



CONSORZIO DI BONIFICA DI PIACENZA

Sede legale: 29122 Piacenza – strada Val Nure, 3 – tel. 0523 464811 – fax 0523 464800 – C.F. 91096830335

info@cbpiacenza.it – www.cbpiacenza.it

e-mail certificata: cbpiacenza@pec.it

Titolo del programma:

PROGRAMMA SVILUPPO RURALE NAZIONALE PSRN 2014-2020

MISURA 4 - Investimenti in immobilizzazioni materiali

SOTTOMISURA 4.3 - Investimenti in infrastrutture per lo sviluppo l'ammodernamento e l'adeguamento dell'agricoltura e della silvicoltura, compresi l'accesso ai terreni agricoli e forestali, la ricomposizione e il miglioramento fondiario, l'approvvigionamento e il risparmio di energia e risorse idriche

TIPOLOGIA DI OPERAZIONE 4.3.1 - Investimenti in infrastrutture irrigue

Titolo progetto:

SCHEMA IRRIGUO ARDA NEL CONTESTO DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DEL FIUME PO: MIGLIORAMENTO DEL SISTEMA DI ADDUZIONE E DISTRIBUZIONE PER IL RISPARMIO IDRICO E PER L'EFFICIENTAMENTO DELL'USO DELLA RISORSA A FINI AGRICOLI

Localizzazione: Comuni di Cadeo, Fiorenzuola d'Arda, Alseno, Carpaneto Piacentino, Castell'Arquato – Provincia di Piacenza – Regione Emilia Romagna

PROGETTO ESECUTIVO

Importo complessivo:
€ 20.000.000,00

CUP: **G11E17000070005**

Attività	Soggetto	Ente/Oe	
PROGETTAZIONE			Redatto da:
Coordinatore della progettazione:	ing. Filippo Volpe	CBPC	
GRUPPO DI PROGETTAZIONE			
Progetto geotecnico strutturale:	ing. Chiara Celada	CBPC	
Progetto idraulico:	ing. Francesco Mantese	CBPC	Data:
Progetto idraulico:	ing. Debora Siviero	CBPC	
Collaborazione progetto idraulico:	ing. Andrea Terret	CBPC	
Stime analitiche costo costruzione:	geom. Gabriele Croci	CBPC	
CONSULENZE SPECIALISTICHE			Verificato da:
Archeologica:	dr. archeol. Barbara Sassi	Archeosistemi Soc. Coop.	
Geologica:	dr. geol. Fabio Picinotti	Studio tecnico	
Agronomica:	dr. agron. Lorenzo Casalini	Studio tecnico	
Topografica:	geom. Marcello Bianchi	Studio tecnico	Data:
Sicurezza:	arch. Marco Galli	Studio tecnico	
SWOT e Analisi economiche:	dr. Luca Quintavalla	Eurofin S.r.l.	
Studio fattibilità ambientale:	ing. Giacomo Galimberti	Studio tecnico	

Titolo Elaborato:

Relazioni specialistiche

RELAZIONE GEOLOGICA

Azione:

d) e) h) i)

Codice:

psrn17-cbpc-arda

File:

server/progettazione/psrn17/pe/n.elab.

LIVELLO PROGET:	WBS:	DOC:	PROGR:	TAV:	SCALA:	REV:	DATA:
ES	0.0	B	4	-	-	0	22-5-2017
D							
C							
B							
A	EMISSIONE	F. Picinotti	22-5-2017	P. Carbone	23-5-2017		
Revisione:	Descrizione:	Redatto:	Data:	Verificato:	Data:	Approvato:	Data:

INDICE

1.	PREMESSA	1
2.	CAMPIONAMENTO E ANALISI	2
3.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
3.1	<i>Inquadramento generale</i>	4
3.2	<i>Litostratigrafia di dettaglio delle aree investigate</i>	12
3.3	<i>Quadro idrogeologico</i>	14
4.	INDAGINE GEOGNOSTICA	18
5.	CONCLUSIONI	22

Allegato alla relazione: Allegato A: Elaborazione prove penetrometriche

ALLEGATI:

Carta geologica (scala 1:20.000)

Schede di ubicazione campionamento e indagine

Schede monografiche

Rapporti di prova

La relazione è stata eseguita a cura di:

Dott. Geol. Fabio Francesco Picinotti

Dott. Geol. Emiliano Occhi (collaboratore)

1. **PREMESSA**

Su incarico del Consorzio di Bonifica di Piacenza è stata redatta la presente relazione geologica finalizzata a supportare ed indirizzare le scelte progettuali relative al progetto di ristrutturazione funzionale di alcuni tronchi di canali esistenti, progetto che lo stesso Consorzio intende presentare al fine di partecipare ai bandi di finanziamenti di selezione delle proposte progettuali nell'ambito del *“PSRN 2014-2020 – Misura 4 – Investimenti di immobilizzazioni materiali, Sottomisura 4.3 – Investimenti in infrastrutture per lo sviluppo, l'ammodernamento e l'adeguamento dell'agricoltura e della silvicoltura, compresi l'accesso ai terreni agricoli e forestali, la ricomposizione e il miglioramento fondiario, l'approvvigionamento e il risparmio di energia e risorse idriche”*.

A tal fine è stata predisposta la presente relazione che si pone l'obiettivo di inquadrare l'intervento in progetto nel contesto geologico-deposizionale generale e di caratterizzare, in prima fase, i terreni interessati dagli scavi per la posa della condotta al fine di addivenire ad una prima verifica dello stato di potenziale contaminazione.

In alcuni punti ritenuti di particolare interesse, poiché oggetto di interventi provvisori di scavo e contrasto, è stata eseguita una serie di prove penetrometriche finalizzate alla caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica dei terreni coinvolti dalle opere stesse.

Ai fini suddetti il lavoro svolto è stato articolato in:

- Relazione geologica di carattere generale con allegata Carta geologica in scala 1:20000;
- Schede di ubicazione campionamenti ed indagine;
- Schede monografiche di sintesi dei risultati di caratterizzazione;
- Rapporti di prova.

2. CAMPIONAMENTO E ANALISI

Come già accennato, al fine di escludere la presenza di contaminazioni all'interno dei terreni che saranno oggetto di scavo e movimentazione durante l'esecuzione dei lavori, è stata realizzata una specifica campagna di campionamento lungo i tratti interessati dal progetto.

Lungo i tratti più importanti del progetto sono stati prelevati i seguenti campioni di terreno da sottoporre ad analisi di laboratorio:

<i>Tratto interessato</i>	<i>WBS</i>	<i>n. campioni terreno</i>	<i>Sigla campione</i>
Fiorenzuola-Castell'Arquato	1.1	15	SFR
Fiorenzuola-Alseno	1.2	10	DA
Cadeo-Zena	2.1	5	CZ
Fiorenzuola-Cadeo	2.2	6	DA
Fiorenzuola-Baselicaduce	2.3	1	DA
Alseno-Lusurasco	2.4	1	ALS

Le operazioni di campionamento sono state effettuate con due modalità differenti a seconda delle aree investigate. Nei siti a margine del Canale Desmontata-Alseno, lungo la ferrovia, dove nel tempo si è avuta una maggiore attività antropica, il campionamento è stato effettuato mediante penetrometro Pagani appositamente attrezzato per il prelievo di terreno mediante infissione per battitura di apposite fustelle della lunghezza di 100 cm; i campioni di terreno sono stati prelevati tra 2.00 e 3.00 m da p.c., tranne nel sito DA 10, dove a causa della presenza di ghiaia superficiale che ha ostacolato l'infissione, il campionamento è stato effettuato tra 0.5 e 1.5 m da p.c..

Nei siti adiacenti al Canale della Sforzesca e nei rimanenti tratti di canale presso Alseno, Chero e Cadeo, in aree prevalentemente e storicamente agricole, i prelievi sono stati effettuati mediante escavatore fornito dal consorzio stesso, tra le profondità di 0.5 e 1.0 m da p.c.

I campioni prelevati sono stati inviati a laboratorio certificato per l'analisi dei parametri riportati nella seguente tabella (Tabella 1).

I limiti per evidenziare l'eventuale inquinamento sono quelli presenti nel D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5 - Tab. 1; D.M. n. 31 del 12/02/2015; per i parametri MTBE e ETBE ci si rifà invece ai limiti del Parere ISS del 2001 n. 57058 IA/12; per il parametro Piombo tetraetile il limite è quello relativo al Parere ISS del 17/12/2002 n.49759IA.12. Il limite L1 è relativo a siti con destinazione ad uso verde pubblico, privato e residenziale; il limite L2 è relativo a siti con destinazione ad uso commerciale e industriale.

PARAMETRI	Limiti L1-L2
Scheletro tra 2 cm e 2 mm (%)	
Idrocarburi: C>12 (mg/kg)	50-750
Arsenico (mg/kg)	20-50
Cadmio (mg/kg)	2-15
Cobalto (mg/kg)	20-250
Cromo (mg/kg)	150-800
Cromo VI (mg/kg)	2-15
Mercurio (mg/kg)	1-5
Nichel (mg/kg)	120-500
Piombo (mg/kg)	100-1000
Rame (mg/kg)	120-600
Zinco (mg/kg)	150-1500
Benzo(a)antracene (mg/kg)	0,5-10
Benzo(a)pirene (mg/kg)	0,1-10
Benzo(b)fluorantene (mg/kg)	0,5-10
Benzo(k)fluorantene (mg/kg)	0,5-10
Benzo(g,h,i)perilene (mg/kg)	0,1-10
Crisene (mg/kg)	5-50
Dibenzo(a,e)pirene (mg/kg)	0,1-10
Dibenzo(a,l)pirene (mg/kg)	0,1-10
Dibenzo(a,i)pirene (mg/kg)	0,1-10
Dibenzo(a,h)pirene (mg/kg)	0,1-10
Dibenzo(a,h)antracene (mg/kg)	0,1-10
Indeno(1,2,3-c,d)pirene (mg/kg)	0,1-5
Pirene (mg/kg)	5-50
Sommatoria IPA (D.Lgs. 152/06 All.5 Tab.1) (mg/kg)	10-100

Tabella 1 – Parametri determinati in laboratorio

Dei 38 campioni analizzati nessuno presenta concentrazioni superiori ai limiti prefissati.

In alcuni campioni sono stati evidenziati, per alcuni parametri, valori superiori al 95% del limite L1 e vengono riportati nella tabella seguente. Nelle schede monografiche di sintesi allegate sono riportati i risultati delle analisi di tutti i campioni prelevati.

Campione	Parametro analizzato	Valore limite L1	Valore rilevato ($\geq 95\%$ di L1)
DA1	Cromo (mg/kg)	150	148
DA3	Cromo (mg/kg)	150	145
DA4	Arsenico (mg/kg)	20	19
DA4	Cobalto (mg/kg)	20	19.6
DA4	Nichel (mg/kg)	120	118
DA5	Cobalto (mg/kg)	20	19.8
DA12	Cobalto (mg/kg)	20	19
DA13	Zinco (mg/kg)	150	146
DA14	Cromo (mg/kg)	150	144
DA14	Nichel (mg/kg)	120	117
SFR1	Cromo (mg/kg)	150	148
SFR2	Cromo (mg/kg)	150	145
SFR2	Nichel (mg/kg)	120	117
SFR3	Nichel (mg/kg)	120	118
SFR5	Nichel (mg/kg)	120	114
SFR7	Nichel (mg/kg)	120	117
SFR8	Nichel (mg/kg)	120	114
SFR12	Cobalto (mg/kg)	20	19,8
SFR12	Nichel (mg/kg)	120	120
SFR13	Cromo (mg/kg)	150	144
SFR15	Cobalto (mg/kg)	20	19,8

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1 Inquadramento generale

Il territorio in esame si trova in un settore compreso tra il margine morfologico dell'Appennino e la Pianura Padana (Fig. 1). La nascita e l'evoluzione della catena appenninica e dell'antistante bacino padano è inquadrata all'interno della moderna teoria della Tettonica delle Placche che prevede movimenti continui della crosta terrestre. Tali movimenti hanno portato, dal periodo Giurassico ad oggi, all'apertura e alla chiusura di un antico oceano (Ligure Piemontese) e alla formazione delle catene alpina e appenninica a causa della collisione tra la placca africana e quella europea. La chiusura dell'antico oceano e la successiva collisione continentale si realizzarono mediante l'impilamento di

false che si mobilitarono a partire dal Cretaceo Superiore, attraverso tre momenti di acme definiti rispettivamente come fase Ligure (Eocene medio), Subligure (Oligocene sup. - Miocene inf.) e Toscana (Tortoniano). Le ultime importanti fasi di strutturazione della catena risalgono ai movimenti messiniani e plio-pleistocenici (fase Padano-adriatica).

Durante questa continua e progressiva evoluzione geodinamica, le successioni marine giurassiche e cretache dell'antico oceano Ligure Piemontese sono state dislocate verso est, accavallandosi sui depositi marini miocenici depositi sulla placca adriatica (avanfossa miocenica), oggi presenti nel sottosuolo ed affioranti nelle finestre tettoniche di Bobbio e di Salsomaggiore; in particolare, questa traslazione orizzontale è stata valutata dell'ordine del centinaio di chilometri o superiore ed è avvenuta successivamente all'Eocene medio (fase Ligure) e principalmente durante i movimenti del Messiniano-Pleistocene che hanno conferito all'Appennino emiliano l'aspetto attuale.

In prossimità del margine padano affiorano i depositi che costituiscono il riempimento dei bacini, detti di Piggy back, formati in seguito alla frammentazione dell'avanfossa miocenica, che si realizza dal tardo Messiniano. La successione mio-pliocenica della nuova avanfossa e dei sotto bacini di Piggy back è costituita alla base da depositi continentali e marino-marginali (Formazione a Colombacci e Formazione di Vernasca) ricoperti bruscamente da depositi di mare profondo (Argille di Lugagnano, Membro di Legatti) che passano progressivamente a depositi di piattaforma (Supersistema della Val d'Arda) e successivamente a depositi marino-marginali (Supersistema del Quaternario Marino).

Questa successione è infine ricoperta, attraverso una vasta superficie erosionale, da depositi continentali quaternari di piana e conoide alluvionale (Supersistema Emiliano-Romagnolo), che hanno progressivamente colmato i resti del bacino marino padano, attraverso un'alternanza di fasi erosivo-deposizionali.

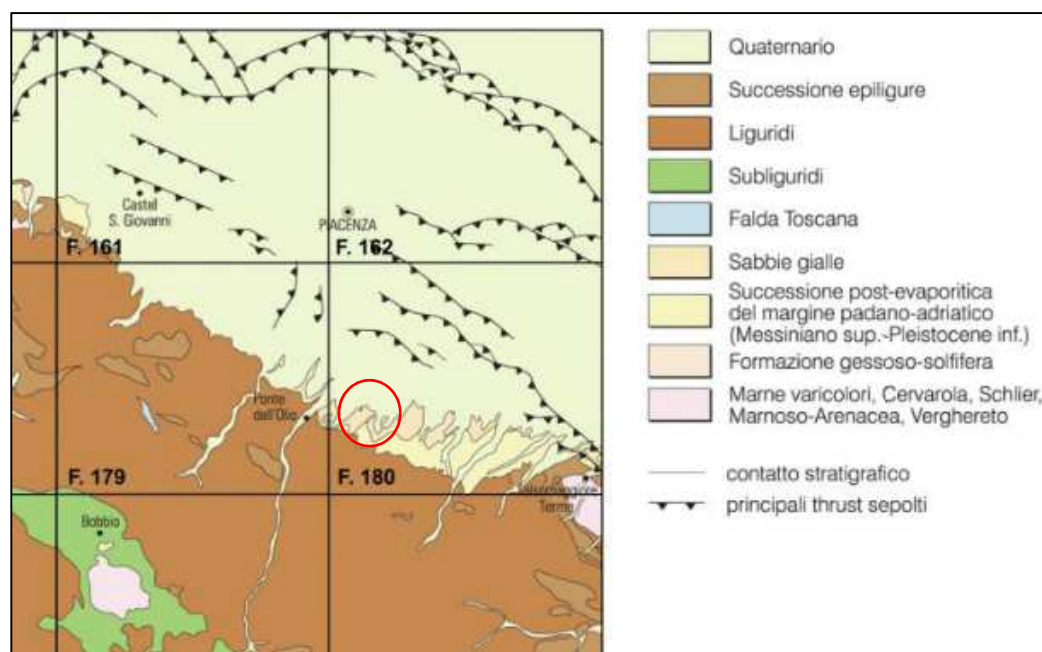


Fig. 1 - Schema strutturale appenninico e padano; nel tondo l'areale di studio.

L'area oggetto di studio e di campionamento appartiene, dal punto di vista geomorfologico, al settore di alta pianura, dove sono presenti depositi alluvionali terrazzati legati all'attività dei torrenti appenninici durante il quaternario (Fig. 2). I terrazzi fluviali costituiscono grandi ripiani impostati nei depositi alluvionali più antichi e/o nei sedimenti marini recenti.

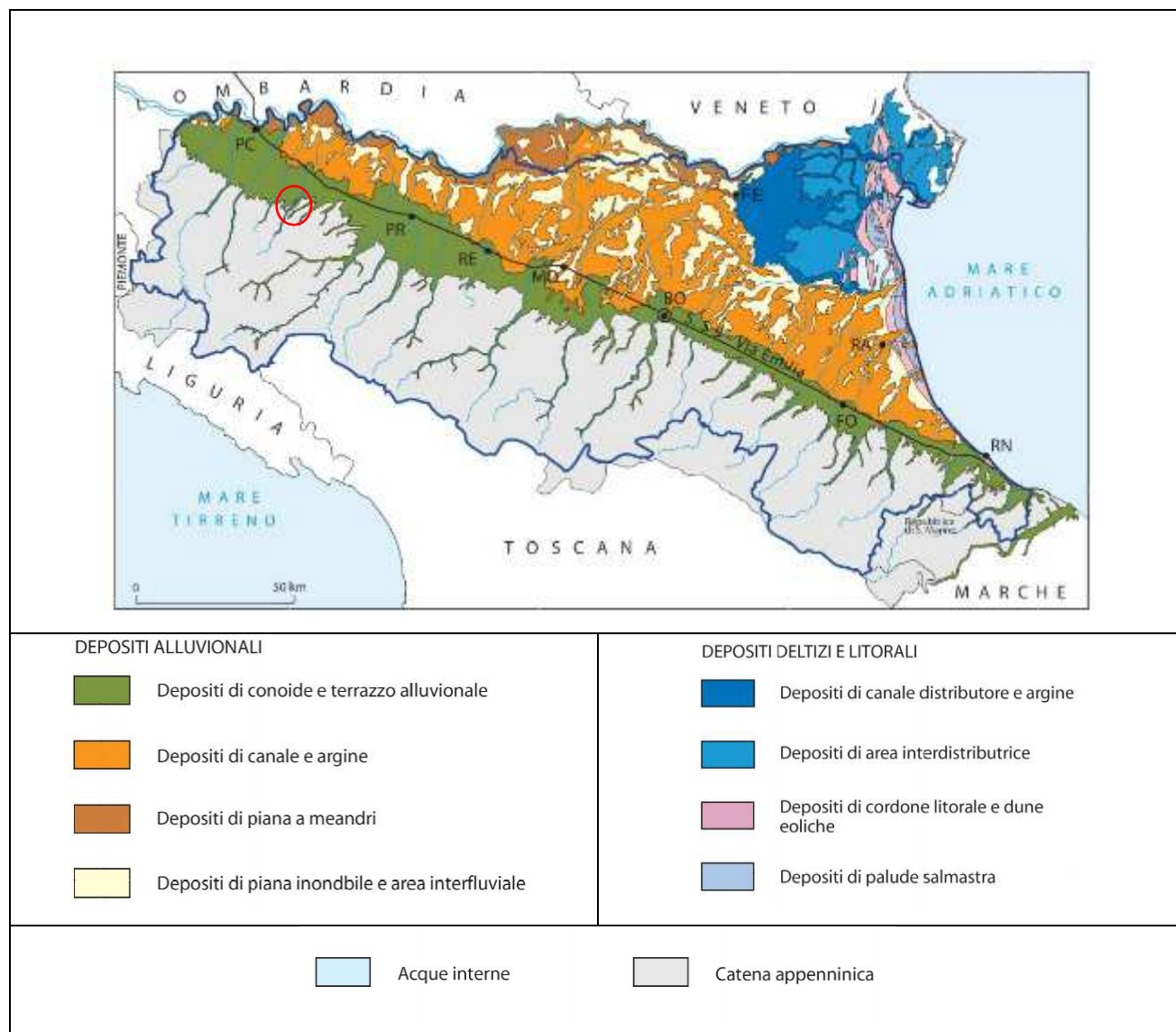


Fig. 2 - Depositi quaternari; nel tondo l'areale di studio

I sistemi terrazzati testimoniano l'evoluzione delle conoidi alluvionali appenniniche e l'alternarsi di fasi di deposizione e fasi di erosione. L'elemento morfologico più caratteristico di questa zona è costituito da superfici topografiche uniformi e piatte, inclinate verso la pianura (da 1% a 4% circa), suddivise e smembrate in tanti costoni digitati a sommità più o meno regolare, che presentano scarpate laterali di erosione fluviale con altezza che diminuisce progressivamente da monte verso valle e che si raccordano verso settentrione in modo complessivamente regolare.

Verso nord i ripiani delle alluvioni antiche e medie si immergono al di sotto delle unità alluvionali più recenti che costituiscono la pianura vera e propria, solcata dai corsi d'acqua che assumono il caratteristico andamento a canali intrecciati (torrenti Arda, Chiavenna, Chero).

I ripiani terrazzati del margine si possono correlare con analoghe forme, sempre caratterizzate dalla presenza di depositi alluvionali, presenti, sia pur in lembi ridotti, all'interno dei principali solchi vallivi.

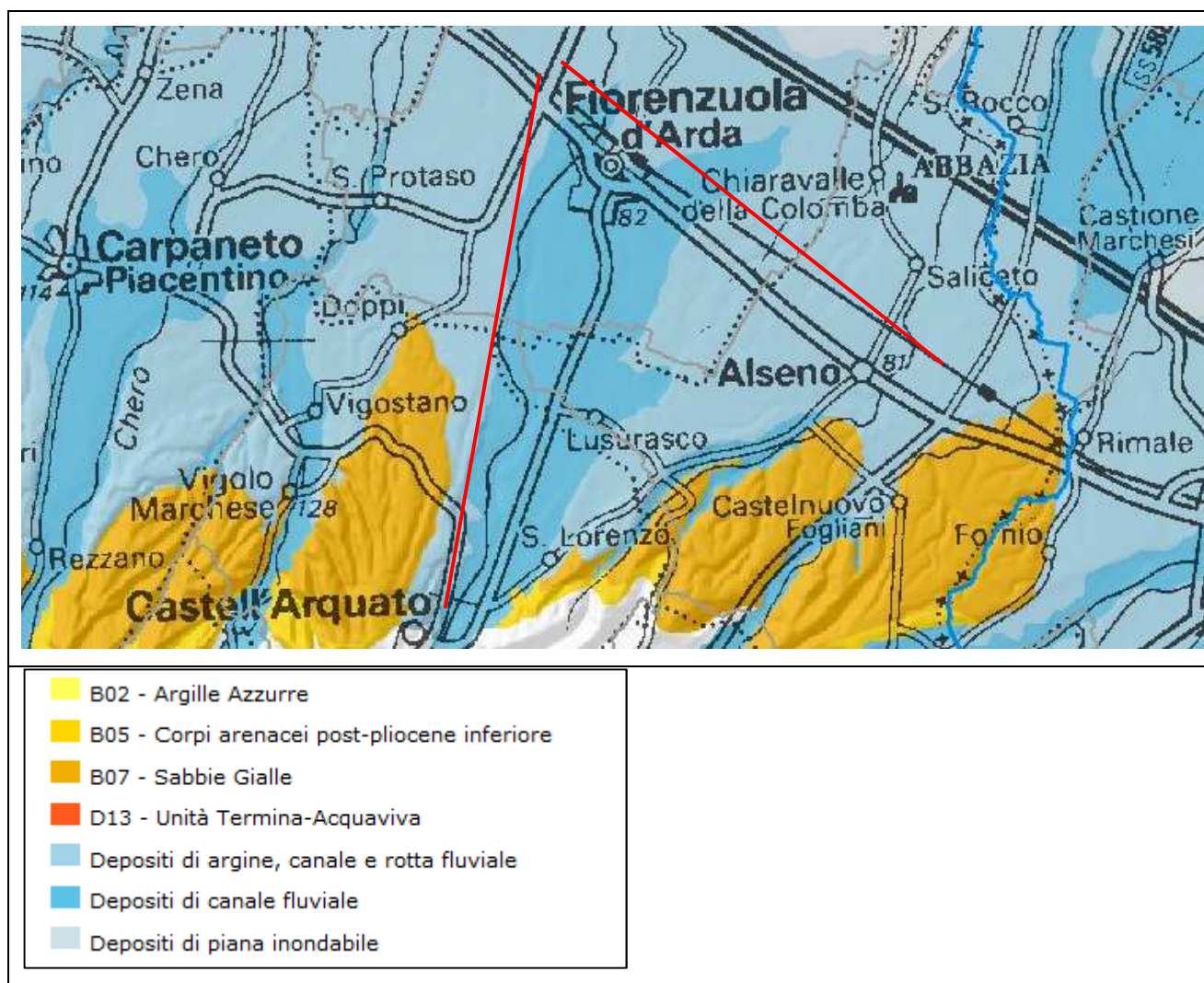


Fig. 3 - Estratto della carta geologica dell'Emilia Romagna alla scala 1:100000; in rosso i principali tratti di nuova realizzazione

L'origine dell'architettura dei terrazzi è riconducibile alla interazione tra variazioni climatiche, a fenomeni di sollevamento dell'area e al conseguente ringiovanimento del sistema idrografico sviluppatosi in più fasi nel corso del Quaternario, con il concorso dei corsi d'acqua minori.

Il nuovo tratto in progetto in direzione circa N-S, che segue il corso del Canale della Sforzesca, si snoda tra la porzione apicale, mediana e terminale della conoide del T. Arda; Il tratto NW-SE, che segue il corso del Canale della Desmontata Alseno, interessa sia la conoide del T. Arda che i depositi di tracimazione fluviale legati al T. Arda, al T. Ongina, al Rio Gerola e al Rio Morabina. Infine, nei rimanenti

tratti nei pressi di Chero e Cadeo, vengono interessate le conoidi minori dei Torrenti Chero e Chiavenna (Fig. 3).

Dal punto di vista stratigrafico questi depositi alluvionali, affioranti e risalenti al quaternario (vedere Carta Geologica in scala 1:20.000 allegata), appartengono al Supersistema Emiliano-Romagnolo come accennato precedentemente. All'interno di questo ciclo Quaternario Continentale, sono state individuate due unità principali: un'unità inferiore, detta Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore ed un'unità superiore, detta Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore. Nell'area indagata il Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore non è affiorante, mentre i depositi del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore sono presenti nelle zone di pianura e al passaggio tra i rilievi collinari appenninici e la pianura. A scala regionale esse sono separate da una superficie di discontinuità stratigrafica individuata nel sottosuolo tramite l'interpretazione dei profili sismici forniti dall'AGIP, tarati sulla scorta della Banca Dati Geognostici Regionale. Il Supersistema Emiliano-Romagnolo presenta uno spessore massimo di circa 200 m, in corrispondenza del settore assiale del bacino di piggy back, fino a ridursi a poche decine di metri nelle zone più meridionali, in corrispondenza della fascia collinare e di montagna.

Il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore è stato suddiviso in cinque subsintemi identificabili in affioramento mediante caratteristiche morfo-pedostratigrafiche; si tratta infatti di conoidi alluvionali terrazzate, le cui superfici deposizionali relitte, poste a quote diverse e separate da scarpate erosive, presentano un'evoluzione pedostratigrafica differente.

I subsintemi più recenti (Subsintema di Ravenna e Subsintema di Villa Verucchio) sono stati ulteriormente suddivisi, sempre grazie agli attributi morfopedostratigrafici, in unità di rango stratigrafico inferiore. Il contesto geodinamico locale in cui si sviluppa il Supersistema Emiliano Romagnolo è quello di un bacino di piggy back adiacente all'avanfossa padana, allungato in senso SE - NO e limitato a tergo (SO) e sul fronte (NE) da due fasce di strutture compressive (rispettivamente: Fronte di accavallamento pedeappenninico PTF e Fronte di accavallamento esterno ETF) fortemente attive. Fino a quando il sollevamento del margine appenninico determinato dal PTF risulta tale da continuare a produrre la relativa subsidenza del bacino di piggy back, in quest'ultimo persistono le condizioni per avere prevalente aggradazione sedimentaria. A questa fase corrisponde la deposizione del Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore. Nel momento in cui diminuisce la subsidenza relativa del bacino di piggy back, come conseguenza del forte sollevamento regionale prodotto dall'ETF, si determinano significativi spostamenti verso valle delle Cerniere Strutturali di Margine di Bacino (CSMB) e quindi l'inizio del terrazzamento dei depositi di conoide. A questa fase corrisponde la formazione di tutte le unità alluvionali terrazzate appartenenti al Sintema Emiliano Romagnolo Superiore.

Il Sintema Emiliano Romagnolo Superiore è quindi un'unità alluvionale terrazzata costituita da ghiaie prevalenti in corrispondenza degli apparati fluviali principali (depositi di conoide e depositi intravallivi

terrazzati), passanti a limi prevalenti con rare intercalazioni di sabbia e ghiaia nelle aree di interconoide. In affioramento presenta uno spessore massimo di circa 120 m. L'età complessiva dell'unità è Pleistocene medio - Olocene. La sedimentazione dell'AES prende inizio al termine di un evento minore di sollevamento delle strutture compressive appenniniche, registrato in affioramento da una superficie di discontinuità erosiva. Tale superficie, riconoscibile anche nei profili sismici, risulta particolarmente evidente in corrispondenza dei principali fronti strutturali sepolti.

Tale successione è composta da 4 cicli deposizionali di conoide alluvionale che si sovrappongono in ordine stratigrafico "normale" a valle della CSM, mentre a monte di essa si giustappongono formando così i depositi intravallivi terrazzati.

Ogni ciclo deposizionale, nel suo complesso, corrisponde ad una Sequenza Deposizionale Elementare e in affioramento ad un subsistema della AES. Ogni ciclo deposizionale ha spessore generalmente compreso tra 20 e 40 m ed è costituito da una facies prevalentemente grossolana e da una facies essenzialmente fine. La posizione della facies grossolana all'interno di ogni ciclo varia in funzione della distanza dalla CSM. In particolare:

- 1) a monte della CSM i depositi grossolani stanno alla base e quelli fini al tetto;
- 2) a valle della CSM ed in prossimità di essa la facies grossolana rimane nella parte bassa del ciclo, anche se alla base possiamo incontrare depositi fini;
- 3) a valle della CSM, in posizione distale, la facies grossolana si trova nella parte alta del ciclo.

Nel primo caso la lacuna sedimentaria principale si trova alla base del ciclo; nell'ultimo caso si hanno hiatus trascurabili concentrati sia alla base che al tetto del ciclo. Nel secondo caso, invece, si distingue la zona assiale della conoide, ove si ritrova un'importante lacuna erosiva alla base del ciclo, dalle zone prossime agli interconoidi, ove la lacuna sedimentaria principale è costituita da un paleosuolo molto evoluto sviluppato al tetto della facies grossolana.

I ritrovamenti archeologici sulle superfici terrazzate dell'AES fanno supporre che l'origine della ciclicità deposizionale dell'AES sia da attribuire ad oscillazioni climatiche sviluppate alla scala dei 40-100.000 anni ed il cui inizio risulta collocabile intorno ai 350-400.000 anni B.P..

Sulla base di quanto esposto sopra l'AES risulta suddivisibile in 5 subsistemi, affioranti a quote progressivamente decrescenti lungo il margine pedeappenninico;

in ordine di età (dal più recente al più antico):

- Subsistema di Ravenna (AES 8)
- Subsistema di Villa Verucchio (AES 7)
- Subsistema di Agazzano (AES 3)
- Subsistema di Maiatico (AES 2)
- Subsistema di Monterlinzana (AES 1)

Nell'area oggetto di indagine affiorano il *Subsistema di Villa Verucchio* (AES 7) e il *Subsistema di Ravenna* (AES 8).

Il Subsistema di Villa Verucchio corrisponde ad estese aree terrazzate, in genere adiacenti a quelle attribuite al *Subsistema di Agazzano*, basculate verso N-NE (pendenza 0.5-2%), a quote comprese tra 250 e 100 m s.l.m.; queste aree sono costituite da ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti, con locali intercalazioni di sabbie e limi sabbiosi, attribuibili ad ambienti di conoide alluvionale. Localmente sono presenti limi e limi sabbiosi prevalenti, interpretabili come depositi di interconoide e del reticolo idrografico minore. Il contatto di base è erosivo e discordante con AES (indifferenziato), AES3, CMZ, ATS e BDG, mentre il limite di tetto è costituito dalla superficie deposizionale relitta coincidente con la superficie topografica. Nell'area il Subsistema di Villa Verucchio raggiunge lo spessore massimo di 30 m circa. Le analisi del ^{14}C sui campioni prelevati a profondità tra i 12,5 m e i 38,4 m dal piano campagna, indicano età comprese tra 21.470 yr BP e valori superiori ai 53.000 yr BP.

Sulla base della quota delle superfici topografiche (del tetto delle ghiaie per i terrazzi intravallivi) e del profilo di alterazione pedogenetica, sono state individuate e cartografate due unità informali (*Unità di Niviano* e *Unità di Vignola*), in parte a limiti inconformi, denominate unità morfo-pedostratigrafiche. Nell'area di indagine, relativamente al Subsistema di Villa Verucchio, affiora esclusivamente l'*Unità di Vignola*.

Essa è costituita da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, ricoperti da una coltre limoso-argillosa discontinua; in contesto intravallivo è rappresentata da depositi terrazzati, mentre in pianura è rappresentata da depositi di conoide ghiaiosa; la scarpata che la separa dal *Subsistema di Ravenna* è di ordine metrico e l'unità è sede di attività agricola diffusa e di nuclei abitati.

Il fronte di alterazione è di discreto spessore (1.5-2 m) e sono presenti suoli non calcarei, talora con evidenze di accumulo di argilla illuviale. Il profilo è differenziato in orizzonti A-Bw-BC-C e A-Bt-BCK-C; Hue degli orizzonti Bw e Bt 5YR. Il colore rossastro è connesso alla cristallizzazione degli ossidi di Fe, liberati in seguito ai processi di alterazione.

In corrispondenza dei depositi alluvionali terrazzati in contesto intravallivo, il suolo al tetto dell'unità è localmente ricoperto da una coltre colluviale che può raggiungere anche i 3-4 m di spessore. Lo spessore massimo di questa unità è di circa 15 m.

L'*Unità di Vignola* aveva già concluso la sua deposizione in epoca romana, ed era occupata da insediamenti stabili. Tuttavia, durante il deterioramento climatico post-romano e fino al XIX secolo, fu periodicamente soggetta ad alluvionamenti; questo ha fatto sì che la porzione di pianura attribuita all'unità di Vignola sia caratterizzata da depositi alluvionali complessi e da locali ringiovanimenti del profilo pedostratigrafico. Datazioni utilizzando il metodo del ^{14}C su legni e suoli organici hanno dato rispettivamente età di 42.220 anni e 37.600 anni appartenenti quindi al Pleistocene superiore.

Il *Subsistema di Ravenna* (AES8) si è depositato successivamente alla fine dell'ultimo periodo glaciale. Questa unità è composta da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, ricoperti da una coltre limoso-

argillosa discontinua e da limi, talora sabbiosi, di limitato spessore (3-4 m), interpretabili rispettivamente come depositi di conoide alluvionale, di interconoide e del reticolo idrografico minore. Il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante sul substrato pliocenico e sulle unità più antiche AES3 e AES7.

Il fronte di alterazione è di moderato spessore (da qualche decina di cm fino ad 1 m) ed i suoli presentano gli orizzonti superficiali decarbonatati o parzialmente decarbonatati. Il profilo è costituito dagli orizzonti A-Bw-Bk (C); Hue degli orizzonti B 2.5Y-10YR.

Lo spessore massimo di questa unità è inferiore a 20 metri. Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sugli altri subsintemi e sulle unità più antiche. Essa è sede di attività agricola diffusa, di insediamenti produttivi e, localmente, di nuclei abitati.

Questa unità è stata correlata lungo tutto il margine appenninico padano dall'Ufficio Geologico della Regione Emilia-Romagna, utilizzando, ove possibile, decine di datazioni radiometriche per individuarne l'intervallo geocronologico di appartenenza. Datazione radiometriche vicine alla base dell'unità, ottenuta con il metodo del ^{14}C in un campione prelevato durante la perforazione di un sondaggio nei pressi di Gragnano Trebbiense alla profondità di 2.30 m dal piano campagna e corrispondente ad un orizzonte pedologico Ab (ricco in sostanza organica) sepolto dai successivi depositi: l'età radiometrica risulta 9.100 ± 185 ^{14}C yr BP, coerente con le età ottenute in altre aree della Regione Emilia-Romagna. Le analisi del ^{14}C su campioni prelevati nelle zone di Baselicaduce e di Cortemaggiore, ad una profondità compresa tra 5,6 m e 1,2 m dal piano campagna, hanno indicato età comprese tra 4995 yr BP (per il campione più profondo) e 1736 yr BP (per il campione più superficiale).

Sulla base di sezioni geologiche del sottosuolo questo subsintema risulta composto da due cicli sedimentari principali, caratterizzati ciascuno da un intervallo ghiaioso-sabbioso ricoperto da depositi fini e testimonianti due fasi di avanzamento ed arretramento dei sistemi deposizionali; le due litozone sono state denominate informalmente AES8 “inferiore” e AES8 “superiore” e sono state mappate solo nel sottosuolo. In affioramento, invece, su base geologica, archeologica e pedostratigrafica vengono distinti i depositi sommitali di AES8 ed attribuiti ad una unità stratigrafica denominata Unità di Modena (AES8a). L'unità è costituita da ghiaie prevalenti con livelli e lenti di sabbie, ricoperte da una coltre limoso-argillosa discontinua. Il fronte di alterazione è di limitato spessore (poche decine di cm) ed a profilo A-C (*Entisuoli*) e, localmente, A-Bw-C (*Inceptisuoli*); Hue dell'orizzonte Bw 10YR-2.5Y. Lo spessore massimo dell'unità è di qualche metro.

In contesto intravallivo e di pianura questi sedimenti costituiscono depositi alluvionali terrazzati, adiacenti all'alveo di piena degli attuali corsi d'acqua. La scarpata fluviale che la separa dalla parte più antica del *Subsintema di Ravenna* varia da 1 a 2 m di altezza, mentre la scarpata fluviale che la separa dalle alluvioni attuali varia da 0.5 a 3 m di altezza.

Localmente è sede di attività agricola e talora di insediamenti produttivi. Non sono disponibili datazioni radiometriche o geoarcheologiche nell'area del Foglio, tuttavia all'Unità di Modena è attribuita, a livello regionale e su base archeologica, un'età post-romana, probabilmente post IV-VII sec. d.C.

Verso sud, a causa della mancanza di dati significativi relativi ai suoli, alle relazioni stratigrafiche latero-verticali ed al riconoscimento delle superfici di discontinuità, vengono meno gli elementi sulla base dei quali le stesse unità stratigrafiche sono definite; pertanto, nel contesto intravallivo, si è utilizzato un criterio basato sulle caratteristiche morfologiche e dinamiche dei depositi alluvionali.

3.2 Litostratigrafia di dettaglio delle aree investigate

Come detto precedentemente il nuovo tratto orientato N-S attraversa i depositi di conoide del T. Arda. In questa area il Subsistema di Ravenna e l'Unità di Modena appartengono ad un ambiente deposizionale denominato Ghiaie di riempimento di canale fluviale (Figura 3). Si tratta di depositi costituiti prevalentemente da ghiaie che variano da molto grossolane (20-40 cm di diametro massimo) a fini con matrice sabbiosa o, più raramente, argillosa. Le strutture sedimentarie sono generalmente assenti o date da embriciatura dei ciottoli e gradazione positiva (nelle ghiaie più fini). Gli strati variano da spessi a molto spessi, ma preferenzialmente sono amalgamati e formano dei corpi di spessore compreso fra 2 e 5 metri che costituiscono la porzione grossolana di una sequenza positiva. Questa si chiude con uno spessore variabile da pochi decimetri a qualche metro di limi e argille (raramente sabbie) in contatto netto sulle ghiaie. I depositi discontinui prevalentemente ghiaiosi passano, sottocorrente a corpi ghiaioso-sabbiosi a geometria nastriforme, larghi qualche centinaio di metri, che incidono con contatto netto ed erosivo le tracimazioni fluviali adiacenti; talora i singoli depositi si saldano lateralmente e verticalmente e formano dei corpi composti con geometria d'insieme relativamente tabulare e spessore fino ad una decina di metri. Si tratta di depositi di riempimento di canale fluviale che marcano la transizione tra la zona intravalliva e di conoide e la zona pedecollinare e quella di piana. I depositi di conoide alluvionale del reticolo idrografico secondario (Chero e Chiavenna) e che interessano i tratti di progetto situati nei pressi di Chero e Cadeo, sono caratterizzati da una distribuzione più limitata e da granulometrie più fini; si tratta, infatti, di sabbie e sabbie-ghiaiose, con subordinate ghiaie localizzate in prossimità dello sbocco dei torrenti minori adiacenti al Nure e all'Arda. Il nuovo tratto NW-SE della Desmontata Alseno interessa solo in parte la conoide del T. Arda, dove sono presenti depositi ghiaiosi di canale fluviale. Per il resto il tracciato interessa depositi di tracimazione fluviale legati al T. Arda, al T. Ongina, al Rio Gerola e al Rio Morabina. In quest'ultimo caso l'Unità di Vignola, il Subsistema di Ravenna e l'Unità di Modena appartengono ad un ambiente deposizionale denominato "Alternanze di sabbie e limi di argine, canale e rotta fluviale". Si tratta di depositi costituiti da alternanze di sabbie fini e finissime, spesso limose, in strati da sottili a spessi, e limi, limi sabbiosi e limi argillosi, in strati da molto sottili a medi. Gli strati sono organizzati in sequenze con gradazione positiva o negativo-positiva. Localmente sono presenti sabbie medio-grossolane alla

base delle sequenze positive ed intercalazioni di argilla al tetto. Questi sono considerati depositi di argine, di riempimento di canale (soprattutto del reticolo idrografico secondario) e di rotta fluviale. Questi corpi passano lateralmente a depositi di piana inondabile con contatti graduali.

Formano dei corpi rilevati a geometria nastriforme o di lobo, di larghezza variabile da poche centinaia di metri a qualche chilometro, a seconda che siano formati da un singolo sistema fluviale o da più sistemi coalescenti. Sulla superficie di questi corpi sono spesso visibili le tracce dei canali abbandonati e dei ventagli di rotta.

Per meglio descrivere le caratteristiche litologiche dei terreni investigati si è proceduto a suddividere le aree di campionamento in base all'ambiente di deposizione, come descritto precedentemente.

Nella tabella sottostante sono riassunte le caratteristiche litologiche e deposizionali dei terreni presenti nei punti di campionamento, fino alla profondità di circa 3 m da p.c.

Campione	Unità di Appartenenza	Ambiente deposizionale	Litologia	Classificazione USCS
DA 1	Unità di Modena	Argine, canale e rotta fluviale	Limo argilloso	ML-CL
DA 2	Subsintema di Ravenna	Argine, canale e rotta fluviale	Limo argilloso	ML-CL
DA 3	Subsintema di Ravenna	Argine, canale e rotta fluviale	Limo argilloso	ML-CL
DA 4	Subsintema di Ravenna	Argine, canale e rotta fluviale	Limo argilloso	ML-CL
DA 5	Subsintema di Ravenna	Argine, canale e rotta fluviale	Limo argilloso	ML-CL
DA 6	Unità di Modena	Argine, canale e rotta fluviale	Limo argilloso	ML-CL
DA 7	Unità di Modena	Canale fluviale	Limo argilloso	ML-CL
DA 8	Unità di Modena	Argine, canale e rotta fluviale	Limo argilloso	ML-CL
DA 9	Unità di Modena	Argine, canale e rotta fluviale	Limo ghiaioso	GM
DA 10	Subsintema di Ravenna	Canale fluviale	Limo ghiaioso	GM
DA 11	Subsintema di Ravenna	Argine, canale e rotta fluviale	Limo ghiaioso	GM
DA 12	Subsintema di Ravenna	Argine, canale e rotta fluviale	Limo argilloso	ML-CL
DA 13	Unità di Vignola	Argine, canale e rotta fluviale	Limo argilloso	ML-CL
DA 14	Unità di Vignola	Argine, canale e rotta fluviale	Limo argilloso	ML-CL
DA 15	Unità di Vignola	Argine, canale e rotta fluviale	Limo argilloso	ML-CL
DA 16	Unità di Modena	Argine, canale e rotta fluviale	Limo sabbioso	ML
DA 17	Unità di Modena	Argine, canale e rotta fluviale	Limo sabbioso	ML
SFR 1	Subsintema di Ravenna	Canale fluviale	Sabbia limosa	SM
SFR 2	Subsintema di Ravenna	Canale fluviale	Limo sabb. ghiaioso	ML
SFR 3	Subsintema di Ravenna	Canale fluviale	Limo sabb. ghiaioso	ML
SFR 4	Subsintema di Ravenna	Canale fluviale	Limo sabb. ghiaioso	ML
SFR 5	Subsintema di Ravenna	Canale fluviale	Limo sabb. ghiaioso	ML
SFR 6	Unità di Modena	Canale fluviale	Limo sabb. ghiaioso	ML
SFR 7	Unità di Modena	Canale fluviale	Limo sabb. ghiaioso	ML
SFR 8	Unità di Modena	Canale fluviale	Limo sabb. ghiaioso	ML

Campione	Unità di Appartenenza	Ambiente deposizionale	Litologia	Classificazione USCS
SFR 9	Unità di Modena	Canale fluviale	Limo sabb. ghiaioso	ML
SFR 10	Unità di Modena	Canale fluviale	Ghiaia limosa	GM
SFR 11	Unità di Modena	Canale fluviale	Limo sabb. ghiaioso	ML
SFR 12	Unità di Modena	Canale fluviale	Limo sabb. ghiaioso	ML
SFR 13	Unità di Modena	Canale fluviale	Limo sabb. ghiaioso	ML
SFR 14	Unità di Modena	Canale fluviale	Limo sabb. ghiaioso	ML
SFR 15	Unità di Modena	Canale fluviale	Limo sabb. ghiaioso	ML
ALS 1	Unità di Vignola	Argine, canale e rotta fluviale	Limo	ML
CZ 1	Unità di Modena	Argine, canale e rotta fluviale	Limo sabb. ghiaioso	ML
CZ 2	Unità di Modena	Argine, canale e rotta fluviale	Limo sabb. ghiaioso	ML
CZ 3	Unità di Modena	Argine, canale e rotta fluviale	Limo sabb. ghiaioso	ML
CZ 4	Unità di Modena	Argine, canale e rotta fluviale	Limo argilloso	ML
CZ 5	Unità di Modena	Argine, canale e rotta fluviale	Limo sabbioso	ML

3.3 Quadro idrogeologico

Le Unità Stratigrafiche del sottosuolo sud – padano, descritte precedentemente, possono essere saturate, in senso generale, da acque dolci, salate o salmastre, e nel loro insieme costituiscono il Bacino Idrogeologico della Pianura Emiliano-Romagnola (BIPER); il limite tra acque dolci e salmastre definisce la base degli acquiferi utili per uso idropotabile ed agricolo – industriale.

Gli acquiferi sono corpi geologici che, grazie alle loro proprietà geometriche e petrofisiche, svolgono efficacemente le funzioni di serbatoio e condotta per le acque sotterranee; essi sono costituiti da sedimenti ghiaioso – sabbiosi di origine deltizia, litorale ed alluvionale, depositati a partire da circa 1,5 milioni di anni seguendo due direzioni di propagazione prevalenti: la prima assiale, E-vergente, originata dal paleodelta del Po, e la seconda, NE-vergente, legata ai sistemi deltizi ad alimentazione appenninica.

Tale modello prevede la distinzione, a scala regionale, in tre Unità Idrostratigrafiche (Maxey, 1964) di rango superiore, cartografabili sia in superficie che in sottosuolo, denominate Gruppi (di) Acquiferi, che affiorano sul margine meridionale del bacino Idrogeologico della Pianura Emiliano – Romagnola per poi immergersi verso nord al di sotto dei sedimenti depositati negli ultimi 20.000 anni, contenenti acquiferi di scarsa estensione e potenzialità (Acquifero Superficiale A0, corrispondente a AES 8).

Le Unità Idrostratigrafiche considerate hanno le seguenti caratteristiche:

1. sono costituite da una o più Sequenze Deposizionali;
2. sono comprensive di un livello geologico basale, scarsamente permeabile (acquitardo) o impermeabile (acquicludo) arealmente continuo (in senso geologico) che per i Gruppi Acquiferi si sviluppa a scala regionale.

Ciascun Gruppo Acquifero risulta quindi idraulicamente separato da quelli sovrastanti e sottostanti, almeno per gran parte della sua estensione, da livelli argillosi di spessore plurimetrico che implicano flussi idrici confinati all'interno di ogni singolo Gruppo, con componente parallela alle superfici di strato molto maggiore di quella ortogonale alle superfici stesse.

Al suo interno, ogni Gruppo Acquifero risulta composto da serbatoi acquiferi sovrapposti e giustapposti di rango inferiore, parzialmente o totalmente isolati tra loro, denominati Complessi e Sistemi di Acquiferi; le principali barriere di permeabilità sono costituite da corpi geologici decametrici a prevalente componente fine, interpretabili come sistemi deposizionali interdeltizi, di interconoide o di bacino interfluviale (fasi di disattivazione dei sistemi deposizionali) che si giustappongono ai sistemi deposizionali deltizi, di conoide alluvionale e fluviali (fasi di attivazione), ricchi in materiali grossolani.

Le conoscenze riguardo il Bacino Idrogeologico della Pianura Piacentina, integrate dai recenti studi geologici promossi dal Progetto CARG della Regione Emilia Romagna (Foglio 180 della “Carta geologica d'Italia alla scala 1:50000”), consentono di affermare che nel sottosuolo della pianura piacentina i serbatoi acquiferi si sono formati, a partire da circa un milione e mezzo di anni fa, all'interno di un sistema deposizionale di delta – conoide attribuibile a diversi “paleo fiumi” (Gruppo Acquifero C). In seguito (Pleistocene medio-superiore), gli stessi serbatoi si sono formati all'interno delle piane e delle conoidi alluvionali dei Fiumi Trebbia, Nure, Chero, Chiavenna, Arda, Ongina (Gruppi A e B).

In particolare i Gruppi Acquiferi B ed A, di origine alluvionale e risultanti della giustapposizione e sovrapposizione di differenti sistemi deposizionali, se si escludono le zone strettamente apicali di conoide, non costituiscono mai un acquifero freatico, monostrato e indifferenziato, risultando quindi molto più complessi rispetto al Gruppo C (Fig. 4).

Sulla base delle Sezioni Idrostratigrafiche contenute nel volume “Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna” (RER – ENI & AGIP, 1998) sono state delimitate le aree di ricarica dei tre Gruppi Acquiferi; in particolare si individuano:

- un'area pedecollinare, relativamente ristretta, caratterizzata da ghiaie e sabbie affioranti, che rappresenta l'area di ricarica dell'intero sistema acquifero ed in particolare del Gruppo C;
- un'area intermedia compresa tra la pedecollina e la via Emilia, in cui sono presenti zone a ghiaie affioranti, che coincide con l'area di ricarica diretta dei Gruppi A e B, attualmente sfruttati per uso idropotabile;
- un'area a nord della via Emilia, caratterizzata da potenti depositi fini argilloso-limosi, che rappresenta l'area di ricarica diretta del solo Acquifero Superficiale.

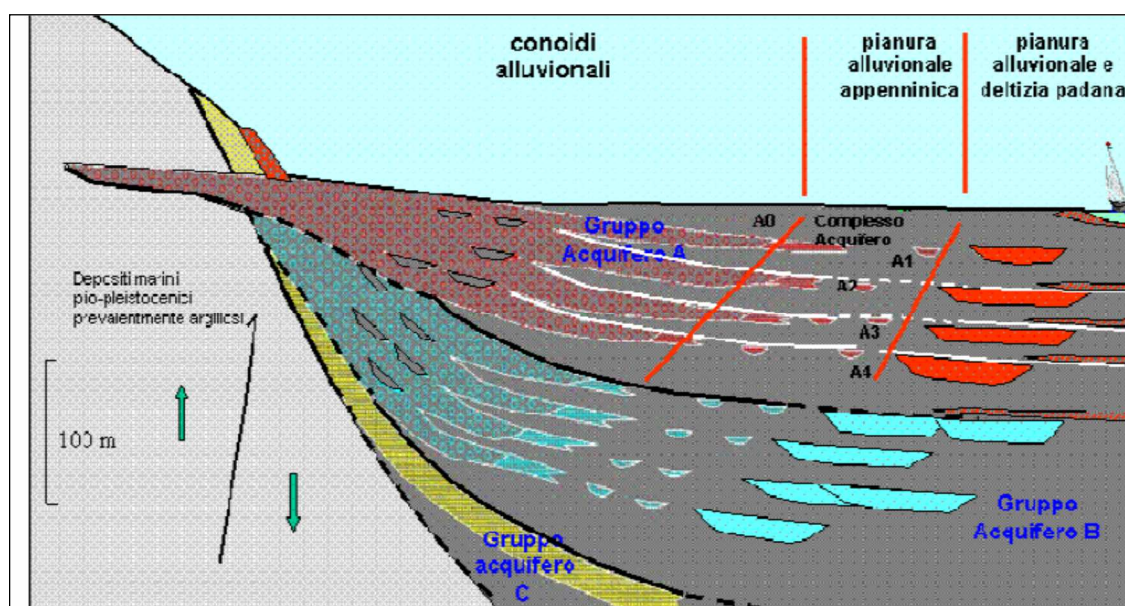


Fig. 4 - Sezione idrostratigrafica rappresentativa del Bacino Pleistocenico della Pianura Emiliano-Romagnola (tratta dagli elaborati a supporto del Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna).

L'acquifero della alta pianura piacentina risulta costituito, come già esposto in precedenza, dai depositi alluvionali di età quaternaria che, trasportati e depositati dai fiumi e torrenti appenninici, hanno nel tempo formato l'apparato sedimentario della pianura alluvionale. In particolare nell'area di studio il primo acquifero sfruttabile (A0) è costituito dai depositi ghiaiosi del T. Arda appartenenti al Subsistema di Ravenna (AES 8).

L'edificio si compone di strutture nastriformi e lentiformi interdigitate e giustapposte in modo disordinato, allungate in direzione N-S nel senso della corrente che le ha deposte e prevalentemente costituite da sedimenti clastici di granulometria eterogenea, variabile dai termini grossolani sabbioso ghiaiosi a quelli fini limo-argillosi, tipici di una sedimentazione fluviale discontinua nello spazio e nel tempo, che assicurano le condizioni di una falda superficiale avente di norma carattere confinato in relazione alla mediamente elevata potenza delle coperture fini sovrastanti ed una bassa vulnerabilità. Nella seguente figura (Fig. 5) è riportata la distribuzione media annuale della piezometria nella fascia delle conoidi compresa fra Nure e Arda dove si raggiungono i massimi valori piezometrici della Regione (120 m slm) che fanno pensare ad un'alta percentuale di materiali permeabili in grado di permettere una cospicua infiltrazione delle acque.

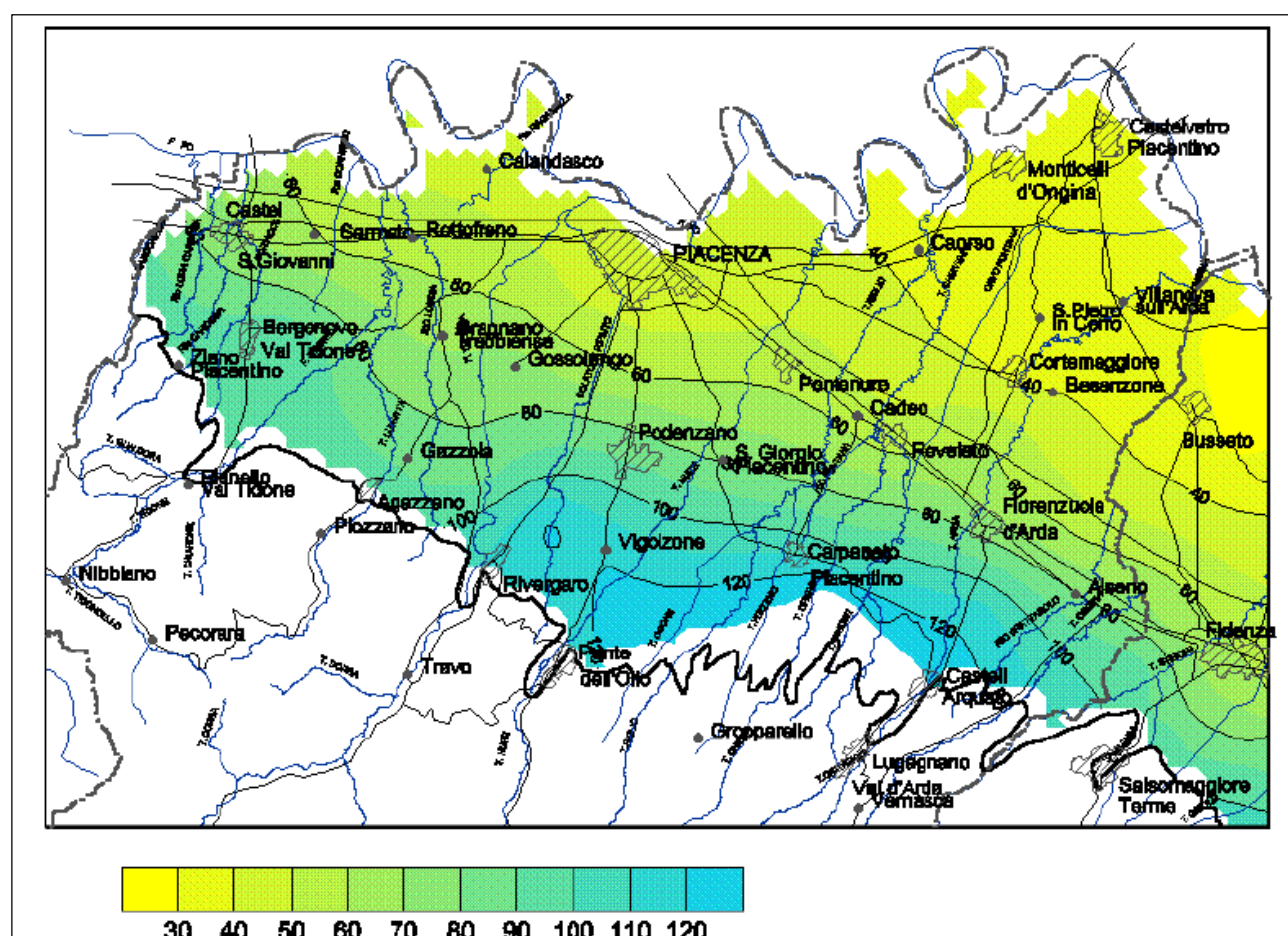


Fig. 5 - Livello piezometrico medio della pianura piacentina (tratto dalla pubblicazione "Acque sotterranee" a cura di Arpa - Sezione di Piacenza)

Nella tabella seguente sono riportati i valori del livello piezometrico della falda nei diversi punti di campionamento; tale informazione deriva dagli studi idrogeologici a corredo degli strumenti urbanistici e dai dati puntuali di pozzi censiti del data base del servizio Geologico della Regione Emilia Romagna. Tali livelli sono da ritenere mediamente rappresentativi, essendo variabili in funzione delle condizioni stagionali. Possibile è la presenza di falde sospese a carattere irregolare ed effimero che vengono attivate in occasioni di intensi e prolungati eventi meteorologici.

Campione	Livello piezometrico in m s.l.m.	Campione	Livello piezometrico in m s.l.m.	Campione	Livello piezometrico in m s.l.m.
DA 1	64	SFR 1	75	ALS 1	100
DA 2	66	SFR 2	78	CZ 1	90
DA 3	67	SFR 3	80	CZ 2	85
DA 4	68	SFR 4	85	CZ 3	80
DA 5	68.5	SFR 5	90	CZ 4	70
DA 6	70	SFR 6	95	CZ 5	55
DA 7	73.5	SFR 7	100		
DA 8	72	SFR 8	110		
DA 9	71	SFR 9	115		
DA 10	70	SFR 10	118		
DA 11	70	SFR 11	120		
DA 12	67.5	SFR 12	120		
DA 13	70	SFR 13	122		
DA 14	65	SFR 14	125		
DA 15	68	SFR 15	130		
DA 16	68				
DA 17	67.5				

Tabella 2 – Livelli piezometrici stimati in corrispondenza dei punti di campionamento.

4. INDAGINE GEOGNOSTICA

Come anticipato nell'introduzione, al fine di ottenere i parametri geotecnici del terreno in alcune aree interessate dal nuovo progetto e ritenute di particolare interesse, poiché oggetto di interventi provvisori di scavo e contrasto, sono state eseguite n. 6 prove penetrometriche in assetto statico/dinamico.

Le prove penetrometriche statiche CPT sono state realizzate impiegando un penetrometro "Pagani" semovente in grado di effettuare sia prove in assetto statico che dinamico. Le prove in assetto statico sono state eseguite con penetrometro da 100 kN, munito di punta meccanica "Friction Jacket Cone" avente le seguenti caratteristiche:

- diametro $\varnothing = 35.7 \text{ mm}$
- area trasversale alla punta = 10 cm^2
- angolo alla punta = 60°
- area del manicotto laterale = 150 cm^2 .

L'esecuzione delle prove è avvenuta secondo le modalità previste dalle Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana (AGI), facendo penetrare verticalmente la punta nel terreno alla

velocità di 2 cm/s e rilevando ogni 20 cm di avanzamento il valore di resistenza alla punta (RP) e il valore di resistenza alla punta + resistenza laterale (RP + RL).

Le prove CPT 1 e CPT 2 hanno raggiunto il rifiuto strumentale, causa l'intercettazione di un livello ghiaioso estremamente compatto.

La litologia prevalente è stata individuata mediante il metodo di Schmertmann confrontando la resistenza alla punta con il rapporto di frizione (RL/RP)

Le prove in assetto dinamico sono state eseguite con attrezzatura avente le seguenti caratteristiche:

- peso maglio = 63,5 kg
- altezza di caduta = 0,75 m
- angolo di apertura della punta conica = 90°
- area della punta = 20 cm²
- peso aste = 8,0 kg/m

La prova è avvenuta rilevando il numero di colpi necessari per avanzamenti della punta pari a cm 30.

Le prove sono state spinte in profondità sino all'intercettazione di un substrato ad elevata resistenza, che ne ha determinato l'arresto in seguito al raggiungimento delle condizioni di rifiuto strumentale all'avanzamento. Le profondità raggiunte sono le seguenti profondità:

Prova	Profondità (m da p.c.)
CPT1	-1.2
CPT2	-9.0
CPT3	-9.80
CPT4	-9.40
DPSH 1	-4.20
DPSH 5	-1.8

In particolare dopo il raggiungimento del rifiuto della prova CPT 1 a soli 1.2 m da p.c. si è ripetuta la prova in assetto dinamico DPSH 1.

I tabulati e i relativi diagrammi delle prove penetrometriche sono riportati in Allegato A.

Sulla base dei risultati delle indagini in sito e dalle analisi statistiche effettuate, è possibile individuare i parametri rappresentativi del comportamento geotecnico dei terreni nei diversi punti di prova e riassunti nelle seguenti tabelle:

DPSH 1									
Livello	Litologia	Comportamento	Profondità		γ (kN/m ³)	Su (kpa)	ϕ' (°)	c' (kpa)	M (Mpa)
			da (m)	a (m)					
O	Limo argilloso	Coesivo	0,00	0,9	18,5	26	18-20	10	2,5
A	Ghiaia	Granulare	0,9	4,2*	21	-	37-38		45

CPT 2									
Livello	Litologia	Comportamento	Profondità		γ (kN/m ³)	Su (kpa)	ϕ' (°)	c' (kpa)	M (Mpa)
			da (m)	a (m)					
O	Limo argilloso compatto	Coesivo	0,00	1,2	18,4	133	20-22	17	7
A	Limo argilloso molto compatto	Coesivo	1,2	4,6	19,3	285	22-24	37	13
B	Limo argilloso compatto	Coesivo	4,6	6,4	18,1	94	20-22	12	5
C	Limo argilloso molto compatto	Coesivo	6,4	8,0	21	253	22-24	65	22
D	Ghiaia	Granulare	8,0	9,0*	20		38-40		40

CPT 3									
Livello	Litologia	Comportamento	Profondità		γ (kN/m ³)	Su (kpa)	ϕ' (°)	c' (kpa)	M (Mpa)
			da (m)	a (m)					
O	Limo argilloso compatto	Coesivo	0,00	0,6	18,3	130	20-22	16	6
A	Limo argilloso molto compatto	Coesivo	0,6	4,4	19,3	270	22-24	35	14
B	Limo argilloso compatto	Coesivo	4,4	6,8	18,3	120	20-22	16	7
C	Limo argilloso molto compatto	Coesivo	6,8	7,8	18,9	200	22-24	26	10
D	Limo argilloso compatto	Coesivo	7,8	8,4	18,3	120	20-22	15	6
E	Ghiaia	Granulare	8,4	9,8*	20	-	38-40		40

CPT 4									
Livello	Litologia	Comportamento	Profondità		γ (kN/m ³)	Su (kpa)	ϕ' (°)	c' (kpa)	M (Mpa)
			da (m)	a (m)					
O	Limo argilloso compatto	Coesivo	0,00	3,6	18,3	112	20-22	16	6
A	Limo argilloso medio	Coesivo	3,6	5,6	17,9	70	18-20	9	5
B	Limo argilloso compatto	Coesivo	5,6	8,4	18,1	100	20-22	13	6
C	Ghiaia	Granulare	8,4	9,4*	20	-	38-40		40

DPSH 5									
Livello	Litologia	Comportamento	Profondità		γ (kN/m ³)	Su (kpa)	ϕ' (°)	c' (kpa)	M (Mpa)
			da (m)	a (m)					
O	Limo argilloso	Coesivo	0,00	0,6	18,5	35	18-20	16	3
A	Ghiaia	Granulare	0,6	1,8*	21	-	37-38		45

*Profondità raggiunta dalle prove penetrometriche

Dove:

- γ = Valore medio del peso di volume;
 Su = Valore medio della resistenza al taglio in condizioni non drenate;
 ϕ' = Valore medio angolo di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci;
 C' = Valore medio della coesione drenata;
 M = Valore medio del modulo edometrico.

5. CONCLUSIONI

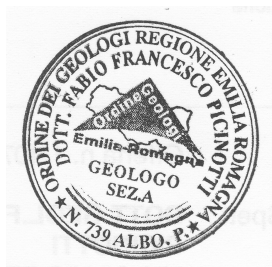
In ordine alle risultanze dell'indagine condotta e alle analisi chimiche effettuate, ai dati acquisiti relativi all'assetto litostratigrafico ed alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni del sottosuolo, si esprimono le seguenti considerazioni in merito alle verifiche effettuate.

Sulla base delle considerazioni esposte nei capitoli precedenti risulta che:

- i terreni oggetto di campionamento e che saranno oggetto di scavo e movimentazione presentano, relativamente ai parametri analizzati, valori sempre al di sotto dei limiti di legge;
- i terreni oggetto di campionamento e che saranno oggetto di scavo e movimentazione hanno una natura prevalentemente coesiva, limosa e limoso argillosa; in alcuni tratti, specialmente in zona di conoide alluvionale aumenta la componente ghiaiosa;
- dal punto di vista geotecnico i terreni coesivi presentano discrete caratteristiche di compattezza e resistenza; le prove penetrometriche realizzate hanno messo in luce in tre aree (corrispondenti alle prove CPT 2-3-4) la presenza di ghiaie ad una profondità compresa tra 8-10 m da p.c.; solo nella prova CPT1 le ghiaie sono presenti a profondità inferiori a 1 m da p.c.;
- nel caso in cui i terreni vengano riutilizzati in un altro sito sarà necessaria l'applicazione del art. 41 bis della legge 98/2013; tale articolo prevede che, in deroga a quanto previsto dal regolamento 161/2012, i materiali da scavo di cui all'articolo 1, comma 1, lettera b), del citato regolamento ("materiali da scavo: il suolo o sottosuolo, con eventuali presenze di riporto, derivanti dalla realizzazione di un'opera"), prodotti nel corso di attività ed interventi autorizzati in base alle norme vigenti, sono sottoposti al regime di cui all'articolo 184-bis del decreto legislativo n. 152 del 2006, e successive modificazioni ("cioè sono trattati come sottoprodotti"), se il produttore dimostra:
 - a) che è certa la destinazione all'utilizzo direttamente presso uno o più siti o cicli produttivi determinati;
 - b) che, in caso di destinazione a recuperi, ripristini, rimodellamenti, riempimenti ambientali o altri utilizzi sul suolo, non sono superati i valori delle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B della tabella 1 dell'allegato 5 alla parte IV del decreto legislativo n. 152 del 2006, con riferimento alle caratteristiche delle matrici ambientali e alla destinazione d'uso urbanistica del sito di destinazione e i materiali non costituiscono fonte di contaminazione diretta o indiretta per le acque sotterranee, fatti salvi i valori di fondo naturale;
 - c) che, in caso di destinazione ad un successivo ciclo di produzione, l'utilizzo non determina rischi per la salute né variazioni qualitative o quantitative delle emissioni rispetto al normale utilizzo delle materie prime;

d) che ai fini di cui alle lettere b) e c) non è necessario sottoporre i materiali da scavo ad alcun preventivo trattamento, fatte salve le normali pratiche industriali e di cantiere

Parma, Aprile 2017



Dott. Geol. Fabio F. Picinotti

Fabio F. Picinotti

BIBLIOGRAFIA

- BRUSCHI A., (2010): PROVE GEOTECNICHE IN SITU. DARIO FLACCOVIO EDITORE
- BRUSCHI A., (2012): INTERPRETAZIONE DI PROVE GEOTECNICHE IN SITU. DARIO FLACCOVIO EDITORE
- CESTARI F. (1996): PROVE GEOTECNICHE IN SITO. GEO-GRAPH S.N.C.
- COMUNE DI ALSENO: PSC 2010, RELAZIONE GEOLOGICA, RELAZIONE SISMICA
- LAMBE & WHITMAN (1997): MECCANICA DEI TERRENI; DARIO FLACCOVIO EDITORE
- LANCELLOTTA R., (1987): GEOTECNICA. ZANICHELLI
- MEYERHOF G.G. (1951): THE ULTIMATE BEARING CAPACITY OF FOUNDATIONS. GEOTECHNIQUE, 2, PP. 301-332.
- P.K. ROBERTSON & K.L. CABAL (2010): GUIDE TO CONE PENETRATION TEST FOR GEOENVIRONMENTAL ENGINEERING
- P.K. ROBERTSON (2012): INTERPRETATION OF IN-SITU TEST – SOME INSIGHTS (MITCHELL LECTURE 2012)
- SERVIZIO GEOLOGICO SISMICO E DEI SUOLI DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA – (2005): CARTA GEOLOGICA D'ITALIA ALLA SCALA 1:50000 – FOGLI 180, 199, 181, 200 E 201.
- SERVIZIO GEOLOGICO SISMICO E DEI SUOLI DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA – (1994). I SUOLI DELL'EMILIA ROMAGNA - CARTA 1:250.000.
- TERZAGHI K., PECK R.B. (1967): SOIL MECHANICS IN ENGINEERING PRACTICE, JOHN WILEY & SONS, NEW YORK.
- DM 152/2006 TESTO UNICO AMBIENTALE

ALLEGATI

Allegato A: Elaborazione prove penetrometriche

CPT 1

Località: Fiorenzuola - Lusurasco

Parametri geotecnici

Rp = resistenza alla punta (Kg/cm2)

Rl = resistenza laterale (Kg/cm2)

FR = Rl/Rp (Kg/cm2)

Z = prof. max del tratto indagato dal penetrom.

quota p.c.: m s.l.m.

falda: da p.c.

Parametri geotecnici stimati

g= peso di volume (t/m3)

Pv = pres. vert. efficace (Kg/cm2)

u = pres. neutra (Kg/cm2)

E = modulo di deform. (Kg/cm2)

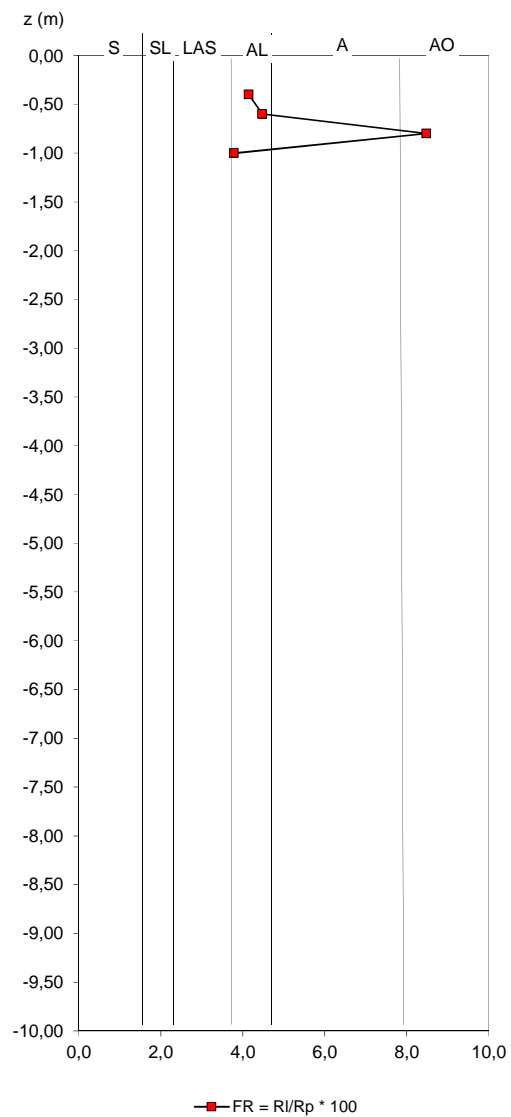
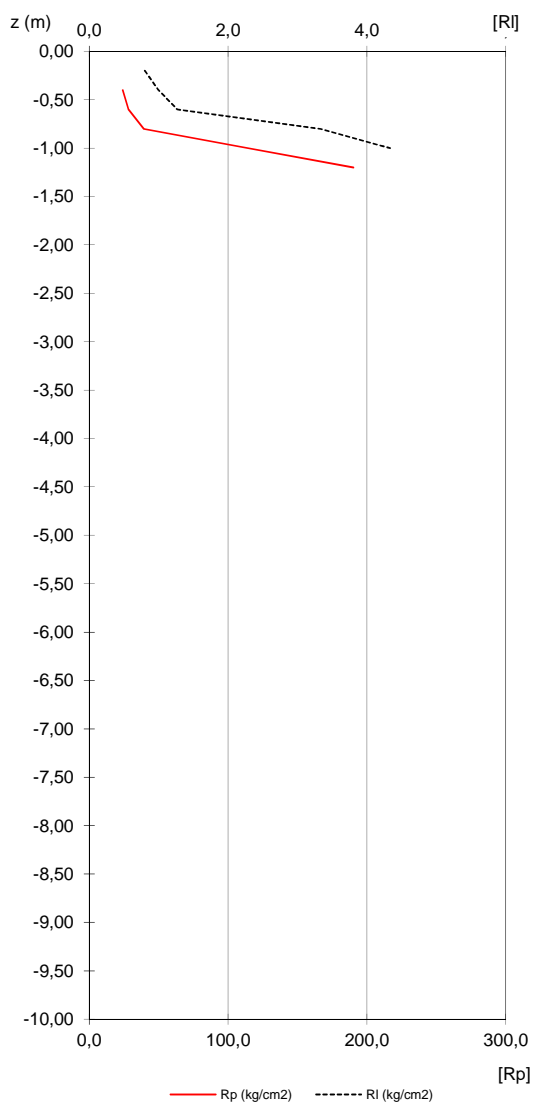
OCR = grado di sovracc. (%)

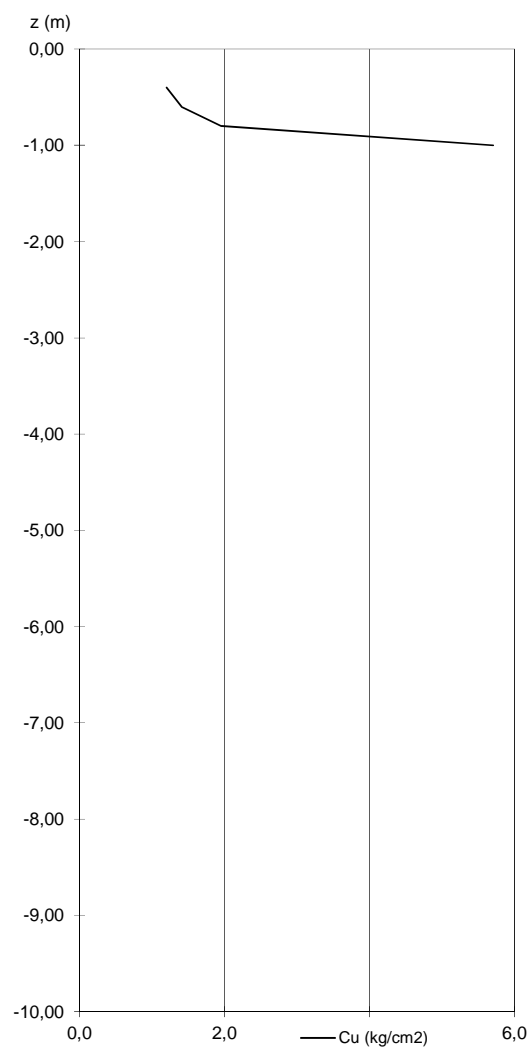
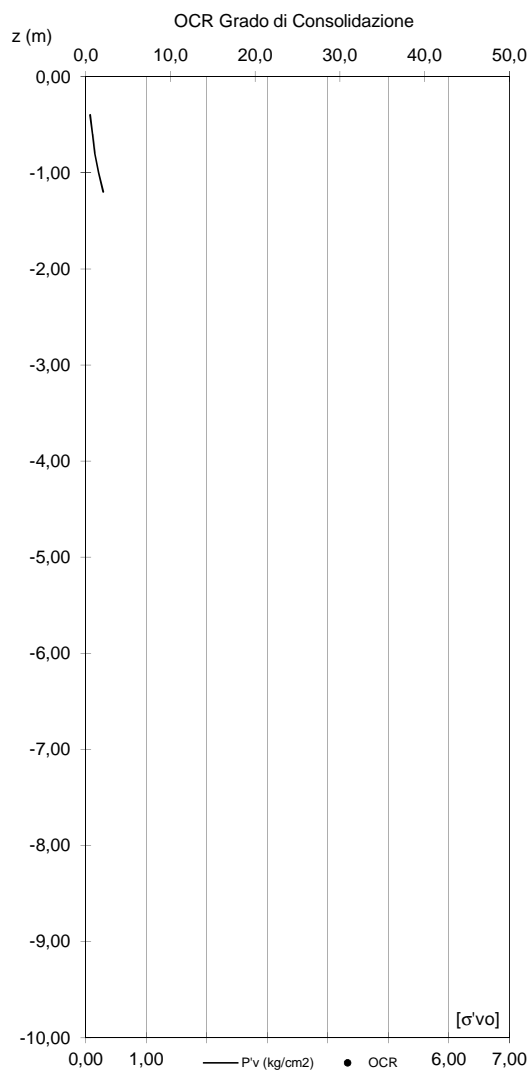
Cu = coesione non drenata (Kg/cm2)

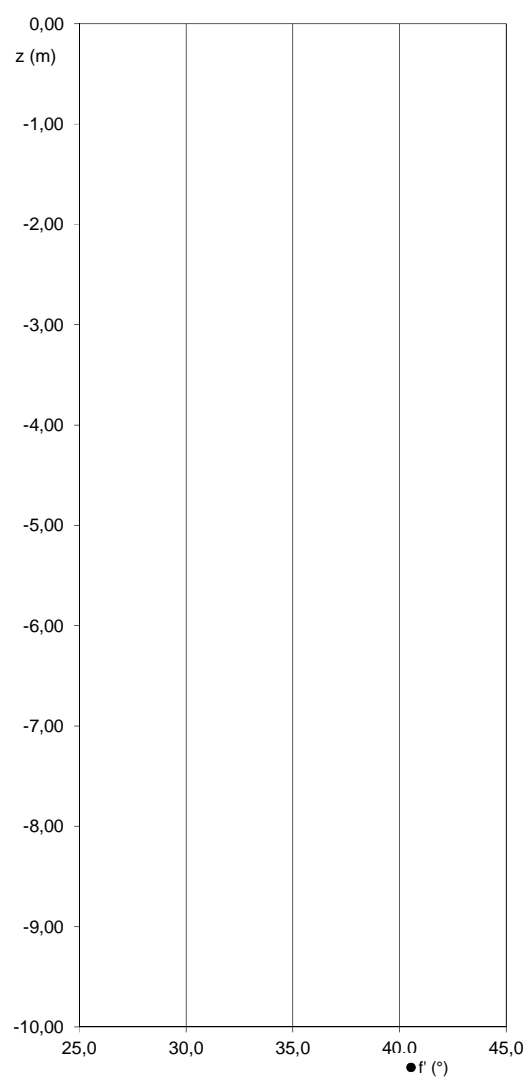
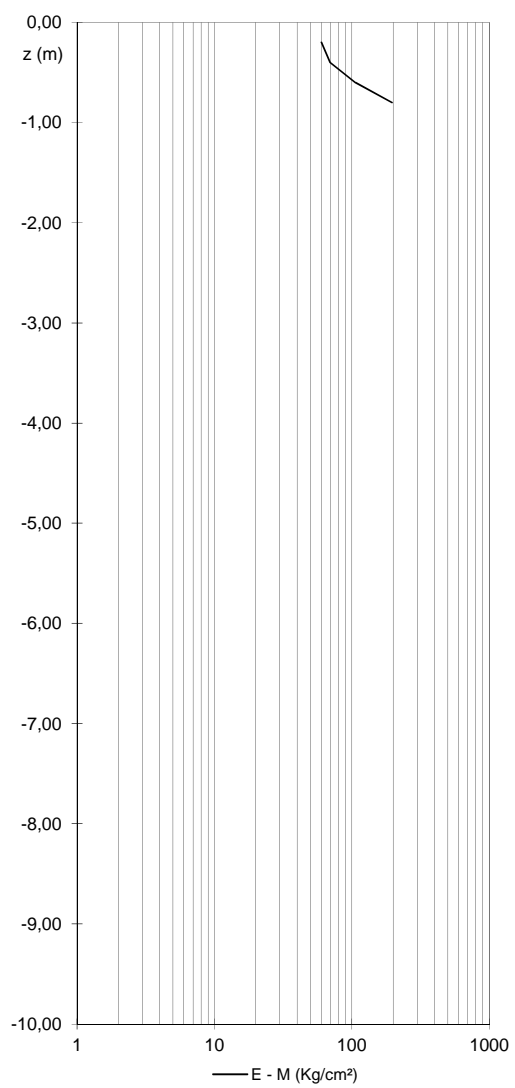
Fi = angolo di attrito (°)

data prova: 12/04/2017

z	Rp	Rl	FR	g	Pv	u	Cu	OCR	E - M	Fi	Gmax	Litologia
-0,2		0,8										
-0,4	24,1	1,0	4,1	1,83	0,07	0,00	1,2	50,0	60	0,00	-	argilla
-0,6	28,3	1,3	4,5	1,84	0,11	0,00	1,4	50,0	70	0,00	-	argilla
-0,8	39,3	3,3	8,5	1,88	0,15	0,00	2,0	50,0	106	0,00	-	argilla organica
-1,0	114,3	4,3	3,8	2,14	0,21	0,00	5,7	50,0	196	0,00	-	argilla limosa
-1,2	190,3			2,41	0,29	0,00						







CPT 2

Località: Fiorenzuola

Parametri geotecnici

Rp = resistenza alla punta (Kg/cm2)

RI = resistenza laterale (Kg/cm2)

FR = RI/Rp (Kg/cm2)

Parametri geotecnici stimati

g= peso di volume (t/m3)

P'v = pres. vert. efficace (Kg/cm2)

u = pres. neutra (Kg/cm2)

E = modulo di deform. (Kg/cm2)

OCR = grado di sovracc. (°)

Cu = coesione non drenata (Kg/cm2)

Fi = angolo di attrito (°)

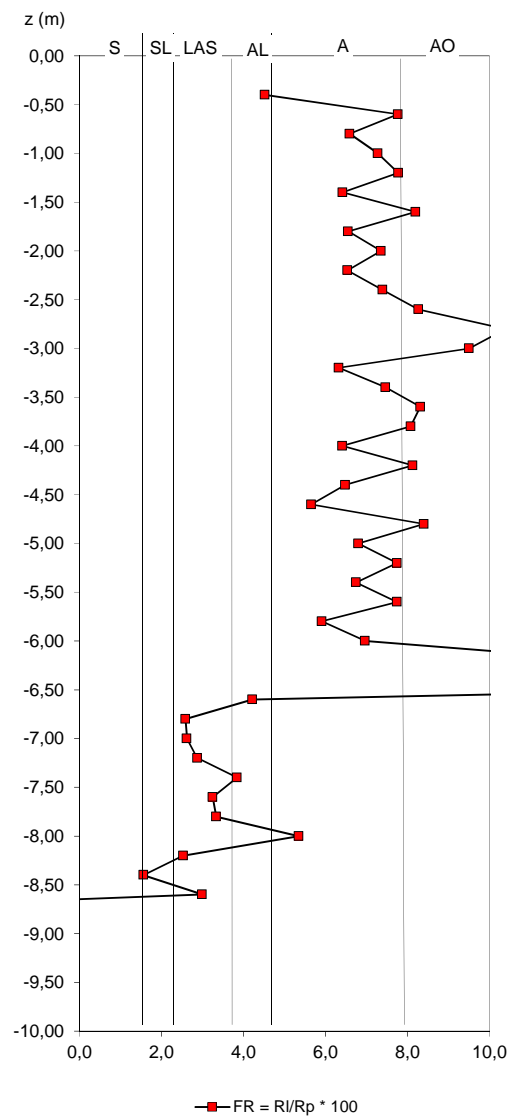
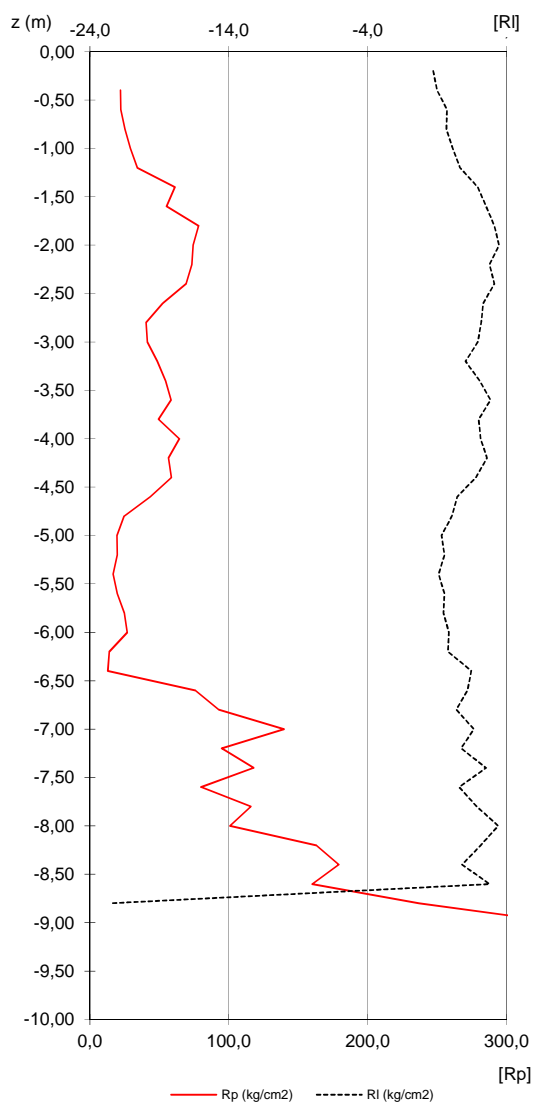
Z = prof. max del tratto indagato dal penetrom.

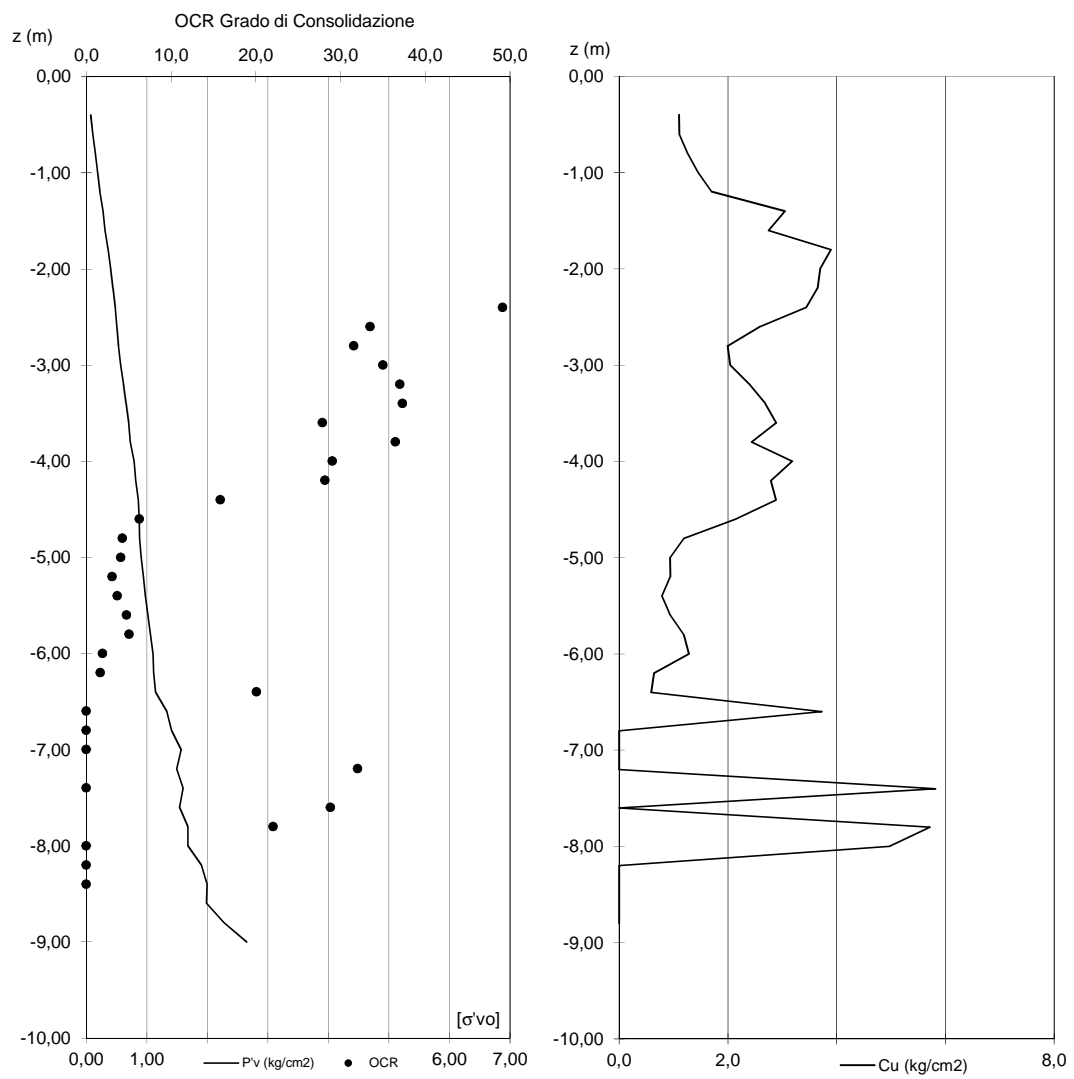
quota p.c.: m s.l.m.

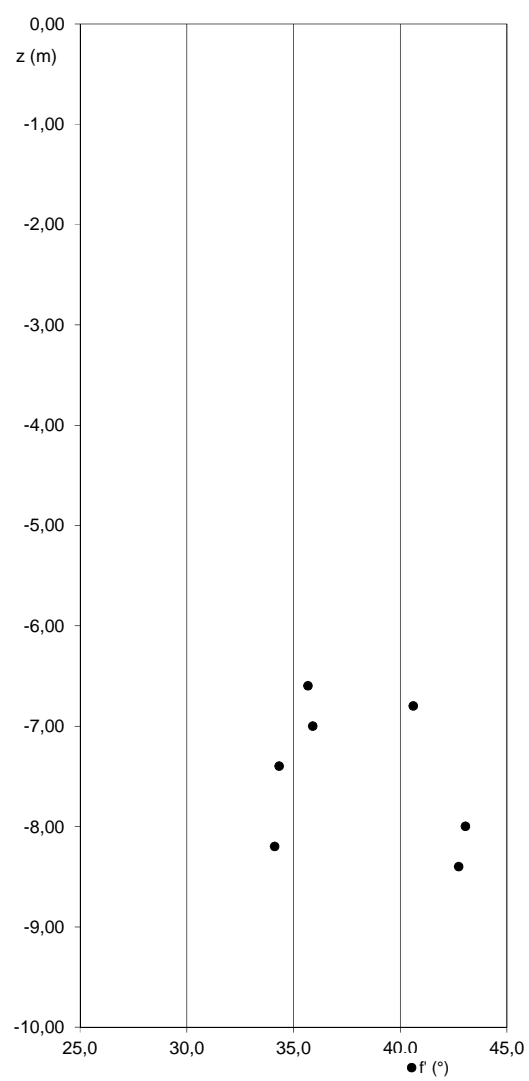
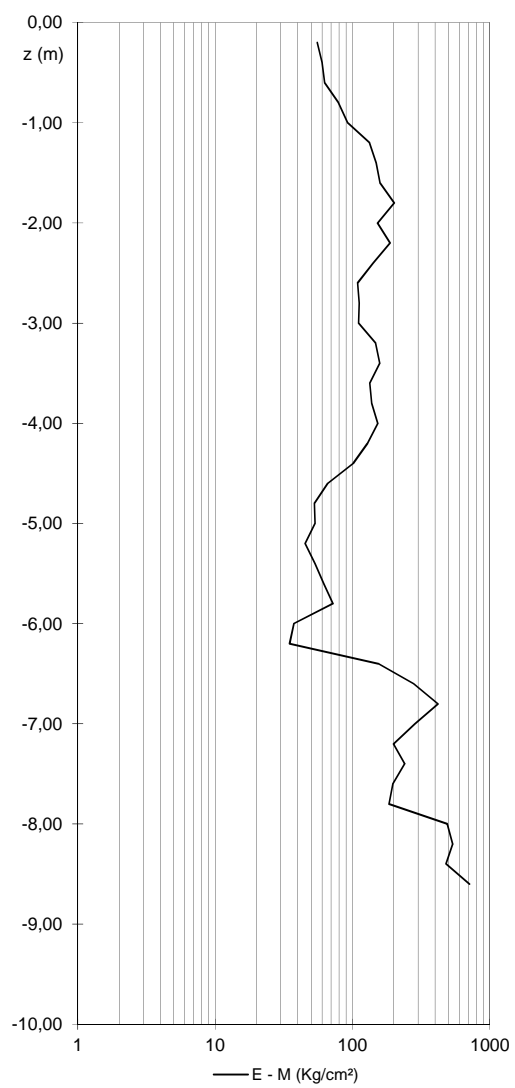
falda: da p.c.

data prova: 12/04/2017

z	Rp	RI	FR	g	P'v	u	Cu	OCR	E - M	Fi	Gmax	Litologia
-0,2		0,7										
-0,4	22,1	1,0	4,5	1,82	0,07	0,00	1,1	50,0	56	0,0	-	argilla
-0,6	22,3	1,7	7,8	1,82	0,11	0,00	1,1	50,0	60	0,0	-	argilla organica
-0,8	25,3	1,7	6,6	1,83	0,15	0,00	1,3	50,0	63	0,0	-	argilla
-1,0	29,3	2,1	7,3	1,84	0,18	0,00	1,5	50,0	79	0,0	-	argilla organica
-1,2	34,3	2,7	7,8	1,86	0,22	0,00	1,7	50,0	93	0,0	-	argilla organica
-1,4	61,3	3,9	6,4	1,96	0,27	0,00	3,1	50,0	133	0,0	-	argilla
-1,6	55,3	4,5	8,2	1,94	0,31	0,00	2,7	50,0	149	0,0	-	argilla organica
-1,8	78,3	5,1	6,6	2,02	0,36	0,00	3,9	50,0	159	0,0	-	argilla
-2,0	74,3	5,5	7,4	2,00	0,40	0,00	3,7	50,0	201	0,0	-	argilla organica
-2,2	73,4	4,8	6,5	2,00	0,44	0,00	3,6	50,0	152	0,0	-	argilla
-2,4	69,4	5,1	7,4	1,99	0,48	0,00	3,4	50,0	187	0,0	-	argilla organica
-2,6	52,4	4,3	8,3	1,93	0,50	0,00	2,6	49,1	141	0,0	-	argilla organica
-2,8	40,4	4,2	10,4	1,88	0,53	0,00	2,0	33,5	109	0,0	-	argilla organica
-3,0	41,4	3,9	9,5	1,89	0,57	0,00	2,0	31,6	112	0,0	-	argilla organica
-3,2	48,5	3,1	6,3	1,91	0,61	0,00	2,4	35,0	111	0,0	-	argilla
-3,4	54,5	4,1	7,5	1,93	0,66	0,00	2,7	37,0	147	0,0	-	argilla organica
-3,6	58,5	4,9	8,3	1,95	0,70	0,00	2,9	37,3	158	0,0	-	argilla organica
-3,8	49,5	4,0	8,1	1,92	0,73	0,00	2,4	27,8	134	0,0	-	argilla organica
-4,0	64,5	4,1	6,4	1,97	0,79	0,00	3,2	36,5	138	0,0	-	argilla
-4,2	56,6	4,6	8,1	1,94	0,82	0,00	2,8	29,0	153	0,0	-	argilla organica
-4,4	58,6	3,8	6,5	1,95	0,86	0,00	2,9	28,2	129	0,0	-	argilla
-4,6	43,6	2,5	5,7	1,90	0,87	0,00	2,1	15,8	101	0,0	-	argilla
-4,8	24,6	2,1	8,4	1,83	0,88	0,00	1,2	6,2	66	0,0	-	argilla organica
-5,0	19,6	1,3	6,8	1,81	0,91	0,00	0,9	4,2	53	0,0	-	argilla organica
-5,2	19,8	1,5	7,7	1,81	0,94	0,00	0,9	4,1	53	0,0	-	argilla organica
-5,4	16,8	1,1	6,7	1,80	0,97	0,00	0,8	3,0	45	0,0	-	argilla organica
-5,6	19,8	1,5	7,7	1,81	1,01	0,00	0,9	3,6	53	0,0	-	argilla organica
-5,8	24,8	1,5	5,9	1,83	1,06	0,00	1,2	4,8	62	0,0	-	argilla
-6,0	26,8	1,9	7,0	1,84	1,10	0,00	1,3	5,0	72	0,0	-	argilla organica
-6,2	13,9	1,8	12,9	1,79	1,11	0,00	0,6	1,9	38	0,0	-	argilla organica
-6,4	12,9	3,5	26,9	1,79	1,14	0,00	0,6	1,6	35	0,0	-	argilla organica
-6,6	75,9	3,2	4,2	2,01	1,33	0,00	3,7	20,1	155	0,0	-	argilla
-6,8	92,9	2,4	2,6	2,07	1,41	0,00	0,0	-	279	35,7	-	limo argillo-sabbioso
-7,0	139,9	3,7	2,6	2,23	1,56	0,00	0,0	-	420	40,6	-	limo argillo-sabbioso
-7,2	95,0	2,7	2,9	2,08	1,50	0,00	0,0	-	285	35,9	-	limo argillo-sabbioso
-7,4	118,0	4,5	3,8	2,16	1,60	0,00	5,8	32,0	198	0,0	-	argilla limosa
-7,6	80,0	2,6	3,3	2,02	1,54	0,00	0,0	-	240	34,3	-	limo argillo-sabbioso
-7,8	116,0	3,9	3,3	2,15	1,68	0,00	5,7	28,8	197	0,0	-	argilla limosa
-8,0	101,0	5,4	5,3	2,10	1,68	0,00	5,0	22,0	185	0,0	-	argilla
-8,2	163,2	4,1	2,5	2,32	1,90	0,00	0,0	-	490	43,1	-	limo argillo-sabbioso
-8,4	179,2	2,8	1,6	2,37	1,99	0,00	0,0	-	538	34,1	1187	sabbia
-8,6	160,2	4,8	3,0	2,31	1,98	0,00	0,0	-	481	42,8	-	limo argillo-sabbioso
-8,8	237,2			2,58	2,27	0,00						
-9,0	340,2			2,94	2,65	0,00						







CPT 3

Località: Fiorenzuola

Parametri geotecnici

Rp = resistenza alla punta (Kg/cm2)

RI = resistenza laterale (Kg/cm2)

FR = RI/Rp (Kg/cm2)

Parametri geotecnici stimati

g= peso di volume (t/m3)

P'v = pres. vert. efficace (Kg/cm2)

u = pres. neutra (Kg/cm2)

E = modulo di deform. (Kg/cm2)

OCR = grado di sovraccarico (°)

Cu = coesione non drenata (Kg/cm2)

Fi = angolo di attrito (°)

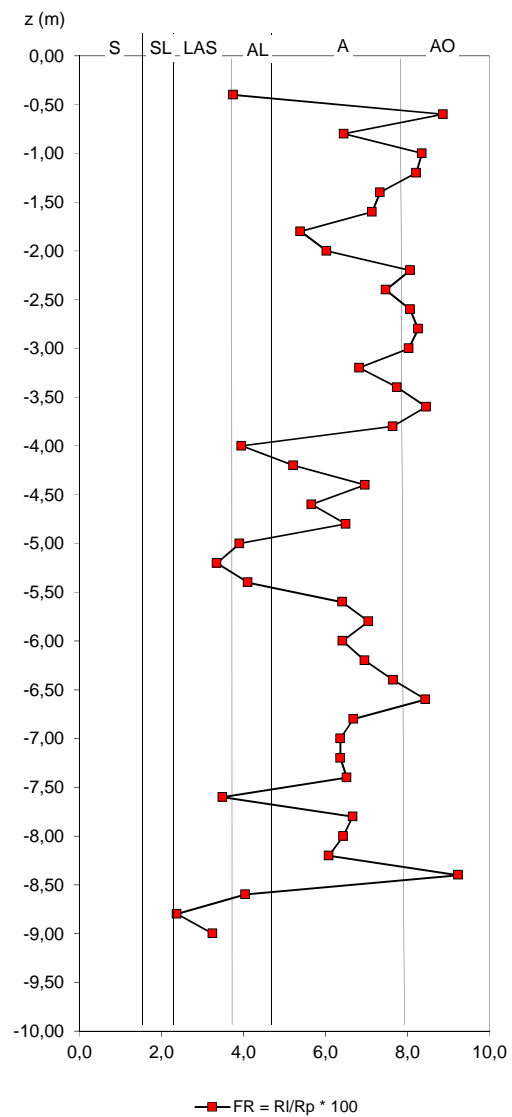
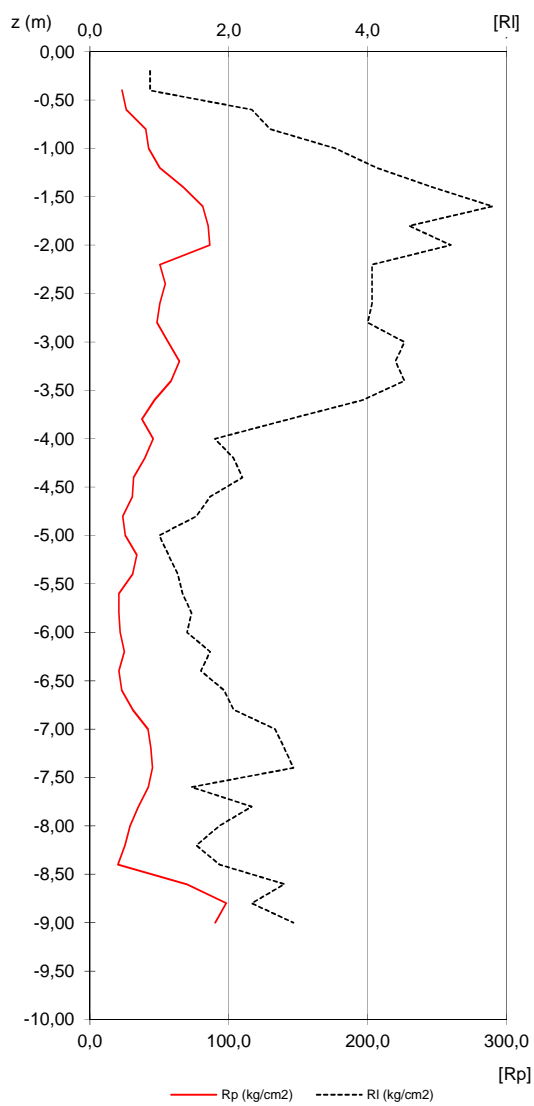
Z = prof. max del tratto indagato dal penetrom.

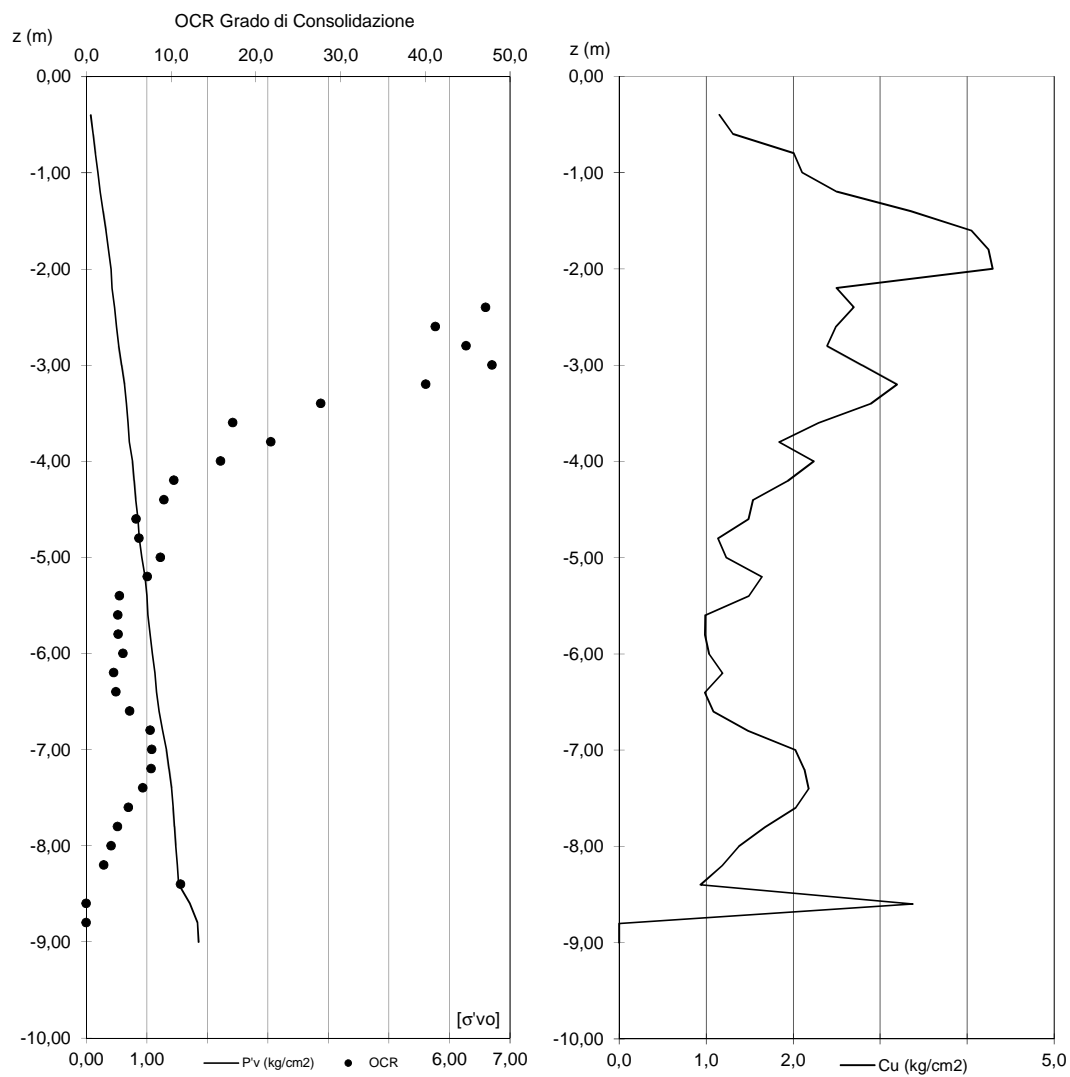
quota p.c.: m s.l.m.

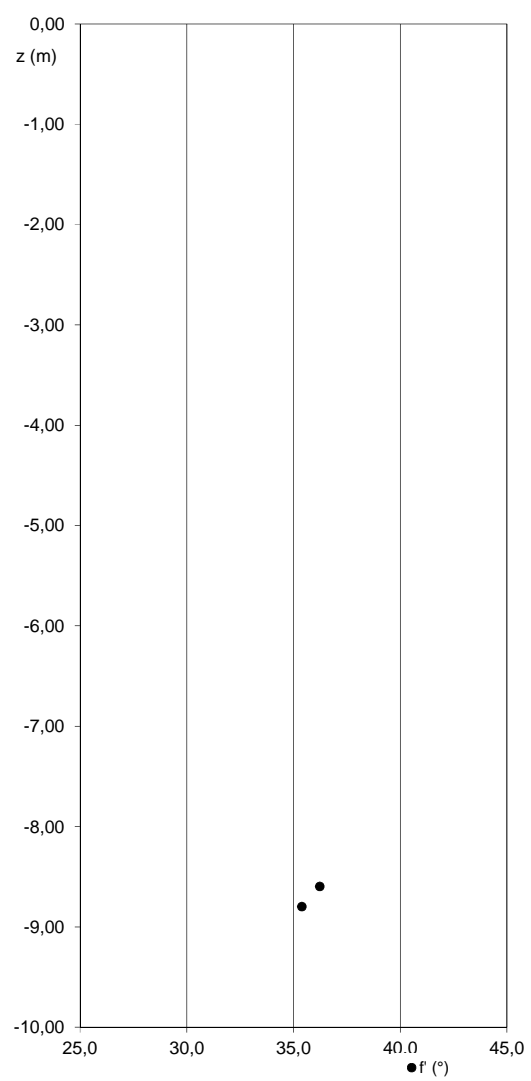
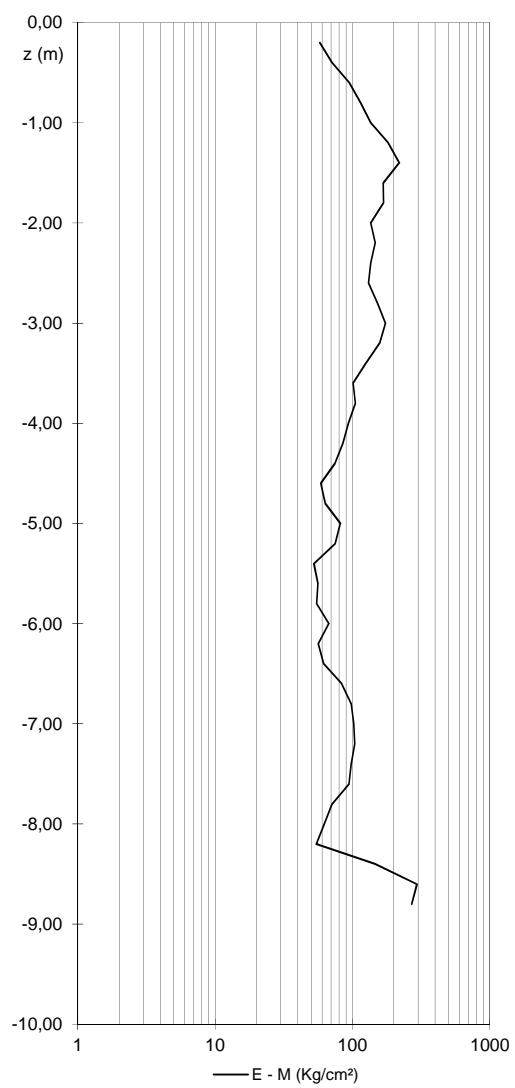
falda: da p.c.

data prova: 12/04/2017

z	Rp	RI	FR	g	P'v	u	Cu	OCR	E - M	Fi	Gmax	Litologia
-0,2		0,9										
-0,4	23,1	0,9	3,8	1,82	0,07	0,00	1,2	50,0	58	0,0	-	argilla limosa
-0,6	26,3	2,3	8,9	1,83	0,11	0,00	1,3	50,0	71	0,0	-	argilla organica
-0,8	40,3	2,6	6,5	1,88	0,15	0,00	2,0	50,0	95	0,0	-	argilla
-1,0	42,3	3,5	8,4	1,89	0,19	0,00	2,1	50,0	114	0,0	-	argilla organica
-1,2	50,3	4,1	8,2	1,92	0,23	0,00	2,5	50,0	136	0,0	-	argilla organica
-1,4	67,3	4,9	7,3	1,98	0,28	0,00	3,4	50,0	182	0,0	-	argilla organica
-1,6	81,3	5,8	7,1	2,03	0,32	0,00	4,0	50,0	220	0,0	-	argilla organica
-1,8	85,3	4,6	5,4	2,04	0,37	0,00	4,2	50,0	168	0,0	-	argilla
-2,0	86,3	5,2	6,0	2,05	0,41	0,00	4,3	50,0	169	0,0	-	argilla
-2,2	50,4	4,1	8,1	1,92	0,42	0,00	2,5	50,0	136	0,0	-	argilla organica
-2,4	54,4	4,1	7,5	1,93	0,46	0,00	2,7	50,0	147	0,0	-	argilla organica
-2,6	50,4	4,1	8,1	1,92	0,50	0,00	2,5	47,1	136	0,0	-	argilla organica
-2,8	48,4	4,0	8,3	1,91	0,54	0,00	2,4	41,2	131	0,0	-	argilla organica
-3,0	56,4	4,5	8,0	1,94	0,58	0,00	2,8	44,8	152	0,0	-	argilla organica
-3,2	64,5	4,4	6,8	1,97	0,63	0,00	3,2	47,9	174	0,0	-	argilla organica
-3,4	58,5	4,5	7,7	1,95	0,66	0,00	2,9	40,1	158	0,0	-	argilla organica
-3,6	46,5	3,9	8,5	1,91	0,69	0,00	2,3	27,7	126	0,0	-	argilla organica
-3,8	37,5	2,9	7,6	1,87	0,71	0,00	1,8	17,3	101	0,0	-	argilla organica
-4,0	45,5	1,8	4,0	1,90	0,76	0,00	2,2	21,8	105	0,0	-	argilla limosa
-4,2	39,6	2,1	5,2	1,88	0,79	0,00	1,9	15,9	93	0,0	-	argilla
-4,4	31,6	2,2	7,0	1,85	0,82	0,00	1,5	10,3	85	0,0	-	argilla organica
-4,6	30,6	1,7	5,7	1,85	0,85	0,00	1,5	9,2	75	0,0	-	argilla
-4,8	23,6	1,5	6,5	1,82	0,88	0,00	1,1	5,9	59	0,0	-	argilla
-5,0	25,6	1,0	3,9	1,83	0,92	0,00	1,2	6,2	64	0,0	-	argilla limosa
-5,2	33,8	1,1	3,4	1,86	0,97	0,00	1,6	8,8	81	0,0	-	argilla limosa
-5,4	30,8	1,3	4,1	1,85	1,00	0,00	1,5	7,2	75	0,0	-	argilla
-5,6	20,8	1,3	6,4	1,81	1,02	0,00	1,0	3,9	52	0,0	-	argilla
-5,8	20,8	1,5	7,1	1,81	1,05	0,00	1,0	3,7	56	0,0	-	argilla organica
-6,0	21,8	1,4	6,4	1,82	1,09	0,00	1,0	3,8	55	0,0	-	argilla
-6,2	24,9	1,7	7,0	1,83	1,13	0,00	1,2	4,3	67	0,0	-	argilla organica
-6,4	20,9	1,6	7,7	1,81	1,16	0,00	1,0	3,2	56	0,0	-	argilla organica
-6,6	22,9	1,9	8,4	1,82	1,20	0,00	1,1	3,5	62	0,0	-	argilla organica
-6,8	30,9	2,1	6,7	1,85	1,26	0,00	1,5	5,1	83	0,0	-	argilla organica
-7,0	41,9	2,7	6,4	1,89	1,32	0,00	2,0	7,5	98	0,0	-	argilla
-7,2	44,0	2,8	6,4	1,90	1,37	0,00	2,1	7,7	102	0,0	-	argilla
-7,4	45,0	2,9	6,5	1,90	1,41	0,00	2,2	7,6	104	0,0	-	argilla
-7,6	42,0	1,5	3,5	1,89	1,44	0,00	2,0	6,7	98	0,0	-	argilla limosa
-7,8	35,0	2,3	6,7	1,86	1,45	0,00	1,7	5,0	95	0,0	-	argilla organica
-8,0	29,0	1,9	6,4	1,84	1,47	0,00	1,4	3,7	71	0,0	-	argilla
-8,2	25,2	1,5	6,1	1,83	1,50	0,00	1,2	2,9	63	0,0	-	argilla
-8,4	20,2	1,9	9,2	1,81	1,52	0,00	0,9	2,1	55	0,0	-	argilla organica
-8,6	69,2	2,8	4,0	1,99	1,71	0,00	3,4	11,1	146	0,0	-	argilla
-8,8	98,2	2,3	2,4	2,09	1,84	0,00	0,0	-	295	36,2	-	limo argillo-sabbioso
-9,0	90,2	2,9	3,3	2,06	1,85	0,00	0,0	-	271	35,4	-	limo argillo-sabbioso
-9,2	137,3	3,5	2,6	2,23	2,05	0,00	0,0	-	412	40,3	-	limo argillo-sabbioso
-9,4	187,3	7,9	4,2	2,40	2,26	0,00	9,3	37,0	562	0,0	-	argilla
-9,6	229,3	3,1	1,3	2,55	2,45	0,00	0,0	-	688	34,7	1380	sabbia
-9,8	195,3			2,43	2,38	0,00						







CPT 4

Località: Fiorenzuola

Parametri geotecnici

Rp = resistenza alla punta (Kg/cm2)

RI = resistenza laterale (Kg/cm2)

FR = RI/Rp (Kg/cm2)

Parametri geotecnici stimati

g= peso di volume (t/m3)

P'v = pres. vert. efficace (Kg/cm2)

u = pres. neutra (Kg/cm2)

E = modulo di deform. (Kg/cm2)

OCR = grado di sovraccarico (°)

Cu = coesione non drenata (Kg/cm2)

Fi = angolo di attrito (°)

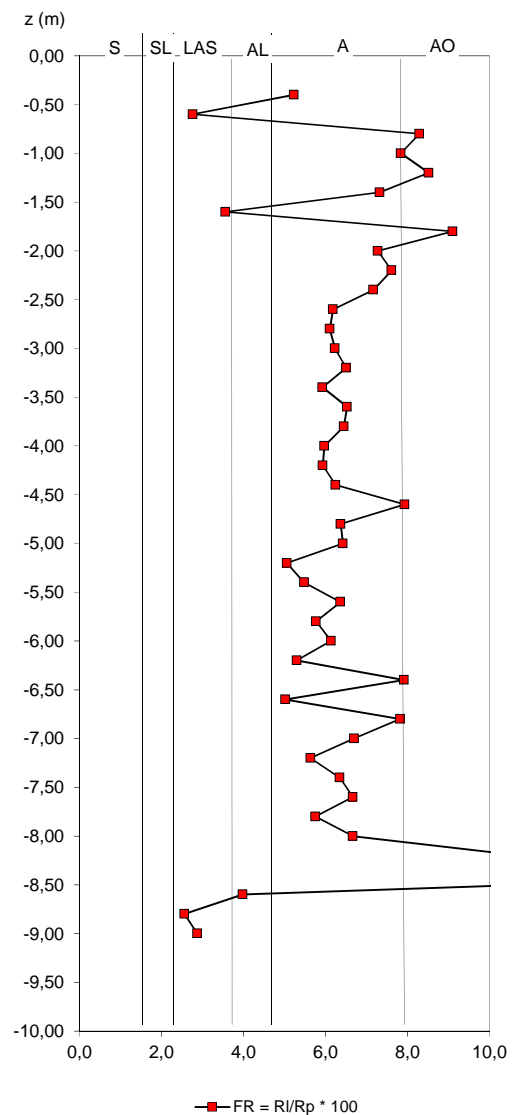
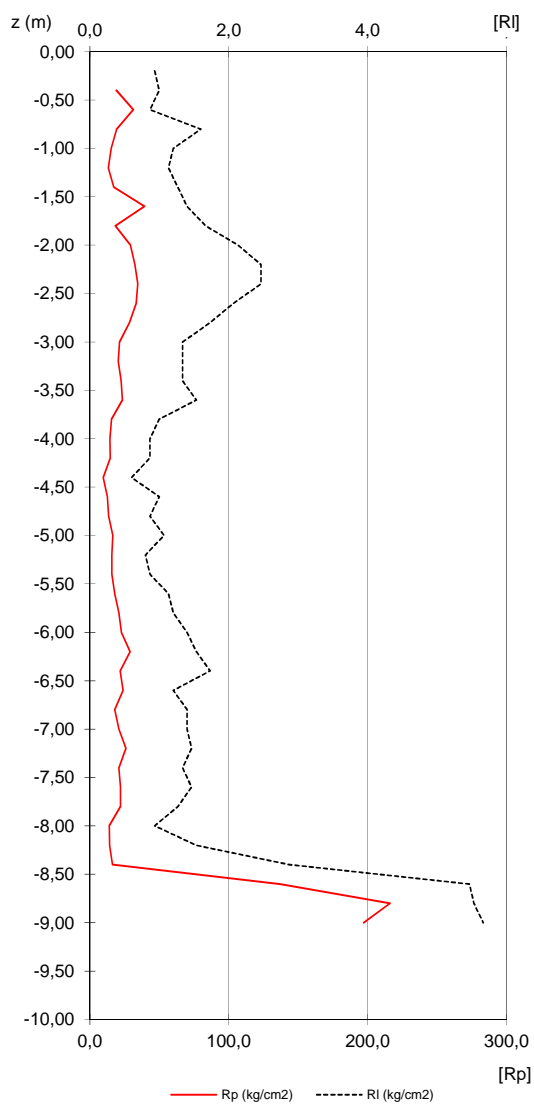
Z = prof. max del tratto indagato dal penetrom.

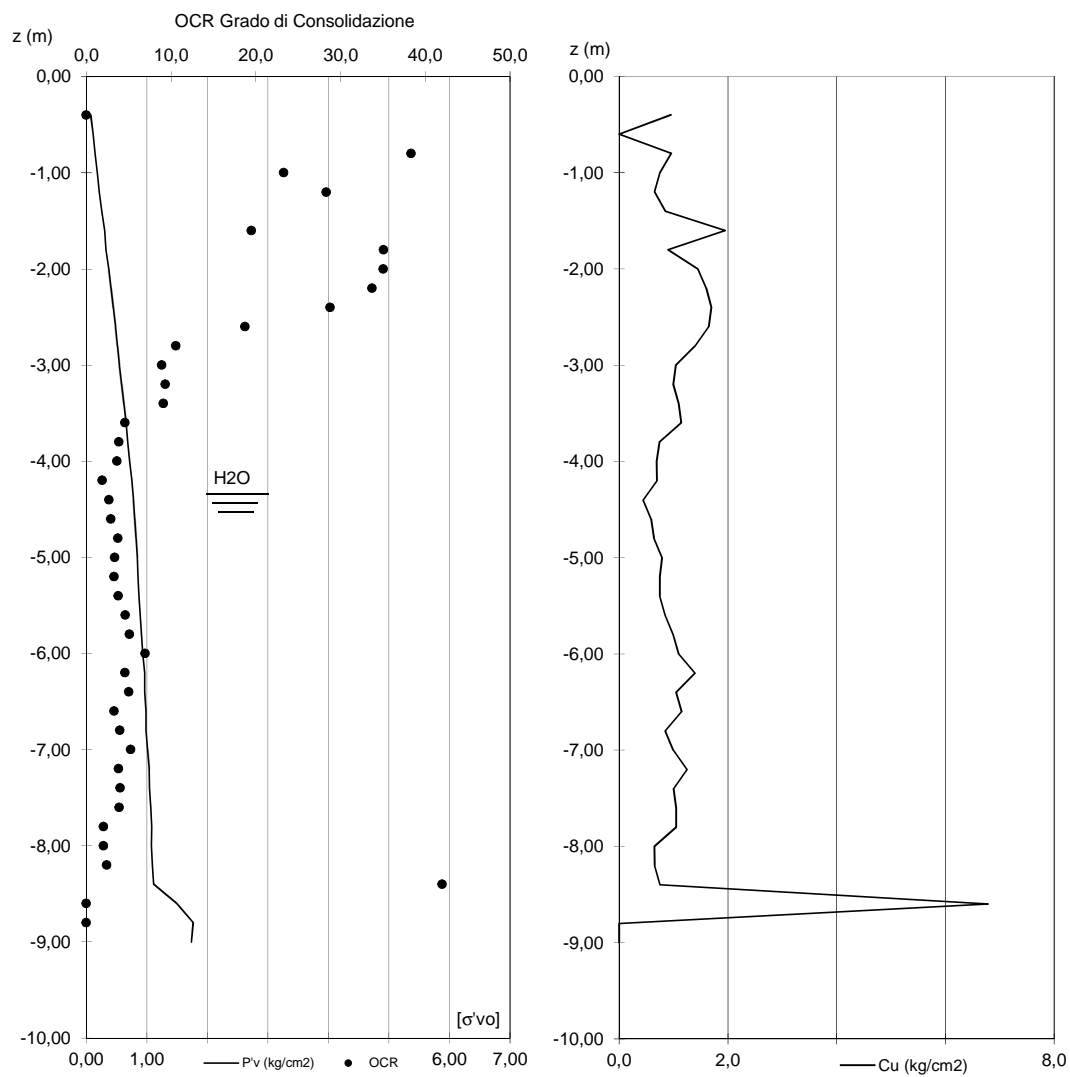
quota p.c.: m s.l.m.

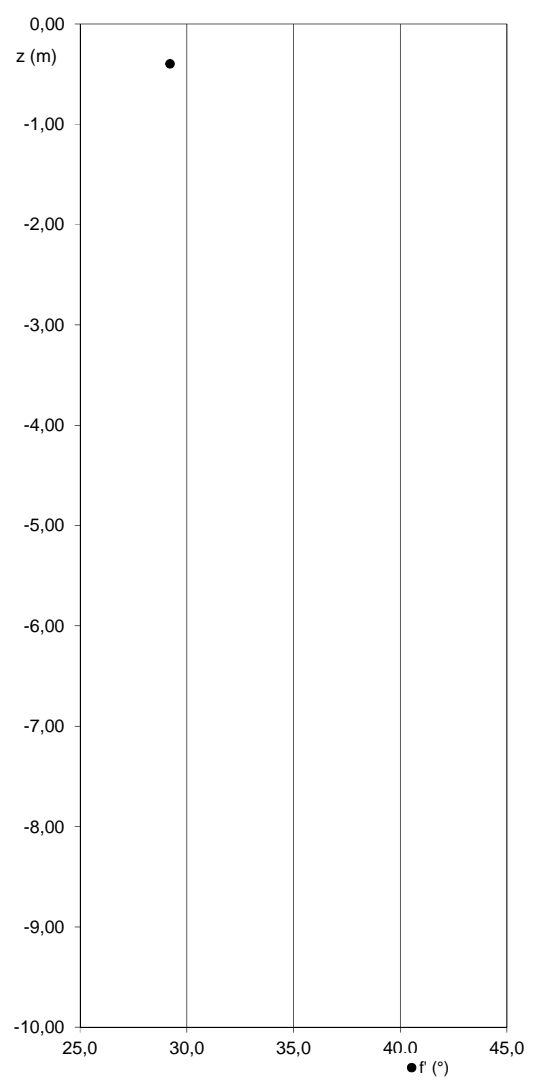
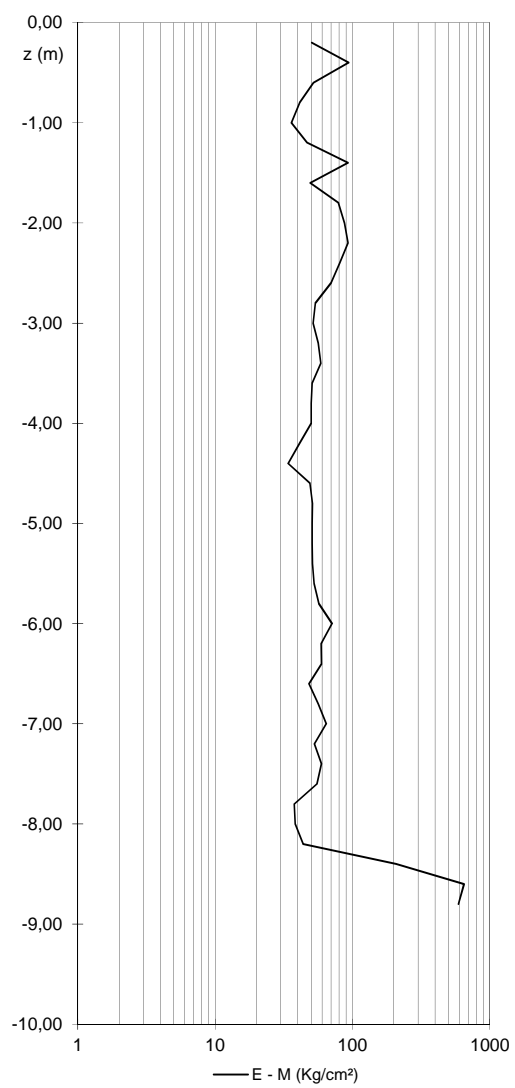
falda: 4,4 da p.c.

data prova: 12/04/2017

z	Rp	RI	FR	g	P'v	u	Cu	OCR	E - M	Fi	Gmax	Litologia
-0,2		0,9										
-0,4	19,1	1,0	5,2	1,81	0,07	0,00	1,0	50,0	51	0,0	-	argilla
-0,6	31,3	0,9	2,8	1,85	0,11	0,00	0,0	-	94	29,2	-	limo argillo-sabbioso
-0,8	19,3	1,6	8,3	1,81	0,14	0,00	1,0	50,0	52	0,0	-	argilla organica
-1,0	15,3	1,2	7,8	1,80	0,18	0,00	0,8	38,3	41	0,0	-	argilla organica
-1,2	13,3	1,1	8,5	1,79	0,21	0,00	0,7	23,3	36	0,0	-	argilla organica
-1,4	17,3	1,3	7,3	1,80	0,25	0,00	0,9	28,3	47	0,0	-	argilla organica
-1,6	39,3	1,4	3,6	1,88	0,30	0,00	1,9	50,0	93	0,0	-	argilla limosa
-1,8	18,3	1,7	9,1	1,81	0,33	0,00	0,9	19,5	49	0,0	-	argilla organica
-2,0	29,3	2,1	7,3	1,84	0,37	0,00	1,4	35,1	79	0,0	-	argilla organica
-2,2	32,4	2,5	7,6	1,86	0,41	0,00	1,6	35,1	87	0,0	-	argilla organica
-2,4	34,4	2,5	7,2	1,86	0,45	0,00	1,7	33,7	93	0,0	-	argilla organica
-2,6	33,4	2,1	6,2	1,86	0,48	0,00	1,6	28,8	81	0,0	-	argilla
-2,8	28,4	1,7	6,1	1,84	0,52	0,00	1,4	18,7	70	0,0	-	argilla
-3,0	21,4	1,3	6,2	1,82	0,55	0,00	1,0	10,6	54	0,0	-	argilla
-3,2	20,5	1,3	6,5	1,81	0,58	0,00	1,0	8,9	52	0,0	-	argilla
-3,4	22,5	1,3	5,9	1,82	0,62	0,00	1,1	9,3	56	0,0	-	argilla
-3,6	23,5	1,5	6,5	1,82	0,66	0,00	1,1	9,1	59	0,0	-	argilla
-3,8	15,5	1,0	6,5	1,80	0,68	0,00	0,7	4,6	51	0,0	-	argilla
-4,0	14,5	0,9	6,0	1,79	0,72	0,00	0,7	3,8	50	0,0	-	argilla
-4,2	14,6	0,9	5,9	1,79	0,75	0,00	0,7	3,6	50	0,0	-	argilla
-4,4	9,6	0,6	6,3	1,78	0,78	0,00	0,4	1,9	41	0,0	-	argilla
-4,6	12,6	1,0	7,9	1,79	0,80	0,02	0,6	2,7	34	0,0	-	argilla organica
-4,8	13,6	0,9	6,4	1,79	0,82	0,04	0,6	2,9	49	0,0	-	argilla
-5,0	16,6	1,1	6,4	1,80	0,84	0,06	0,8	3,7	51	0,0	-	argilla
-5,2	15,8	0,8	5,1	1,80	0,85	0,08	0,7	3,4	51	0,0	-	argilla
-5,4	15,8	0,9	5,5	1,80	0,87	0,10	0,7	3,3	51	0,0	-	argilla
-5,6	17,8	1,1	6,4	1,80	0,89	0,12	0,8	3,8	51	0,0	-	argilla
-5,8	20,8	1,2	5,8	1,81	0,91	0,14	1,0	4,6	52	0,0	-	argilla
-6,0	22,8	1,4	6,1	1,82	0,93	0,16	1,1	5,1	57	0,0	-	argilla
-6,2	28,9	1,5	5,3	1,84	0,96	0,18	1,4	6,9	71	0,0	-	argilla
-6,4	21,9	1,7	7,9	1,82	0,96	0,20	1,0	4,6	59	0,0	-	argilla organica
-6,6	23,9	1,2	5,0	1,83	0,98	0,22	1,1	5,0	60	0,0	-	argilla
-6,8	17,9	1,4	7,8	1,80	0,99	0,24	0,8	3,3	48	0,0	-	argilla organica
-7,0	20,9	1,4	6,7	1,81	1,01	0,26	1,0	4,0	56	0,0	-	argilla organica
-7,2	26,0	1,5	5,6	1,83	1,04	0,28	1,2	5,3	64	0,0	-	argilla
-7,4	21,0	1,3	6,3	1,82	1,04	0,30	1,0	3,8	53	0,0	-	argilla
-7,6	22,0	1,5	6,7	1,82	1,06	0,32	1,0	4,0	59	0,0	-	argilla organica
-7,8	22,0	1,3	5,8	1,82	1,08	0,34	1,0	3,9	55	0,0	-	argilla
-8,0	14,0	0,9	6,7	1,79	1,07	0,36	0,6	2,0	38	0,0	-	argilla organica
-8,2	14,2	1,5	10,8	1,79	1,09	0,38	0,7	2,0	38	0,0	-	argilla organica
-8,4	16,2	2,9	17,7	1,80	1,11	0,40	0,8	2,4	44	0,0	-	argilla organica
-8,6	137,2	5,5	4,0	2,23	1,49	0,42	6,8	42,0	208	0,0	-	argilla limosa
-8,8	216,2	5,5	2,6	2,50	1,76	0,44	0,0	-	649	48,6	-	limo argillo-sabbioso
-9,0	197,2	5,7	2,9	2,44	1,73	0,46	0,0	-	592	46,6	-	limo argillo-sabbioso
-9,2	339,3	7,2	2,1	2,94	2,22	0,48	0,0	-	1018	61,6	-	limo argillo-sabbioso
-9,4	248,3			2,62	1,96	0,50						







DPSH 1

Committente: Consorzio di Bonifica di Piacenza

Località: Fiorenzuola

Data prova: 12/04/2017

Falda: assente

Parametri penetrometrici

N. DPSH = n° colpi/30 cm

Parametri geotecnici stimati

Fi = Angolo di attrito (°)

u = Press. neutra (Kg/cmq)

P'v = Press. vert. efficace (Kg/cmq)

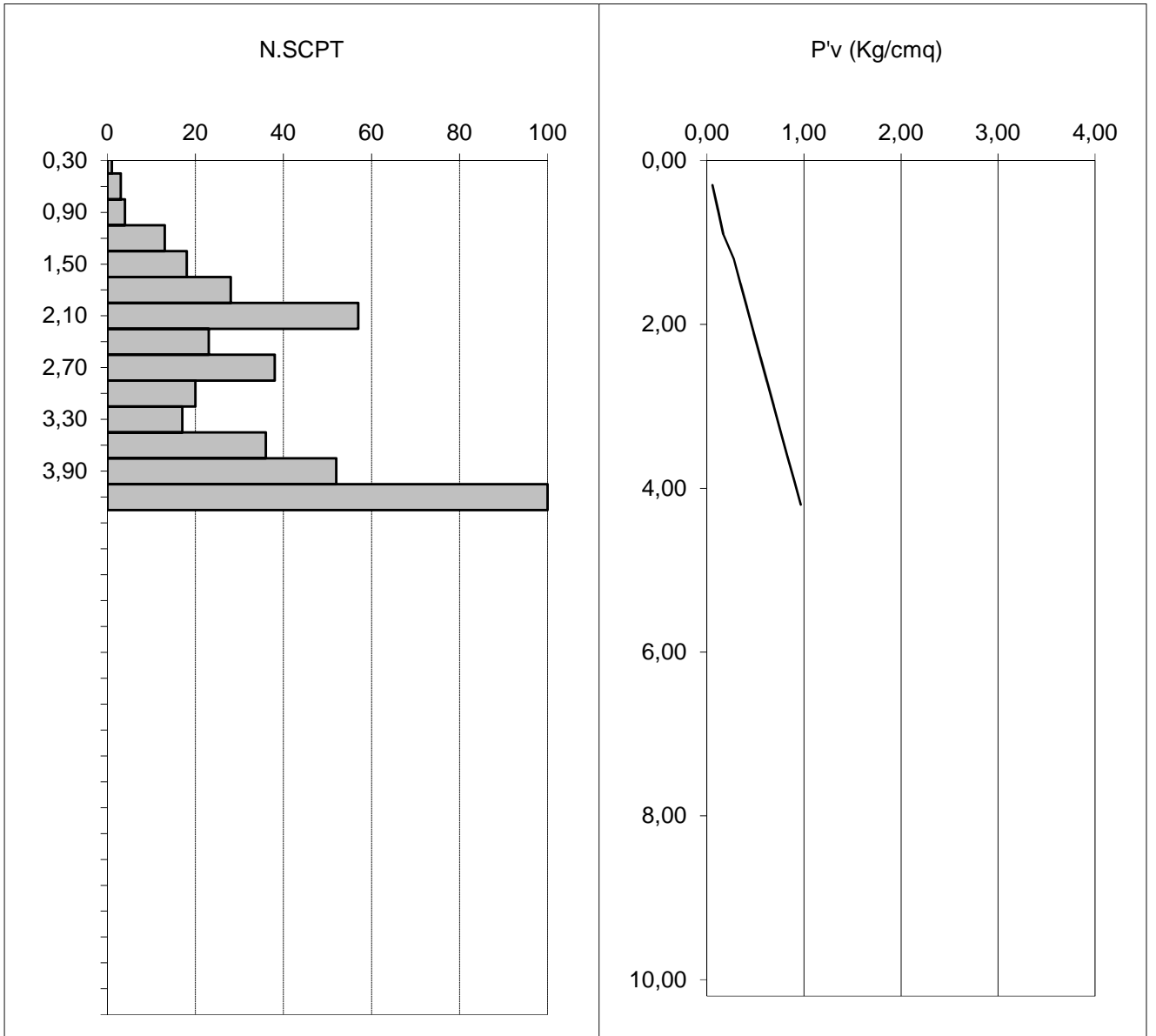
Dr = Densità relativa (%)

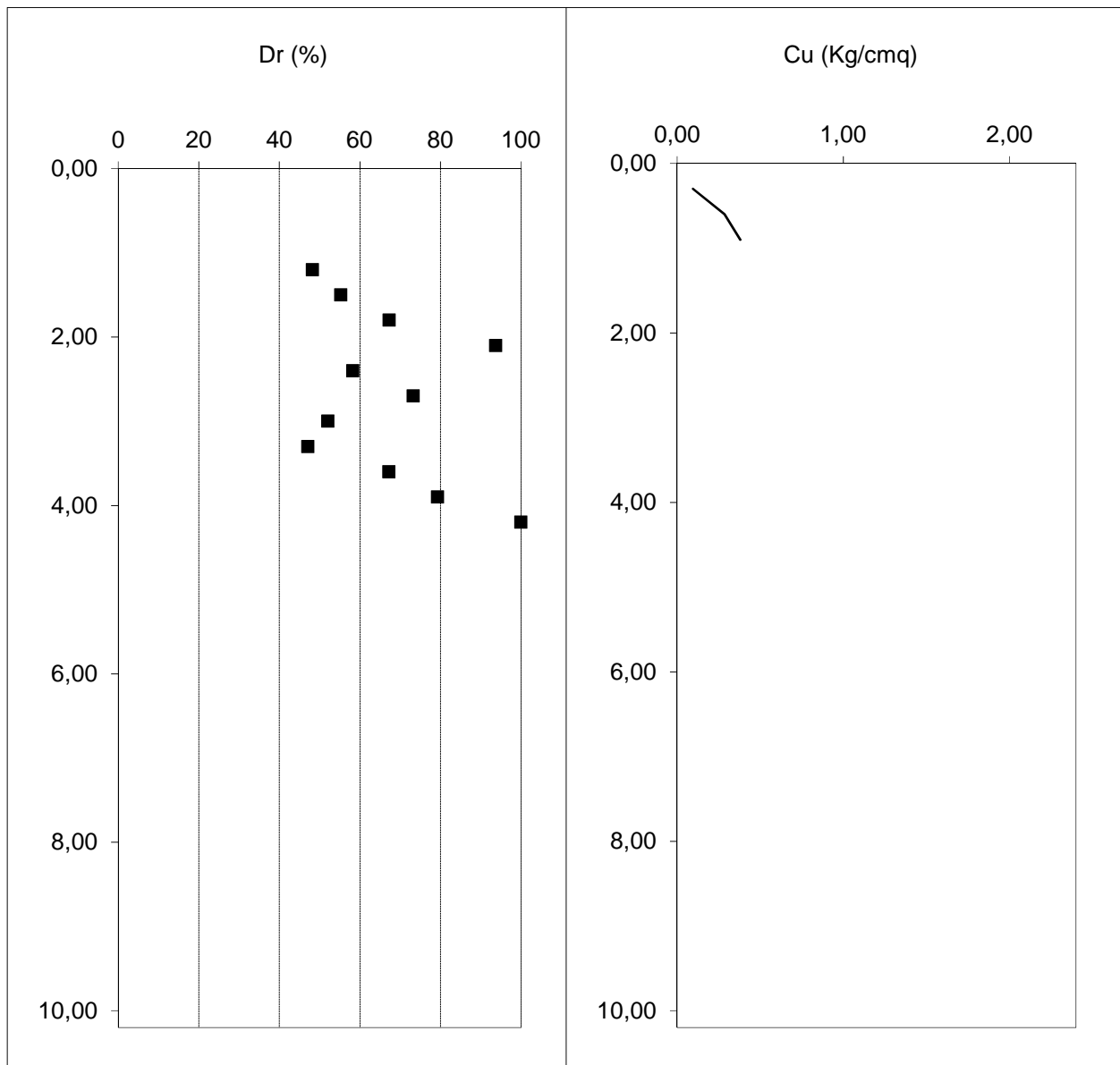
nu = Modulo di Poisson (—)

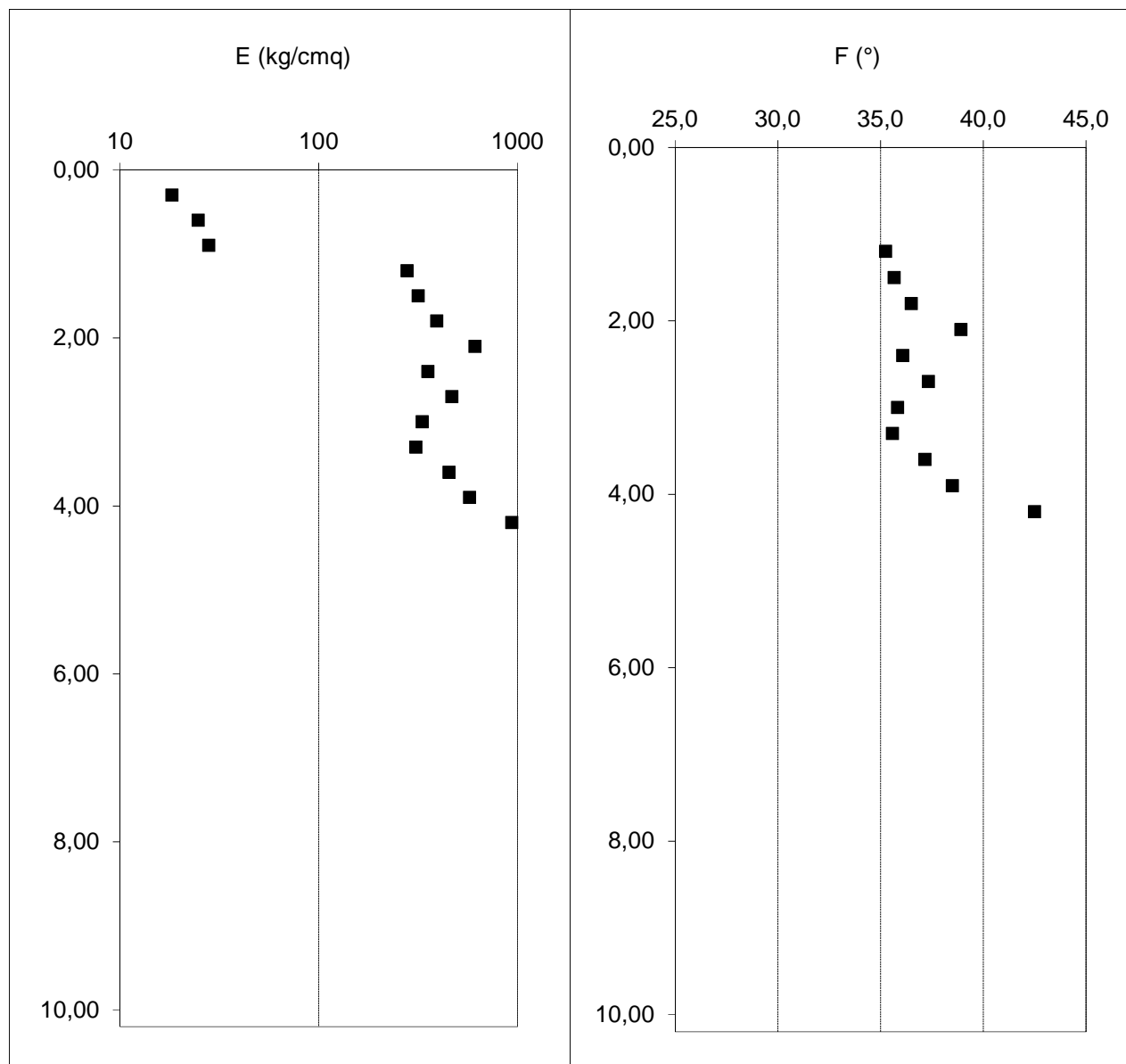
Cu = Coesione non drenata (Kg/cmq)

E = Modulo elastico (Kg/cmq)

Prof. (m)	N.SCPT	Litologia	Fi	g	u	P'v	Dr	nu	Cu	E
0,3	1	arg. lim.	0,0	1,85	0,00	0,06			0,10	18
0,6	3	arg. lim.	0,0	1,85	0,00	0,11			0,29	25
0,9	4	arg. lim.	0,0	1,85	0,00	0,17			0,38	28
1,2	13	sab. gh. e ghiaia	35,3	2,30	0,00	0,28	48	0,29		278
1,5	18	sab. gh. e ghiaia	35,7	2,30	0,00	0,35	55	0,29		316
1,8	28	sab. gh. e ghiaia	36,5	2,30	0,00	0,41	67	0,28		392
2,1	57	sab. gh. e ghiaia	38,9	2,30	0,00	0,48	94	0,25		611
2,4	23	sab. gh. e ghiaia	36,1	2,30	0,00	0,55	58	0,29		354
2,7	38	sab. gh. e ghiaia	37,3	2,30	0,00	0,62	73	0,27		468
3,0	20	sab. gh. e ghiaia	35,8	2,30	0,00	0,69	52	0,29		331
3,3	17	sab. gh. e ghiaia	35,6	2,30	0,00	0,76	47	0,30		309
3,6	36	sab. gh. e ghiaia	37,2	2,30	0,00	0,83	67	0,28		453
3,9	52	sab. gh. e ghiaia	38,5	2,30	0,00	0,90	79	0,27		574
4,2	100	sab. gh. e ghiaia	42,5	2,30	0,00	0,97	100	0,23		937







DPSH 5

Committente: Consorzio di Bonifica di Piacenza
Località: Fiorenzuola

Data prova: 12/04/2017
Falda: assente

Parametri penetrometrici

N. DPSH = n° colpi/30 cm

Parametri geotecnici stimati

Fi = Angolo di attrito (°)
u = Press. neutra (Kg/cmq)
P'v = Press. vert. efficace (Kg/cmq)
Dr = Densità relativa (%)
nu = Modulo di Poisson (—)
Cu = Coesione non drenata (Kg/cmq)
E = Modulo elastico (Kg/cmq)

Prof. (m)	N.SCPT	Litologia	Fi	g	u	P'v	Dr	nu	Cu	E
0,3	3	arg. lim.	0,0	1,85	0,00	0,06			0,29	25
0,6	4	arg. lim.	0,0	1,85	0,00	0,11			0,38	28
0,9	17	sab. gh. e ghiaia	35,6	2,30	0,00	0,21	57	0,28		309
1,2	29	sab. gh. e ghiaia	36,6	2,30	0,00	0,28	72	0,27		400
1,5	39	sab. gh. e ghiaia	37,4	2,30	0,00	0,35	81	0,26		475
1,8	58	sab. gh. e ghiaia	39,0	2,30	0,00	0,41	97	0,24		619

