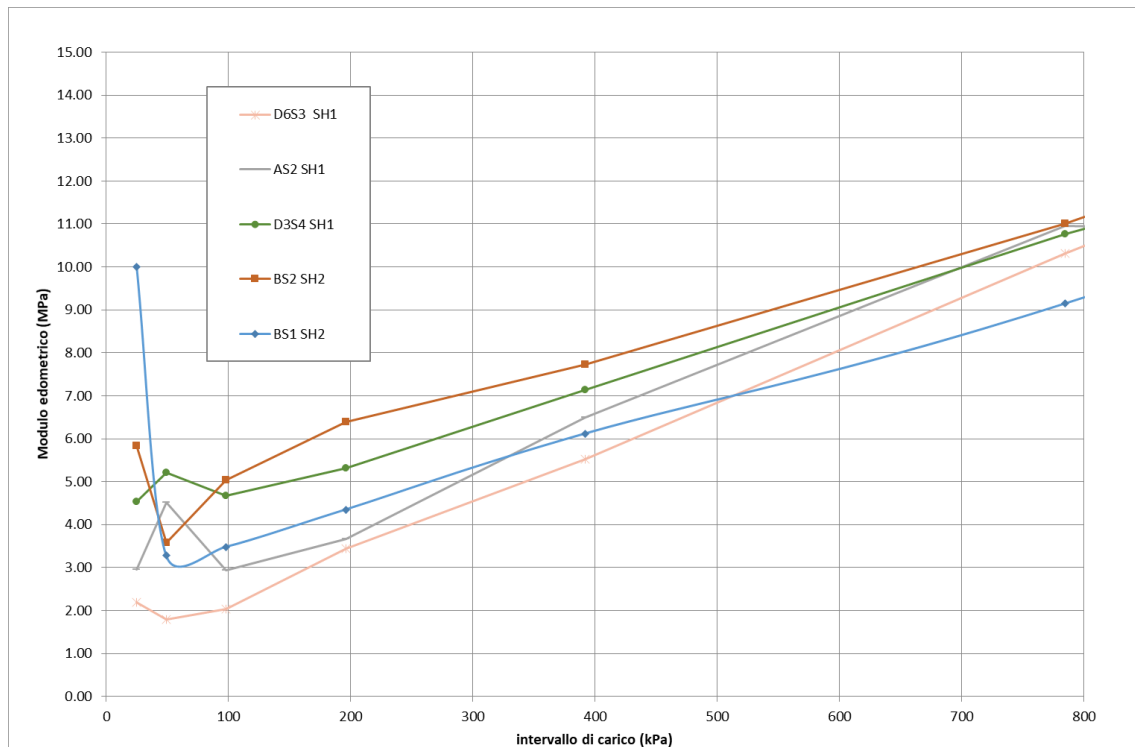


Fig. 20 – Modulo edometrico Orizzonte B

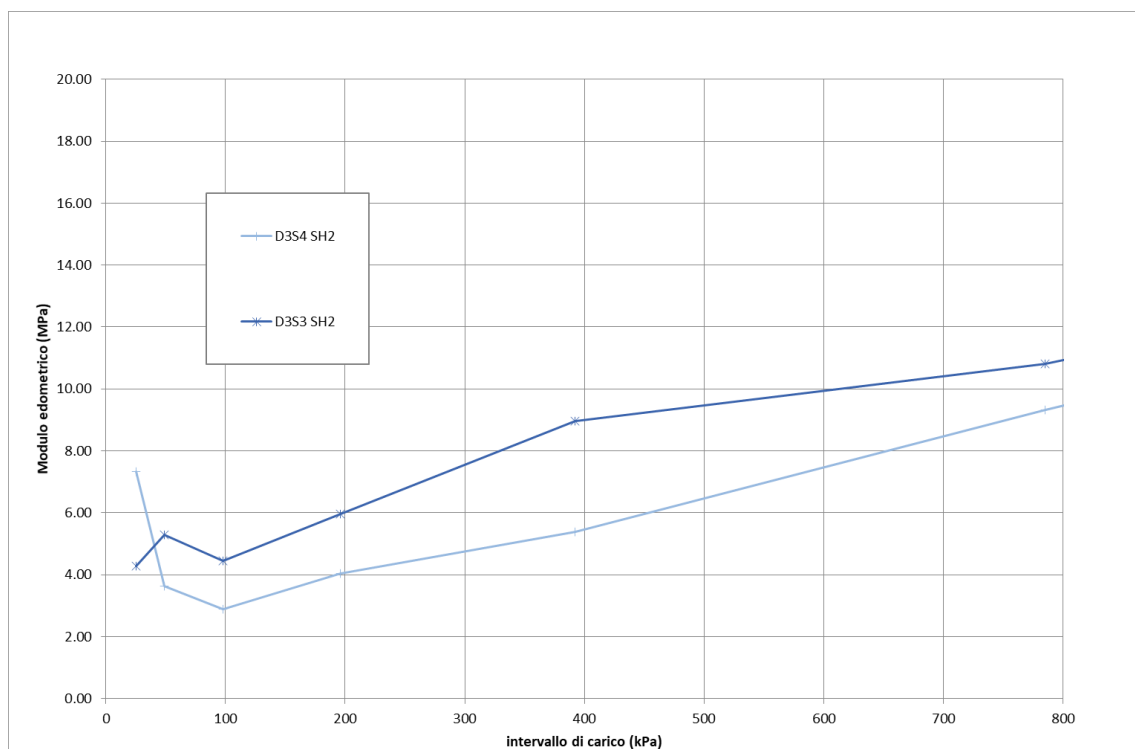


Fig. 21 – Modulo edometrico Orizzonte C

6.1.2 Depositi granulari

Nella tabella seguente sono riassunti i parametri geotecnici dei terreni granulari (ghiaie).
Nelle figure sono rappresentati graficamente tutti i valori dei vari parametri in funzione della quota assoluta.

	TERRENI GRANULARI						
	Quote assolute (m s.l.m.)		γ (kN/m ³)	Angolo di attrito interno ϕ (°)		Modulo elastico (MPa)	
	da m	a m		range	caratter.	range	caratter.
Argine			20.0	31-38	33.2		40.0
Orizzonte A	47	38	21.0	32-49	39.2	29-70	33.6
Orizzonte B	38	27	21.0	32-47	37.0	28-64	40.6
Orizzonte C	27	17	21.5	37-50	42.1	40-73	53.0
Orizzonte D	15	10	21.0	37-46	39.5	40-61	46.7

Tab. 26 – Parametri geotecnici degli orizzonti granulari

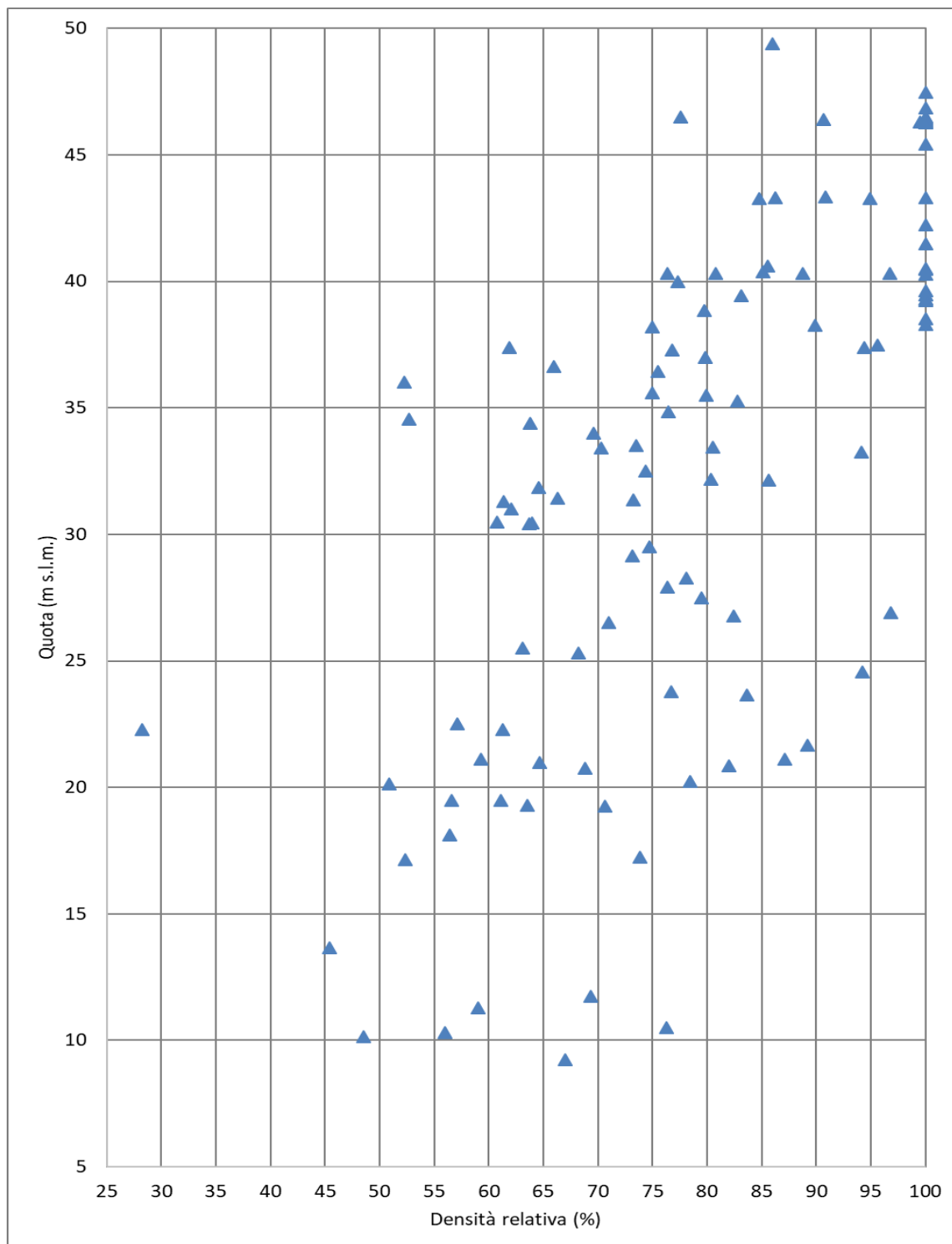


Fig. 22 – Densità relativa

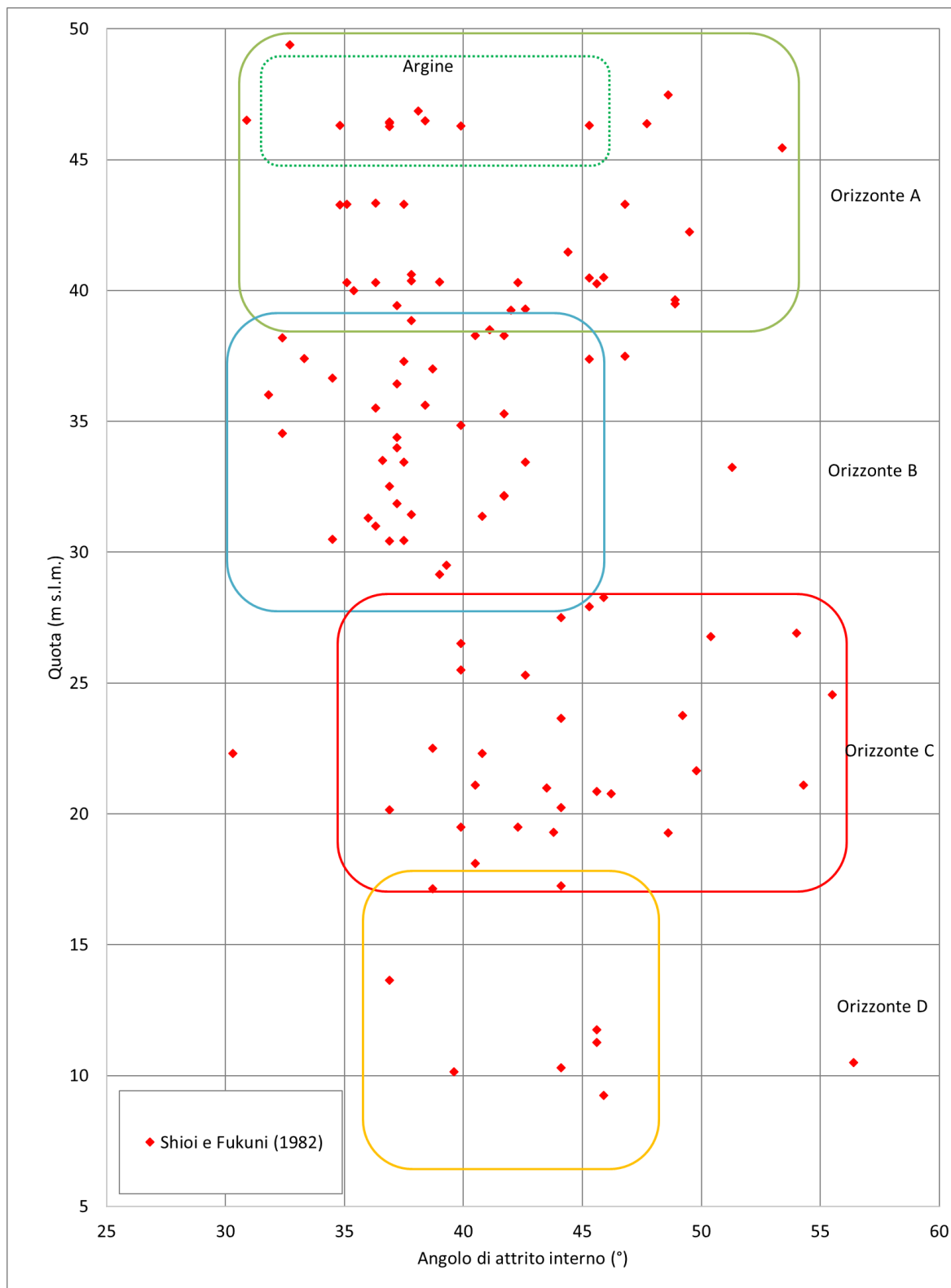


Fig. 23 – Angolo di attrito interno

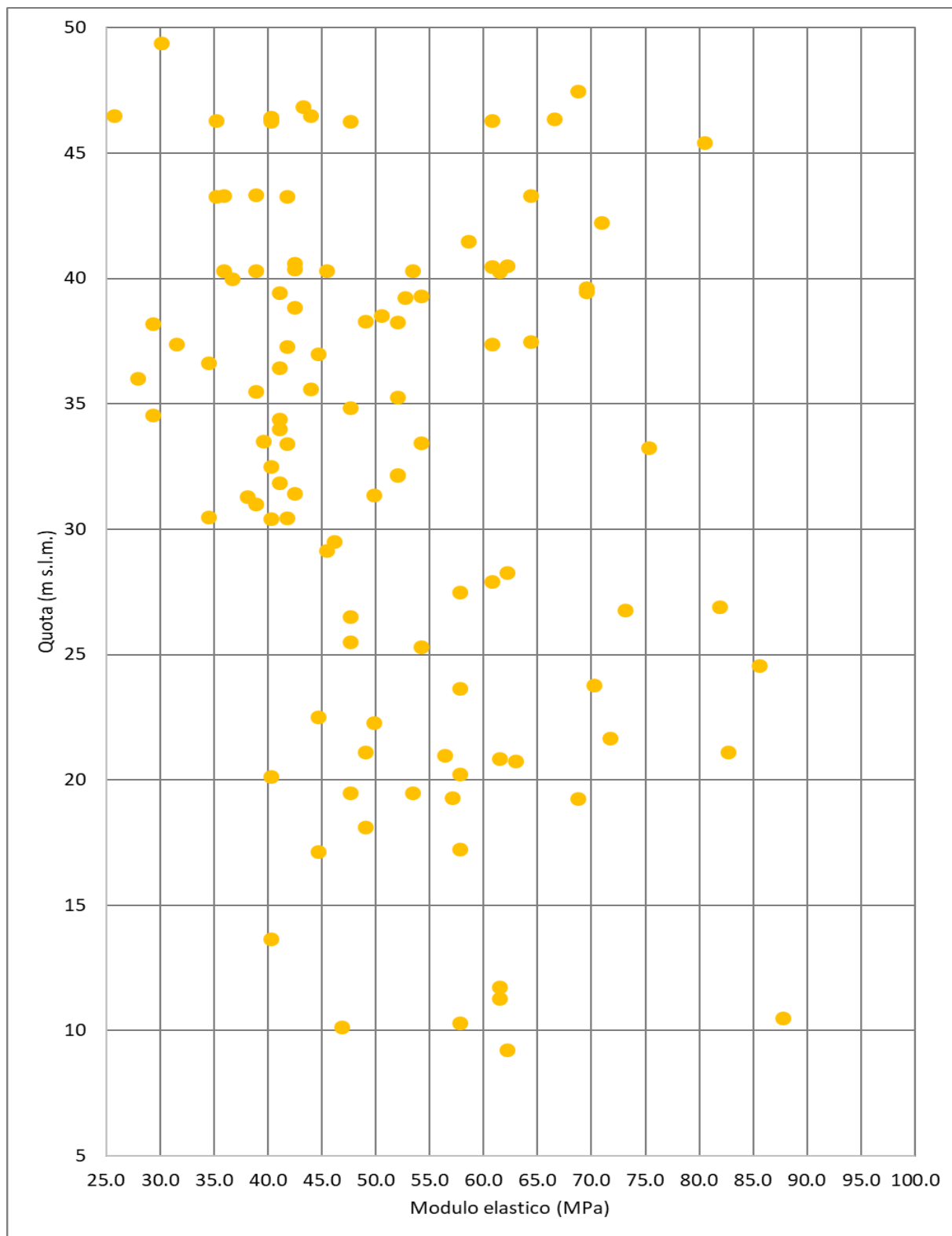
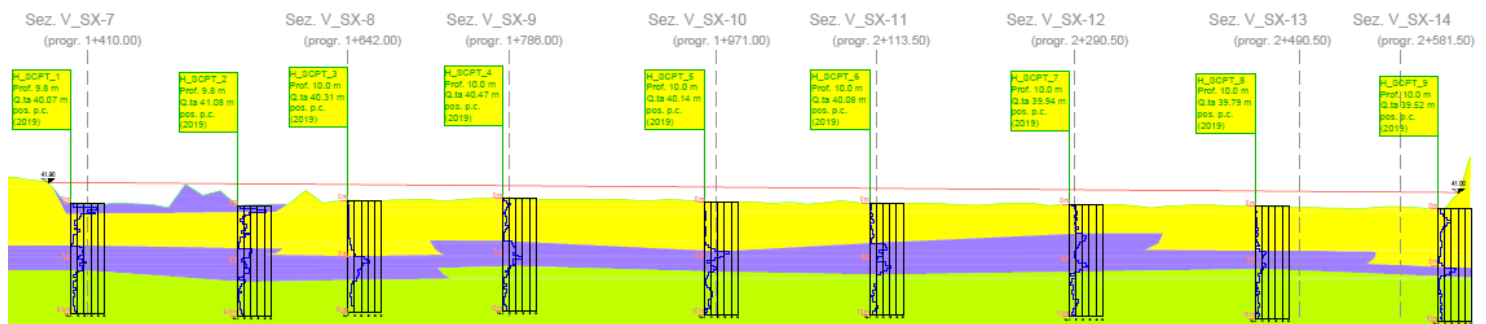


Fig. 24 – Modulo elastico

6.2 Intervento E

Nel presente paragrafo si illustra il modello geotecnico relativo all'Intervento E: Arginatura secondaria a valle dello sbarramento, illustrato in All(RGT). 10 e di cui in Fig. 25 si riporta uno stralcio.

Ai fini della valutazione dei parametri geotecnici sono state utilizzate esclusivamente le prove penetrometriche dinamiche, che hanno consentito l'individuazione di tre diversi orizzonti: due coesivi ed uno granulare. I parametri desunti sono riportati in Tab. 27



Terreni di fondazione coesivi



Orizzonte A



Orizzonte B

Terreni di fondazione granulari



Orizzonte A

Fig. 25 – Stralcio del modello geotecnico dell'intervento E

		γ (kN/m ³)	Angolo di attrito interno ϕ (°)		Coesione (kPa)			Modulo edometrico (Mpa)		Modulo elastico (Mpa)	
			range	caratt.	efficace	non drenata range	non drenata caratter.	range	caratt.	range	caratt.
Coesivi	Orizzonte A	18.0	22-28	25.0	11.5	22-66	40	2.5-6.2	3.5		
	Orizzonte B	18.5	23-31	28.5	10.0	40-180	83	2.9-6.5	5.1		
Granulari	Orizzonte A	21.0	29-41	33.0						20-50	28

Tab. 27 – Parametri geotecnici Intervento E

7 Caratterizzazione dei materiali per rilevati

I materiali per la realizzazione dei rilevati potranno essere interamente reperiti dagli scavi nell'ambito degli interventi C e I, di ricalibratura, risagomatura e rimozione dei sedimenti della vasca in linea.

Nei successivi paragrafi vengono illustrate le caratteristiche geotecniche dei materiali, per la descrizione delle aree di prelievo si rimanda all'elaborato R.04 – Relazione geologica.

I risultati di dettaglio delle analisi svolte⁴ sono consultabili nei seguenti elaborati:

- All(RGT). 11 - Analisi di laboratorio 2018/19
- All(RGT). 12 - Analisi di laboratorio pregresse

7.1 Area di risagomatura e rimozione dei sedimenti della vasca in linea

All'interno della vasca in linea, a partire dell'entrata in funzione della cassa stessa, e, in particolare negli ultimi 20÷25 anni, probabilmente con velocità crescente nel tempo, è avvenuto un deposito di sedimenti fini, sabbie, limi e argille e accumulo di legname flottante, che ha determinato l'innalzamento della superficie topografica, di circa 6 m nella zona prossima al manufatto di regolazione e di circa 4÷2 m nella parte a monte.

A fronte di tale problematica, gli interventi C e I prevedono, in tempi differenti, la ricalibratura, risagomatura e la rimozione di un'abbondante quantità di questi sedimenti con il duplice scopo di recuperare, almeno parzialmente, il volume originario della cassa d'espansione e fornire i terreni per l'adeguamento dei rilevati arginali (cfr. interventi D, E, G e H).

I dati geotecnici pregressi, relativi ad una campagna di indagine effettuata nel 2012 sono riepilogati nella seguente Tab. 28:

⁴ Cfr. nota 2.

Campione	Caratteristiche granulometriche				Classificazione CNR UNI 10006	Contenuto sostanza organica
	ghiaia	sabbia	limo	argilla		
S1C1	1,2%	72,5%	21,2%	5,1%	A2-4	2,54%
S1C2	0,0%	39,5%	45,7%	14,8%	A4(5)	2,63%
S1C3	0,2%	32,3%	52,5%	15,1%	A4(7)	3,05%

Tab. 28 – Risultati delle prove di laboratorio pregresse eseguite su campioni prelevati all'interno della cassa in linea nel 2012

Questi dati trovano riscontro nelle nuove indagini realizzate nella campagna 2019, elencate nel paragrafo 2.2.5, e riepilogate per quanto riguarda le caratteristiche granulometriche nella seguente Tab. 29:

Campione	Profondità campione	Caratteristiche granulometriche			Classificazione CNR UNI 10006	Classificazione USCS
		ghiaia	sabbia	limo e argilla		
ET1	m 0.50 - 2.00	0.0%	31.2%	68.8%	A4	
ET3	m 0.50 - 1.80	0.0%	23.2%	76.8%	A4	
ET4	m 0.50 - 1.50	0.0%	5.3%	94.7%	A 6	
ET5	m 0.50 - 2.00	0.0%	38.2%	61.8%	A4	
ET7	m 0.50 - 1.70	0.1%	21.7%	78.3%	A4	
ET8	m 0.50 - 2.00	0.0%	55.4%	44.6%	A4	
ET9	m 0.50 - 2.00	0.2%	46.8%	53.2%	A4	
ET10	m 2.50 - 3.50	0.0%	41.1%	58.9%	A 6	CL
ET12	m 3.50 - 4.50	0.0%	36.7%	63.3%	A 6	ML o OL
ET13	m 1.50 - 2.50	0.1%	28.6%	71.4%	A 4	ML o OL
ET14	m 1.50 - 2.50	0.0%	40.5%	59.5%	A 6	ML o OL
ET15	m 3.50 - 4.50	0.0%	12.3%	87.7%	A 6	ML o OL
ET16	m 2.50 - 3.50	0.0%	38.1%	61.9%	A 4	ML o OL
ET17	m 4.50 - 5.50	0.0%	1.5%	98.5%	A 7 - 6	ML o OL
ET19	m 1.50 - 2.50	0.1%	28.2%	71.7%	A 6	ML o OL

ET35	m 5.00 - 6.00	47.6%	32.3%	20.1%	A 1b	ML
ET38	m 3.50 - 4.50	65.7%	18.7%	15.6%	A2-4	CL - ML

Tab. 29 – Risultati delle prove di laboratorio eseguite su campioni integrativi prelevati all'interno della cassa in linea

Come risulta evidente dalle analisi, si tratta di terreni prevalentemente limo-sabbiosi, appartenenti alle classi A4 e A6, quindi con caratteristiche granulometriche tali da consentirne l'utilizzo per la realizzazione dei rilevati. La presenza di abbondanti quantità di legname impone, però, di prevedere delle lavorazioni tali da garantirne la selezione. Inoltre, non dovranno essere impiegati nelle arginature i depositi con contenuto di sostanza organica particolarmente elevato.

7.2 Parametri geotecnici di progetto

I terreni prelevati nel corso della campagna di indagine 2018-2019 sono stati analizzati al fine di definirne le caratteristiche ottimali a seguito della messa in opera. Tali parametri risultano indispensabili anche per le verifiche progettuali.

Sui campioni sono state realizzate prove TX-UU, TX CIU e Proctor Standard.

Le prove TX-UU, TX CIU sono state realizzate su provini consolidati alla densità ottima dedotta dalle prove Proctor. I risultati sono riassunti nella tabella seguente.

	Angolo di attrito interno ϕ (°)	Coesione (kPa)		Prova Proctor	
		efficace	non drenata	massa vol. secca g (kN/m ³)	W _{opt} (%)
Cassa in linea	32.5	11.8	299	18.7	12.4
Ampliamento	34.0	9.0	340		

Tab. 30 – Parametri geotecnici di progetto dei terreni utilizzati per i rilevati arginali

8 Rischio di liquefazione

Le indagini geognostiche effettuate consentono di escludere la presenza di strati di terreno granulare a grana fine (sabbie), a bassa densità, sotto falda, con spessori pari o superiori al metro, entro i primi 15 m di profondità.

Conseguentemente, si può affermare che il rischio di liquefazione non sussiste.