



Regione LOMBARDIA



Provincia di PAVIA

# UNIONE DI COMUNI LOMBARDA PRIMA COLLINA CANNETO PAVESE – CASTANA - MONTESCANO

Via Casabassa n.7 – 27044 Canneto Pavese (PV) tel. 0385.88021 – mail: info@primacollina.it



# PIANO CIMITERIALE

## RELAZIONE GEOLOGICA CANNETO PAVESE

<b>Elaborato n.</b>	<b>5.1</b>	<b>Scala</b>		<b>Data</b>	<b>Dicembre 2016</b>
---------------------	------------	--------------	--	-------------	----------------------

**Presidente**  
.....

**Consigliere delegato all'Urbanistica**  
.....

**Responsabile del procedimento**  
Ing. Daniele Sclavi

**Progettista**  
STUDIO ASSOCIATO Archh. Oddi  
Corso G. Matteotti, 66 - 29105 Castel San Giovanni - PC  
Tel. 0523.881310 - Fax 0523.881965 - email: info@studiooddi.it  
Dott. Nicola Oddi  
Dott. Bruno Oddi

Approvato con Deliberazione del Consiglio di Unione n. .... in data .....



**COMUNE DI CANNETO PAVESE**

Provincia di Pavia

**CIMITERO DEL CAPOLUOGO**  
**PIANO CIMITERIALE COMUNALE R.R. 09.11.2004 n.6**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

**Redatto da:**

Dott. Geol. Mauro Saleri

Casatisma (PV), maggio 2016

## INDICE

---

1.0 Premessa.....	pag. 3
1.1 Normativa di riferimento.....>>	4
2.0 Stato di fatto.....>>	5
3.0 Inquadramento geologico-geomorfologico.....>>	6
4.0 Fattibilità - Vincoli Geologici, Idrogeologici e Idraulici.....>>	8
4.1 Stabilità generale ed analisi dei dissesti.....>>	9
5.0 Caratterizzazione sismica del sito.....>>	11
5.1 Caratteristiche macrosismiche dell'area.....>>	11
5.2 Categoria di sottosuolo e categoria topografica.....>>	12
5.3 Parametri sismici di riferimento.....>>	13
6.0 Indagini geognostiche.....>>	16
7.0 Caratterizzazione litostratigrafica dei terreni.....>>	17
8.0 Determinazione dei parametri geotecnici.....>>	19
9.0 Valutazione del potenziale di liquefazione.....>>	20
10.0 Fondazioni – Scelta della tipologia.....>>	22
11.0 Osservazioni conclusive.....>>	23

## ALLEGATI

---

- Allegato 1 - Corografia generale con ubicazione area in esame
- Allegato 2 - Estratto cartografia P.A.I.
- Allegato 3 - Estratto cartografia I.F.F.I.
- Allegato 4 - Foto aerea con ubicazione punti di indagine
- Allegato 5 - Istogrammi prove penetrometriche
- Allegato 6 - Documentazione fotografica

## 1.0 Premessa

---

Nella presente relazione, redatta per conto dell'Unione dei Comuni "Prima Collina", si espongono i risultati dell'indagine eseguita ai fini del supporto geologico al Piano Cimiteriale previsto per il Comune di Canneto Pavese.

In particolare lo studio persegue le seguenti finalità:

- a) definizione delle caratteristiche geologico-geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche dell'area al fine di valutare la fattibilità in riferimento a tali aspetti di eventuali futuri interventi urbanistici e la compatibilità con le attività cimiteriali;
- b) verifica della idoneità dei terreni dal punto di vista meccanico, chimico e fisico alle pratiche di inumazione.

Per tali scopi, oltre che attraverso un rilievo morfologico dell'area, l'acquisizione dei dati di campagna è avvenuta con specifiche prospezioni geotecniche rappresentate da n.3 prove penetrometriche di tipo dinamico S.C.P.T., eseguite in data 29 gennaio 2016. I dati raccolti sono stati inoltre integrati con quelli esistenti, derivanti da studi pregressi in zone limitrofe, dalla letteratura di riferimento e dalla cartografia tecnica disponibile. Pertanto, considerando gli obiettivi sopra esposti, lo studio si è articolato attraverso la successione delle seguenti fasi:

- esame dei dati geologici ed idrogeologici della zona, disponibili tramite bibliografia o direttamente acquisiti nel corso di studi pregressi;
- rilevamento morfologico-idrologico speditivo dell'area e del suo relativo intorno;
- esecuzione delle prospezioni geognostiche in situ (SCPT) con misura dei valori di resistenza penetrometrica e verifica della eventuale presenza di acque sotterranee;
- caratterizzazione sismica dell'area con riscontri normativi e dati acquisiti in sito ( $N_{scpt}$ );
- ricostruzione dell'assetto litostratigrafico e caratterizzazione geologico-tecnica dei terreni con la definizione dei principali parametri geomeccanici;
- osservazioni generali e valutazioni circa la fattibilità di eventuali ampliamenti e l'idoneità dei terreni alle pratiche di inumazione.

### **1.1 Normativa di riferimento**

Lo studio è stato condotto in accordo con quanto previsto dalla normativa vigente:

- D.M. LL.PP. 14.01.2008 *“Norme tecniche per le costruzioni”*;
- Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici 02.02.2009 *“Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni”*;
- D.P.R. n.285 10.09.1990 *“Approvazione del regolamento di polizia mortuaria”*;
- L.R. Regione Lombardia n.22 18.11.2003 *“Norme in materia di attività e servizi necroscopici, funebri e cimiteriali”*;
- R.R. Regione Lombardia n.6 09.11.2004 *“Regolamento in materia di attività funebri e cimiteriali”*;
- R.R. Regione Lombardia n.1 06.02.2007 *“Modifiche al regolamento regionale 9 novembre 2004, n.6 ‘Regolamento in materia di attività funebri e cimiteriali’”*;
- O.P.C.M. n.3274 20.03.2003 *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*;
- O.P.C.M. n.3519 28.04.2006 *“Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”*;
- Allegato al voto n.36 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici 27.07.2007 *“Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale”*;
- D.G.R. Regione Lombardia n.IX/2616 30.11.2011 *“Aggiornamento dei ‘Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12’, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n.8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n.8/7374”*, pubblicata sul BURL n.50 Serie ordinaria del 15 dicembre 2012;
- D.G.R. Regione Lombardia n.X/2129 11.07.2014 *“Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)”*;
- P.G.T. (Piano di Governo del Territorio) del Comune di Canneto Pavese – Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica.

## 2.0 Stato di fatto

---

Il complesso cimiteriale in oggetto è ubicato in posizione esterna verso est rispetto al nucleo abitato di Canneto Pavese (fig. 1), lungo la S.P. n.45 che collega quest'ultimo con la S.P. n.201 della valle Versa.

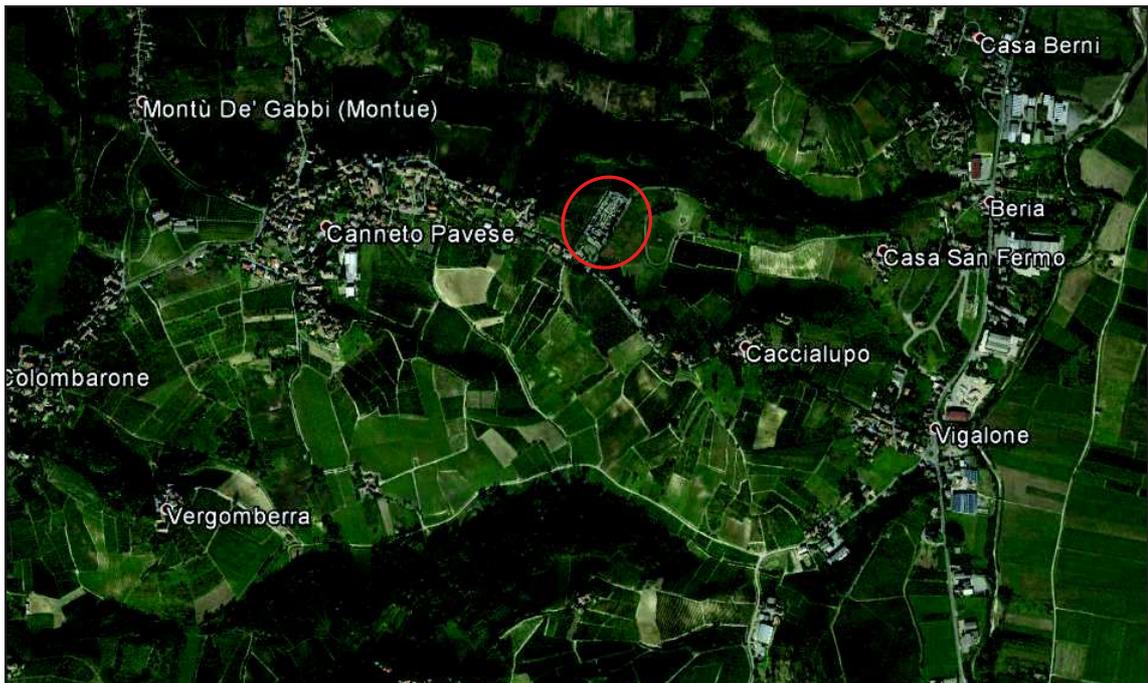


Figura 1: Foto aerea con ubicazione area in esame (Google Earth).

L'intero complesso si sviluppa su una superficie a pianta rettangolare con asse maggiore orientato in direzione sud-ovest/nord est e dimensioni complessive di circa 120 x 45 mq; in considerazione dell'acclività della superficie topografica il dislivello tra le porzioni lato monte e quelle lato valle è compensato da una serie di gradonature.

Per quanto riguarda l'assetto strutturale le porzioni perimetrali del corpo cimiteriale risultano occupate da cappelle che ospitano i loculi mentre le porzioni centrali risultano per lo più occupate da tombe con inumazione in terra.

### 3.0 Inquadramento geologico-geomorfologico

L'area si trova nella porzione intermedia del versante orientale del rilievo collinare di Canneto Pavese. Nello specifico il punto in questione è situato quote comprese tra 203 metri s.l.m. (spigolata nord-est) e 214 metri s.l.m. (spigolata sud-ovest). Il versante risulta pertanto degradante in direzione est, con valori di pendenza dell'ordine del 15-20%.

Si osserva che l'area cimiteriale interessa una fascia di pendio conformata a compluvio.

Il contesto geologico di pertinenza è stato desunto dall'esame del Foglio 59 (Pavia) della Carta Geologica d'Italia, alla scala 1:100.000 (fig. 2): litologicamente l'area si colloca su terreni ascrivibili alla formazione delle "Marne di Sant'Agata Fossili - mA", caratterizzata da marne e argille con intercalazioni sabbiose verso la parte superiore delle formazioni.

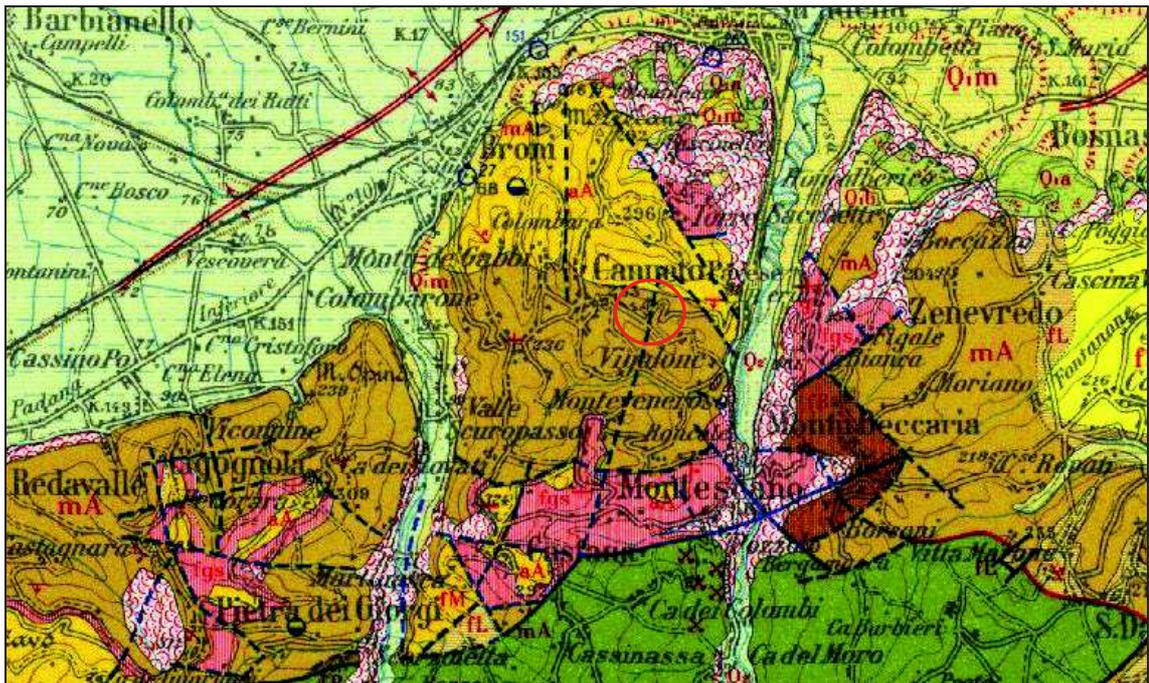


Figura 2: Estratto Carta Geologica d'Italia - Foglio 59 Pavia.

In superficie è presente una coltre di alterazione eluvio-colluviale di natura limoso-argillosa, prodotta dalla disgregazione del sottostante substrato roccioso.

Ad essa, che presenta spessore variabile, generalmente esiguo nelle porzioni medio-elevate dei versanti e progressivamente crescente verso valle, competono peculiarità fisico-meccaniche piuttosto scadenti, tali da renderla facilmente coinvolgibile in fenomeni di dissesto, nei punti con condizioni morfologiche ed idrogeologiche sfavorevoli.

L'idrologia di superficie è caratterizzata dalla presenza lungo il fondovalle del torrente Versa e dalla presenza di linee di drenaggio secondarie lungo il versante, di carattere effimero e con deflusso limitato ai periodi piovosi.

Dal punto di vista idrogeologico si segnala la possibile presenza nel primo sottosuolo di filtrazioni idriche, generalmente di modesta entità e di carattere stagionale, impostate negli orizzonti costituiti da materiali permeabili per porosità, mentre nell'ambito del substrato possono sussistere falde profonde, comunque di scarsa potenzialità e con sede in corrispondenza delle bancate lapidee fratturate.



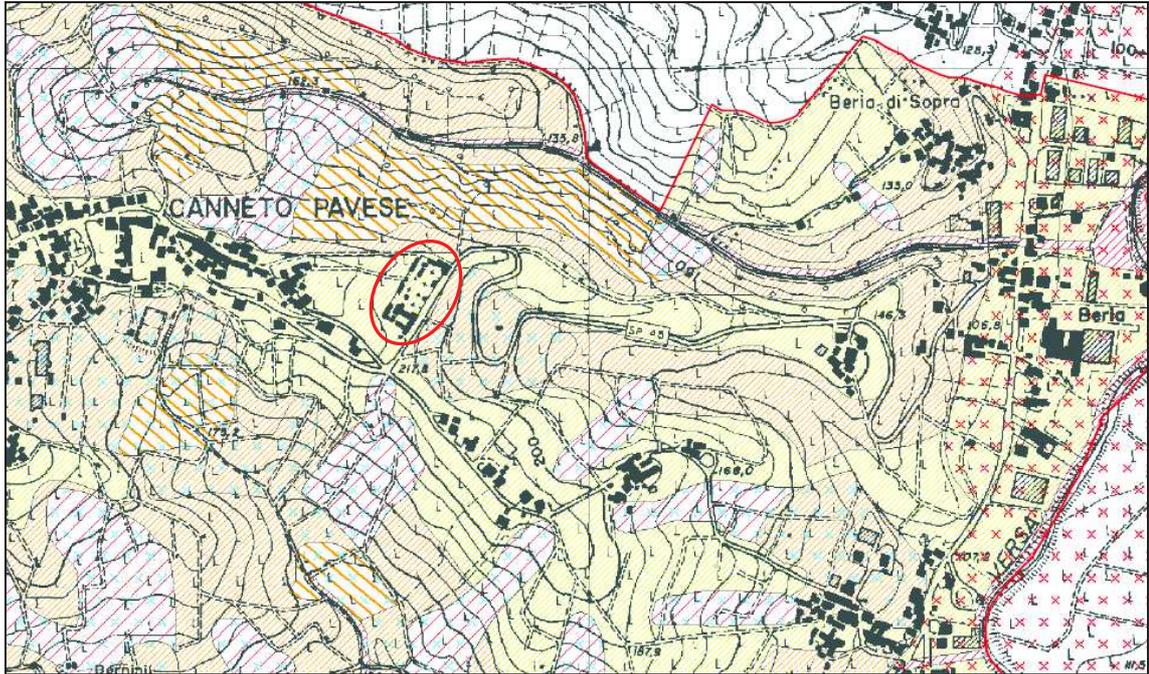


Figura 4: Estratto della Carta della Fattibilità Geologica per le azioni di piano (P.G.T. Comune di Canneto Pavese).

In tali aree per gli interventi di nuova edificazione sono necessarie opportune indagini geognostiche, idrogeologiche e geotecniche puntuali (prove penetrometriche e/o trincee esplorative), volte in particolare alla definizione della profondità, morfologia e consistenza del substrato di fondazione, al fine di consentire il corretto dimensionamento delle strutture fondazionali.

#### **4.1 Stabilità generale ed analisi dei dissesti**

L'area, secondo la cartografia geologico-tecnica ufficiale (P.A.I. - I.F.F.I. - P.G.T. comunale) di cui in allegato si forniscono gli stralci, non ricade entro limiti di fenomeni di dissesto; sussistono per contro fenomeni di instabilità segnalati lungo il versante. In particolare è segnalata la presenza di un corpo di frana di scivolamento rotazionale-traslativo con stato di attività stabilizzato il cui limite superiore del coronamento è individuato appena a valle della S.P. 45 a circa 15m rispetto al limite lato valle del complesso cimiteriale (fig. 5).



Figura 5: Estratto cartografia I.F.F.I. (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia).

Si segnala inoltre come l'area cimiteriale non sia esente da problematiche collegate alla stabilità dei terreni, anche se non censite nella cartografia tematica. Il muro verso valle del cimitero è infatti consolidato con una serie di tiranti, le cui testate risultano tutt'ora visibili. Tali episodi non rivestono nelle loro fasi iniziali importanza eclatante, è opportuno in ogni caso prenderli in considerazione fin dalle prime avvisaglie, al fine di prevenirne incrementi potenzialmente dannosi per le strutture murarie poste in concomitanza.

Da quanto sopra espresso ogni futuro intervento edificatorio nell'ambito del cimitero non potrà prescindere dalla realizzazione di adeguate indagini puntuali volte in particolare alla caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione al fine di determinare gli accorgimenti costruttivi più idonei, con particolare riferimento al dimensionamento fondazionale-strutturale delle opere.

Infine particolare attenzione dovrà essere riservata alla corretta gestione delle acque meteoriche superficiali ed eventualmente alla intercettazione per quanto possibile di quelle sotterranee.

## 5.0 Caratterizzazione sismica del sito

### 5.1 Caratteristiche macrosismiche dell'area

Secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3519 del 28 aprile 2006 – “*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*” riferita all'intero territorio nazionale, e recepita dalla Regione Lombardia tramite la D.G.R. n.X/2129 - 11.07.2014 (fig. 6) il territorio comunale di Canneto Pavese è classificato in **zona sismica 3** a “sismicità bassa”, cui corrisponde un valore massimo di  $a_g$  pari a 0.15g.

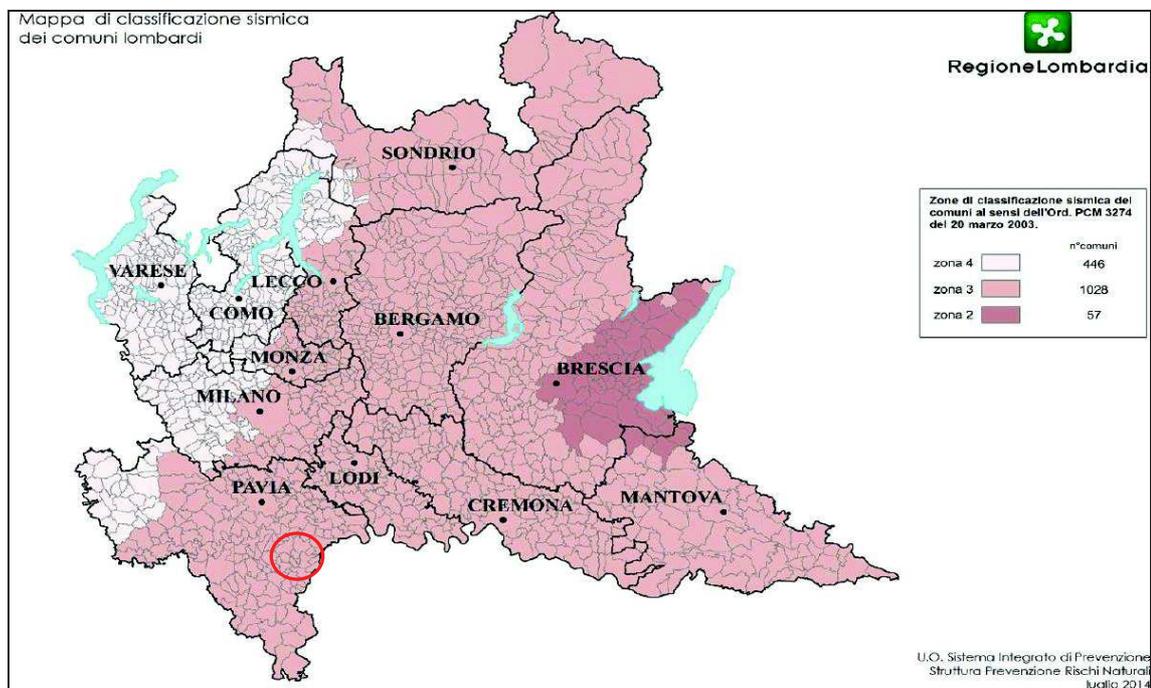


Figura 6: Classificazione sismica dei comuni della Lombardia a seguito della D.G.R. n. X/2129.

Allo stesso modo i valori di  $a_g$  agli SLU dinamici, calcolati secondo il D.M. 14.01.08 “*Norme tecniche per le costruzioni*” (e riportati nei successivi paragrafi) per le coordinate che identificano il sito ovvero lat. 45.05169° e long. 9.28942°, risultano compresi nel range  $0.05 < a_g \leq 0.15g$  relativo alla **zona sismica 3** (Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Allegato al Voto n.36 del 27.07.2007 – “*Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale*”).

## **5.2 Categoria di sottosuolo e categoria topografica**

Per quanto riguarda la determinazione della categoria di sottosuolo il D.M. 14.01.08 prevede una classificazione in cinque categorie principali riportate nella tabella 3.2.II (fig. 7) definite in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s30}$  (velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri di profondità al di sotto del piano di fondazione). Nel caso in cui tale parametro non sia disponibile la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero medio di colpi della prova penetrometrica dinamica SPT per terreni a grana grossa o della resistenza non drenata  $c_u$  per i terreni coesivi.

Per il sito in esame la categoria di sottosuolo è stata stimata, in assenza di misure dirette della velocità equivalente  $V_{s30}$ , sui dati ottenuti tramite le prospezioni geotecniche effettuate in sito e su dati acquisiti nel corso di studi analoghi in aree limitrofe.

Dall'elaborazione di tali dati il terreno di fondazione delle strutture può essere assunto di **categoria E** "Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20m", posti sul substrato di riferimento (con  $V_s > 800$  m/s). La esatta definizione della categoria di sottosuolo potrà avvenire mediante specifiche prospezioni geofisiche.

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>D</b>	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

**Figura 7:** Tabella 3.2.II "Categorie di sottosuolo" – D.M. 14.01.08.

In riferimento alle categorie topografiche riportate nella tabella 3.2.IV del D.M. (fig. 8), il sito può essere cautelativamente classificato nella **categoria T1**.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

**Figura 8:** Tabella 3.2.IV "Categorie topografiche" – D.M. 14.01.08.

### **5.3 Parametri sismici di riferimento**

Di seguito si riportano i parametri di riferimento, propri del sito in questione, per la definizione della pericolosità sismica di base ed i parametri sismici necessari per la valutazione delle azioni sismiche di progetto attese.

Nel caso in esame il sito presenta le seguenti coordinate (sistema di riferimento ED50):

Latitudine	Longitudine
45.05169°	9.28942°

Per il calcolo delle grandezze  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*_c$  si devono considerare i seguenti parametri:

- **Classe d'uso: II** - Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- **Vita nominale  $V_N$ :  $\geq 50$  anni** (tabella 2.4.I - tipologie costruttive classe 2): Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.

- **Coefficiente d'uso  $C_U$ : 1.0** relativo alla classe d'uso II.
- **Periodo di riferimento per l'azione sismica:**  $V_R = V_N * C_U = 50 * 1.0 = 50$  anni.

Pertanto, a partire dai dati sopra riportati, in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  vengono calcolati i valori  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_c$  e del periodo di ritorno  $T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR})$ :

Stati limite		$P_{VR}$	Periodo di ritorno (anni)	$a_g$ (g)	$F_0$	$T^*_c$ (sec)
SLE	SLO	81%	30	0.027	2.505	0.195
	SLD	63%	50	0.035	2.531	0.217
SLU	SLV	10%	475	0.092	2.441	0.276
	SLC	5%	975	0.123	2.455	0.280

Da questi ultimi è possibile ricavare, sulla base della **categoria E** del suolo di fondazione, gli ulteriori parametri:

Stati limite		$S_s$	$C_c$	$S_t$	$T_B$ (s)	$T_c$ (s)	$T_D$ (s)	$F_v$
SLE	SLO	1.60	2.212	1.00	0.144	0.431	1.709	0.55
	SLD	1.60	2.121	1.00	0.153	0.459	1.739	0.64
SLU	SLV	1.60	1.924	1.00	0.177	0.531	1.970	1.00
	SLC	1.60	1.914	1.00	0.178	0.535	2.091	1.16

Dove:

**SLE** = stati limite di esercizio:

- **SLO** = Stato Limite di Operatività;
- **SLD** = Stato Limite di Danno;

**SLU** = stati limite ultimi:

- **SLV** = Stato Limite di salvaguardia della Vita;
- **SLC** = Stato Limite di prevenzione del Collasso;

**S<sub>s</sub>**= coefficiente di amplificazione stratigrafica;

$C_c$ = coefficiente di categoria i sottosuolo;

$S_t$ = coefficiente di amplificazione topografica;

$T_B$ = periodo corrispondente all'inizio del tratto ad accelerazione costante spettro delle componenti orizzontali;

$T_C$ = periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante spettro delle componenti orizzontali;

$T_D$ = periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante spettro delle componenti orizzontali;

$F_V$ = fattore di amplificazione spettrale.

Per calcolare il valore di  $A_{max}$  (accelerazione massima) occorre moltiplicare il valore di  $a_g$  per i coefficienti di amplificazione sismica ( $S$ ) tramite la relazione:  $A_{max}=a_g \text{ (m/s}^2\text{)} \cdot S$ ; l'accelerazione massima deve essere fornita in  $m/s^2$ , pertanto i valori nominali di  $a_g$  precedentemente calcolati vanno moltiplicati per  $9.81 \text{ m/s}^2$  e successivamente moltiplicati per i coefficienti di amplificazione sismica  $S = S_s \cdot S_t$ .

Stati limite		$a_g$ (g)	$a_g$ (m/s <sup>2</sup> )	S ( $S_s \cdot S_t$ )	$A_{max}$ (m/s <sup>2</sup> )
SLE	SLO	0.027	0.265	1.60	0.424
	SLD	0.035	0.343	1.60	0.549
SLU	SLV	0.092	0.903	1.60	1.444
	SLC	0.123	1.207	1.60	1.931

Infine i coefficienti  $K_h$  (coefficiente sismico orizzontale) e  $K_v$  (coefficiente sismico verticale) assumono i seguenti valori:

Stati limite		$K_h$	$K_v$
SLE	SLO	0.009	0.004
	SLD	0.011	0.006
SLU	SLV	0.030	0.015
	SLC	0.047	0.024

## 6.0 Indagini geognostiche

---

Sono state eseguite n.3 prove penetrometriche dinamiche tipo S.C.P.T. (Standard Cone Penetration Test), posizionate all'esterno verso monte rispetto al corpo cimiteriale, dove sussiste un ripiano della larghezza di poco più di 5 metri, deputato per futuri ampliamenti; le prospezioni hanno avuto inizio dall'attuale piano campagna (sopraelevato di circa 1 metro rispetto al sottostante piano cimiteriale) ed hanno raggiunto profondità di investigazione di circa 8.0÷9.0 metri attestandosi a rifiuto nell'ambito del substrato compatto.

Per l'acquisizione dei dati è stato impiegato un penetrometro semovente statico-dinamico PAGANI modello TG 73-200, dotato di opportuni elicoidi di ancoraggio e punta meccanica Begemann per le prove statiche e di sgancio automatico per le prove dinamiche.

L'esecuzione delle prove ha comportato la verifica del numero di colpi N del maglio necessari per infiggere verticalmente nel terreno, per intervalli consecutivi della lunghezza di 30 cm, l'apposita punta conica collegata alla batteria di aste.

Le caratteristiche tecniche dell'attrezzatura in modalità dinamica sono le seguenti:

<i>Peso della massa battente</i>	<i>73 Kg</i>
<i>Altezza di caduta</i>	<i>75 cm</i>
<i>Superficie della punta</i>	<i>20 cm<sup>2</sup></i>
<i>Diametro della punta</i>	<i>50 mm, con conicità 60°</i>
<i>Diametro delle aste</i>	<i>32 mm</i>
<i>Peso delle aste</i>	<i>6.31 Kg/m</i>
<i>Passo infissione</i>	<i>30 cm</i>

I risultati riscontrati in campagna vengono visualizzati attraverso grafici che riportano per ogni verticale di prova:

- il numero di colpi  $N_{SCPT}$  necessari per avanzamenti della punta di 30 cm;
- i valori di resistenza dinamica alla punta ( $R_{pd}$ ) assimilabili ai valori di  $R_p$ .

## 7.0 Caratterizzazione litostratigrafica dei terreni

---

L'esame dei diagrammi di resistenza penetrometrica ha consentito di definire uno schema nel quale si identificano degli orizzonti litostratigrafici sovrapposti, aventi caratteristiche di resistenza alla penetrazione statica e parametri litologici e geomeccanici specifici.

Le variazioni dei parametri  $N$  ed  $R_{pd}$  rilevate lungo le singole verticali di prova, sono normalmente riconducibili sia a cambiamenti geolitologici e granulometrici dei terreni attraversati che al diverso stato di addensamento o consistenza degli stessi.

Con il ricorso a inevitabili schematizzazioni il modello litostratigrafico locale può essere così proposto:

### LIVELLO I:

Argille ed argille più o meno limose da molli a poco consistenti pertinenti alla coltre superficiale eluvio-colluviale di alterazione. I valori di  $N$  risultano compresi tra 2 e 5.

### LIVELLO II:

Argille consistenti passanti ad argille marnose. Si tratta del termine di passaggio tra la coltre superficiale eluvio-colluviale ed il substrato inalterato. I valori di  $N$  sono variabili da 10 a 20.

### LIVELLO III:

Marne argillose e argille marnoso-siltose compatte ascrivibili al substrato; i valori di  $N$  risultano inizialmente compresi tra 25 e 50, quindi  $N > 100$ .

I rapporti stratigrafici nei diversi punti di prova possono essere così schematizzati:

Punto di prova n°		P1	P2	P3
Prof. interfaccia strati da piano prova (m)	I-II	-6.0	-6.0	-5.70
	II-III	-7.20	-7.50	-7.20
Prof. fine prova (m)		-8.10	-8.70	-8.70

Nel corso dell'indagine non è stata riscontrata presenza di acque sotterranee in corrispondenza delle verticali di prova; non è in ogni caso possibile escludere la presenza di filtrazioni idriche sotterranee, sottoforma di "microfalde sospese", attive di solito temporaneamente nell'ambito dei livelletti di terreno permeabili per porosità.

## 8.0 Determinazione dei parametri geotecnici

La definizione dei parametri geotecnici che caratterizzano gli strati di terreno investigati è stata eseguita mediante risultati delle prove penetrometriche realizzate in sito, utilizzando le correlazioni semi-empiriche e sperimentali note in letteratura, oltre che sulla base di dati già acquisiti attraverso prove in sito ed in laboratorio su terreni analoghi.

I parametri così derivati sono da considerare validi per gli scopi prefissati dall'indagine, per una loro definizione di maggior dettaglio sarà invece necessario ricorrere ad ulteriori e più specifiche indagini in sito ed analisi di laboratorio su campioni di terreno indisturbati.

Agli orizzonti del modello litostratigrafico sopra esposto si possono attribuire i seguenti valori medi, determinati sulla base di quelli ricavati dall'elaborazione dei dati acquisiti in corrispondenza di ciascuna verticale di prova:

ORIZZONTE	I	II	III
Comportamento geotecnico	Coesivo	Coesivo	Coesivo
Valori medio-minimi di $N_{SPT}$	2÷4	10÷15	25÷50 (>100)
Peso di volume $\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	1.8	1.8÷1.9	2.0÷2.2
Coesione non drenata $C_u$ (t/m <sup>2</sup> )	3÷5	12÷15	20÷30
Coesione efficace $C'$ (t/m <sup>2</sup> )	0	0	1÷3
Angolo di attrito efficace $\phi'$ (°)	20°÷23°	26°÷30°	33°÷35°
Modulo edometrico $E$ (kg/cm <sup>2</sup> )	40÷60	100÷150	200÷300

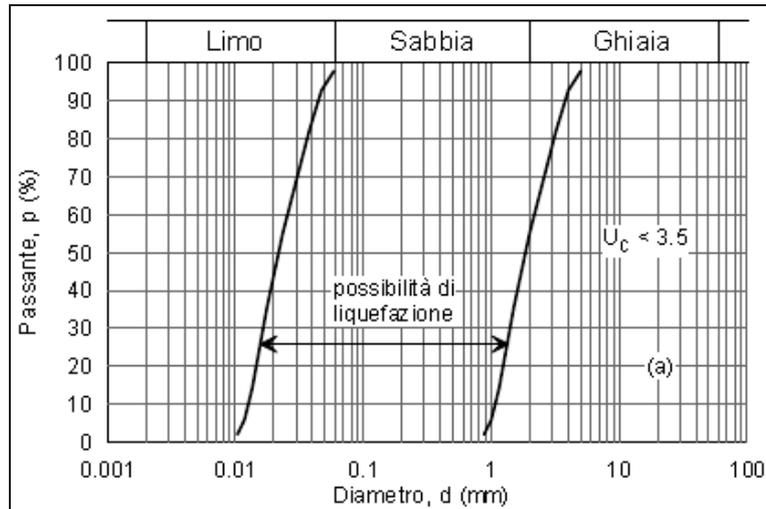
## 9.0 Valutazione del potenziale di liquefazione

---

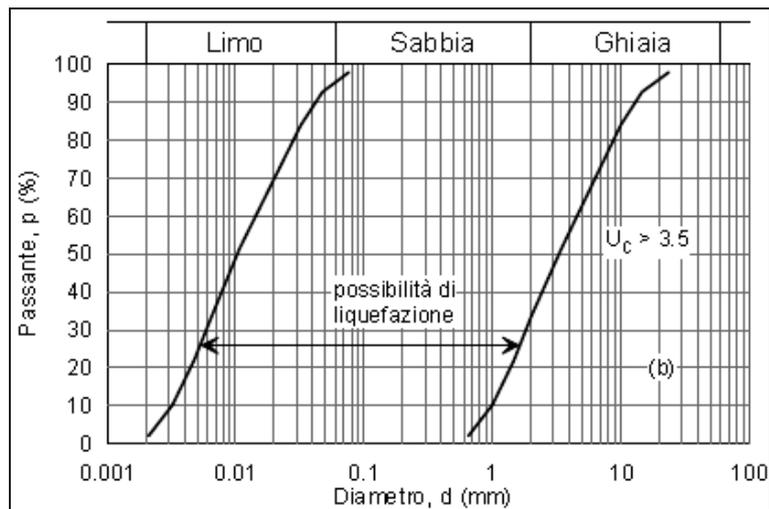
Il fenomeno della liquefazione interessa generalmente depositi sabbiosi e/o sabbioso-limosi sciolti, saturi e a granulometria uniforme, i quali a seguito di una sollecitazione sismica passano dallo stato solido a quello fluido, denotando una diminuzione della resistenza al taglio a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali ( $u$ ), tale da generare deformazioni permanenti significative o persino dell'annullamento delle pressioni efficaci ( $\sigma'$ ) nel terreno.

La verifica della suscettibilità alla liquefazione deve essere effettuata quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda. Secondo il D.M. 14.01.08 tale verifica può invece essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di  $0,1g$ ;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$ , dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometriche esterne alle zone indicate nella figura 9, nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in figura 10, nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .



**Figura 9:** Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione con  $U_c < 3,5$ .



**Figura 10:** Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione con  $U_c > 3,5$ .

Nel caso in esame si ritiene di escludere il rischio di liquefazione, in ragione della natura coesiva dei materiali pertinenti agli orizzonti individuati e precedentemente descritti, costituiti principalmente da depositi argilloso-limosi (livello I) e argilloso-marnosi (livello II) e pseudo-lapidei (livello III) la cui distribuzione granulometrica ricade all'esterno delle fasce indicate in fig. 9 e fig. 10.

## 10.0 Fondazioni – Scelta della tipologia

---

Le indagini eseguite hanno evidenziato, nella zona deputata a possibili futuri ampliamenti dell'area cimiteriale, la presenza in superficie di terreni dotati di caratteristiche geomeccaniche scadenti. Questi sono stati riscontrati fino alla profondità di circa 5÷6 metri dal piano campagna.

Questo fattore, unitamente alla constatazione dello scarso grado di affidabilità geotecnica che compete, in generale, al versante, suggerisce l'adozione per i nuovi futuri ampliamenti di fondazioni profonde, attestate nei livelli II o III.

Tale soluzione, oltre a garantire la sicurezza fondazionale delle nuove strutture, concorrerebbe a migliorare le condizioni statiche di quelle vicine, costituendo di fatto un "presidio" nei confronti di potenziali fenomeni traslativi.

## 11.0 Osservazioni conclusive

---

### A) ASPETTI GEOTECNICI

Fatte salve le prescrizioni di carattere geotecnico sviluppate nei precedenti paragrafi e volte alla salvaguardia della integrità fondazionale di eventuali nuovi manufatti, per quanto riguarda le problematiche di ordine geomorfologico e geotecnico l'area, in particolare nella fascia lato monte, è giudicata idonea per accogliere ampliamenti dell'esistente cimitero.

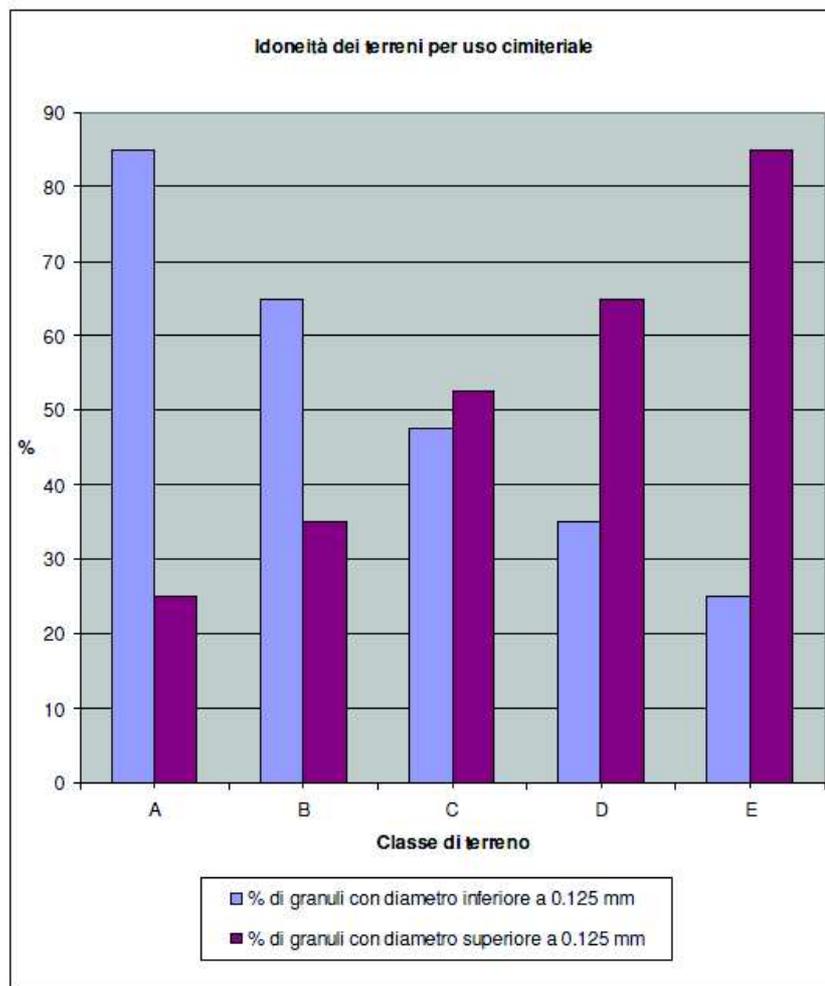
In ogni caso ogni futuro intervento edificatorio nell'ambito del cimitero dovrà essere preceduto dalla realizzazione di adeguate indagini puntuali volte in particolare alla caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione al fine di determinare gli accorgimenti costruttivi più idonei, con particolare riferimento al dimensionamento fondazionale-strutturale delle opere.

### B) ASPETTI FISICI RELATIVI ALLE INUMAZIONI

I terreni pertinenti l'area cimiteriale in esame non sono idonei, per quanto riguarda le caratteristiche fisiche, ad accogliere inumazioni, risultando costituiti in prevalenza da argille e argille limose; la motivazione deriva dal fatto che tali materiali non consentono adeguata circolazione d'aria ostacolando la decomposizione delle salme.

Le pratiche di inumazione potranno pertanto essere adottate ricreando artificialmente condizioni di idonea porosità, attraverso riporto di terreni sabbioso-ghiaiosi eventualmente da mescolare con il terreno in posto fino all'ottenimento della seguente miscela ottimale: sabbia 60%, ghiaia 20%, limo e argilla 20%.

A tale proposito si riporta di seguito il grafico tratto da “Fagnani - Rocce e minerali per l'edilizia - Editrice Succ. Fusi –Pavia, 1970” riguardante l' idoneità dei terreni per le pratiche di inumazione:



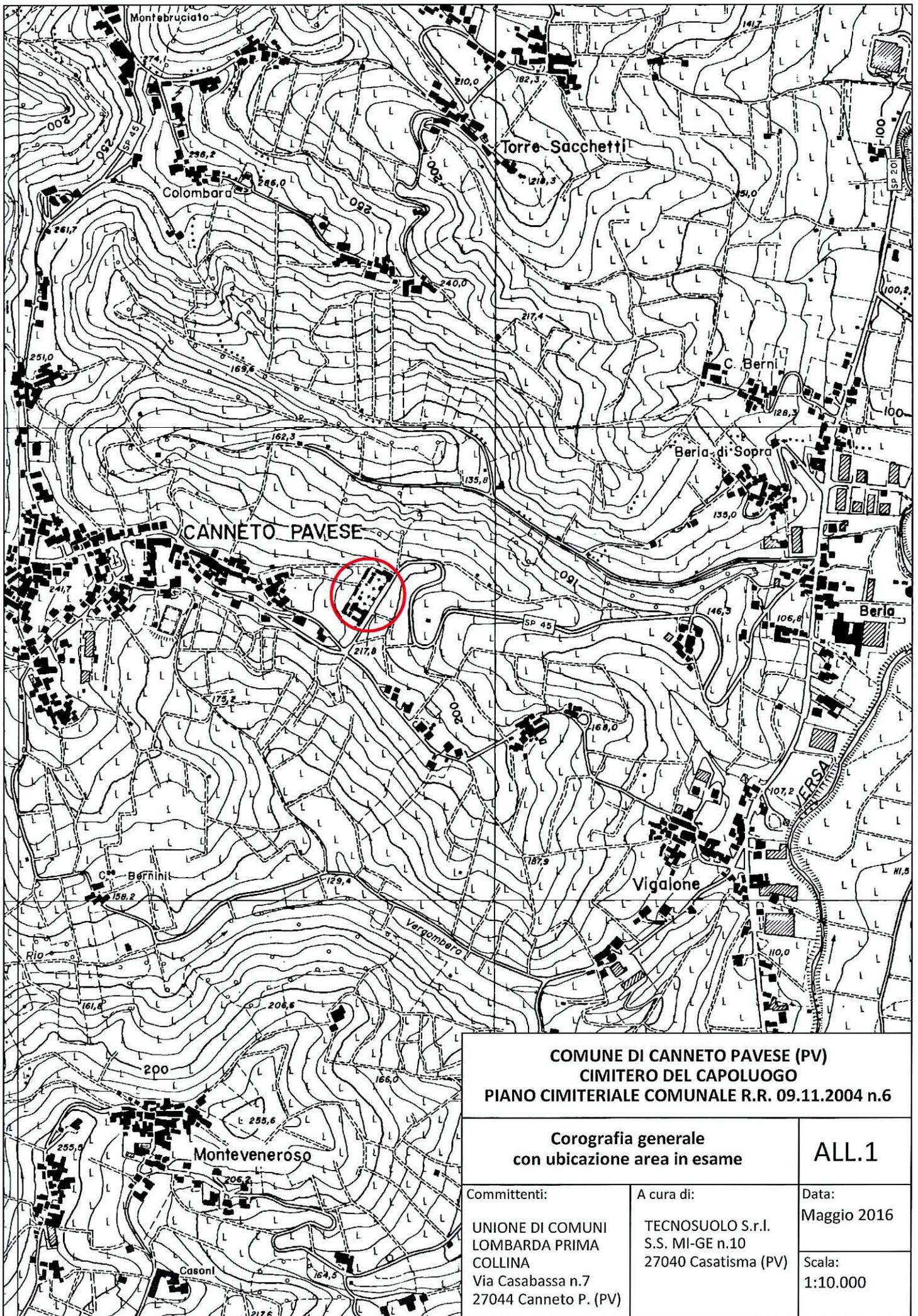
CLASSE	TERRENO	SALME INDECOMPOSTE DOPO 10 ANNI DI SEPOLTURA
A	non idoneo	70%
B	non idoneo	60%
C	mediocre	12%
D	idoneo	5%
E	idoneo	4%

Al fine di evitare ristagni d'acqua, sarà altresì indispensabile dotare i campi di inumazione di adeguata rete drenante, utile per intercettare e smaltire le acque percolanti nel sottosuolo.

Casatisma (PV), maggio 2016

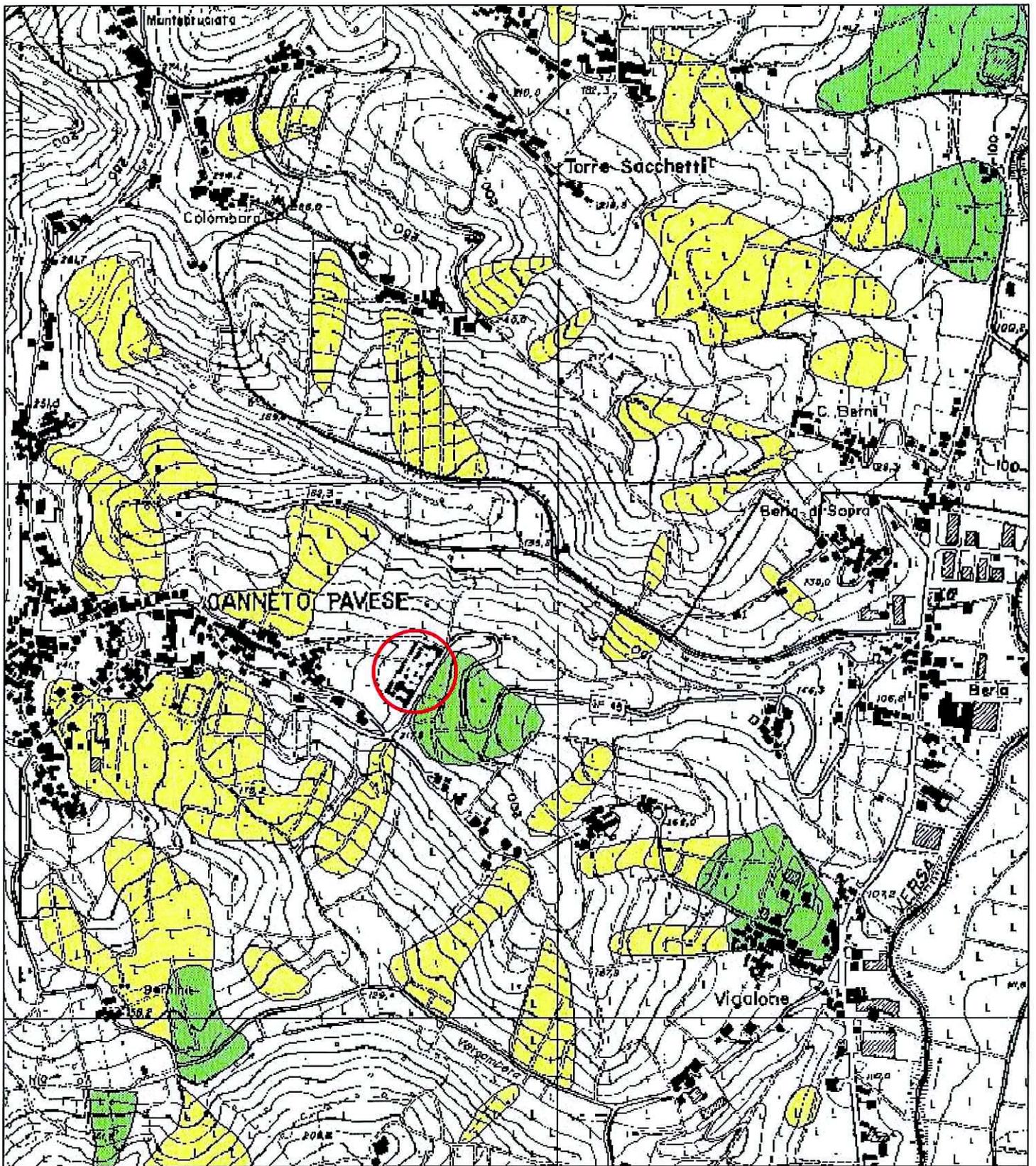
---

Dott. Geol. Mauro SALERI



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)  
CIMITERO DEL CAPOLUOGO  
PIANO CIMITERIALE COMUNALE R.R. 09.11.2004 n.6**

<p><b>Corografia generale con ubicazione area in esame</b></p>		<p><b>ALL.1</b></p>
<p>Committenti: UNIONE DI COMUNI LOMBARDA PRIMA COLLINA Via Casabassa n.7 27044 Canneto P. (PV)</p>	<p>A cura di: TECNOSUOLO S.r.l. S.S. MI-GE n.10 27040 Casatisma (PV)</p>	<p>Data: Maggio 2016  Scala: 1:10.000</p>



**LEGENDA**

- Area in esame
- Confine comunale
- Aree di frana attiva (Fa)
- Aree di frana quiescente (Fq)
- Aree di frana stabilizzata (Fs)

**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)  
CIMITERO DEL CAPOLUOGO  
PIANO CIMITERIALE COMUNALE R.R. 09.11.2004 n.6**

Estratto Cartografia P.A.I.

**ALL.2**

Committente:

UNIONE DI COMUNI  
LOMBARDA PRIMA  
COLLINA  
Via Casabassa n.7  
27044 Canneto P. (PV)

A cura di:

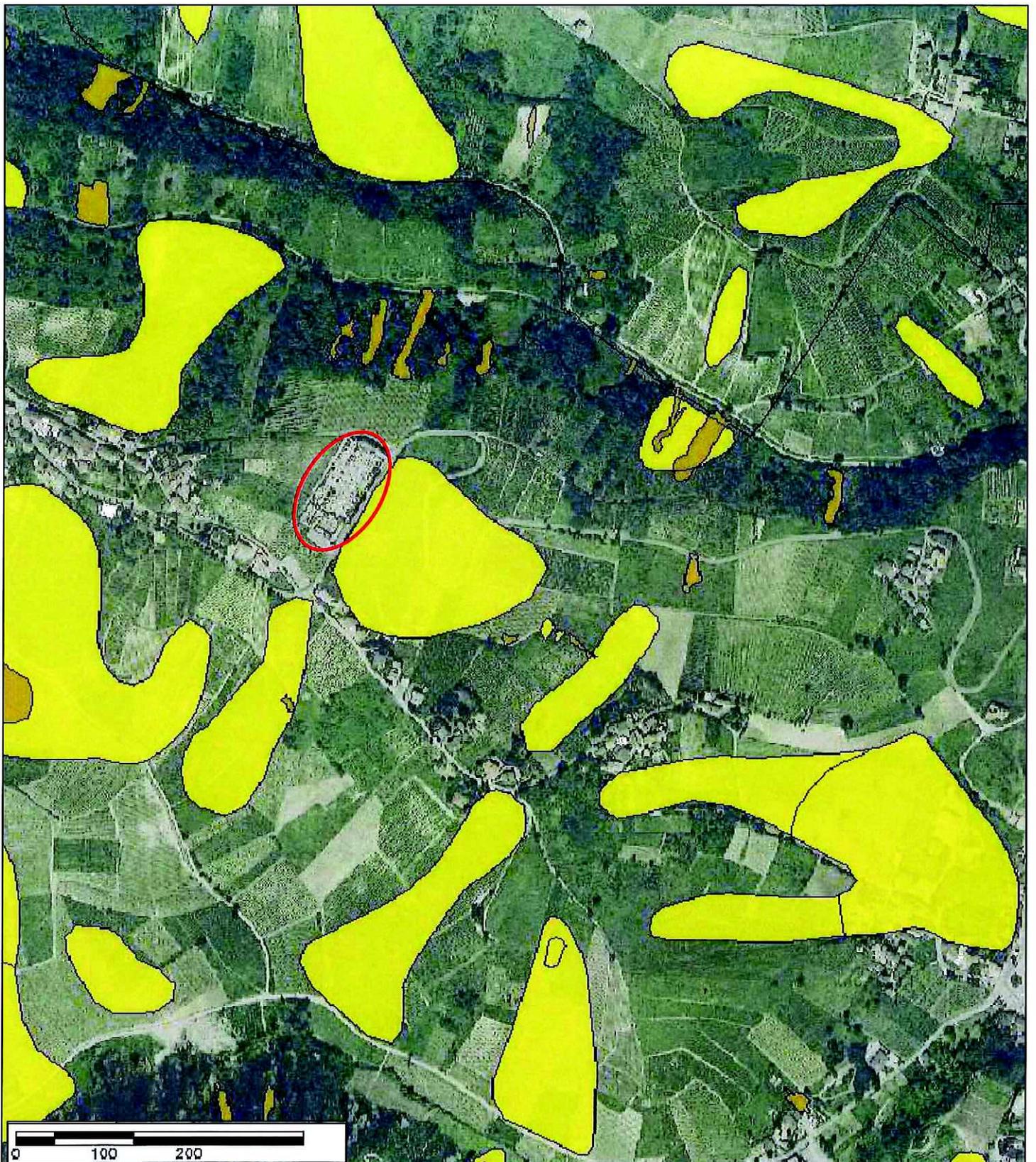
TECNOSUOLO S.r.l.  
S.S. MI-GE n.10  
27040 Casatisma (PV)

Data:

Maggio 2016

Scala:

1:10.000



**LEGENDA**

 Area in esame

Aree di frana

 Scivolamento rotazionale/traslattivo

 Complesso

**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)  
CIMITERO DEL CAPOLUOGO  
PIANO CIMITERIALE COMUNALE R.R. 09.11.2004 n.6**

**Estratto cartografia (I.F.F.I.)**

**ALL.3**

Committente:

UNIONE DI COMUNI  
LOMBARDA PRIMA  
COLLINA  
Via Casabassa n.7  
27044 Canneto P. (PV)

A cura di:

TECNOSUOLO S.r.l.  
S.S. MI-GE n.10  
27040 Casatisma (PV)

Data:

Maggio 2016

Scala:

Grafica



<b>Legenda</b>	
	Prova penetrometrica dinamica S.C.P.T.

**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)  
CIMITERO DEL CAPOLUOGO  
PIANO CIMITERIALE COMUNALE R.R. 09.11.2004 n.6**

<b>Foto aerea con ubicazione punti di indagine</b>		<b>ALL.4</b>
Committente:	A cura di:	Data:
UNIONE DI COMUNI LOMBARDA PRIMA COLLINA Via Casabassa n.7 27044 Canneto P. (PV)	TECNOSUOLO S.r.l. S.S. MI-GE n.10 27040 Casatisma (PV)	Maggio 2016
		Scala: //

**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)  
CIMITERO DEL CAPOLUOGO  
PIANO CIMITERIALE COMUNALE R.R. 09.11.2004 n.6**

**Istogrammi prove penetrometriche**

**ALL.5**

Proprietà:

UNIONE DI COMUNI  
LOMBARDA PRIMA  
COLLINA  
Via Casabassa n.7  
27044 Canneto P. (PV)

A cura di:

TECNOSUOLO S.r.l.  
S.S. MI-GE n.10  
27040 Casatisma (PV)

Data:

Maggio 2016

Scala:

//

**Prova penetrometrica dinamica n.**

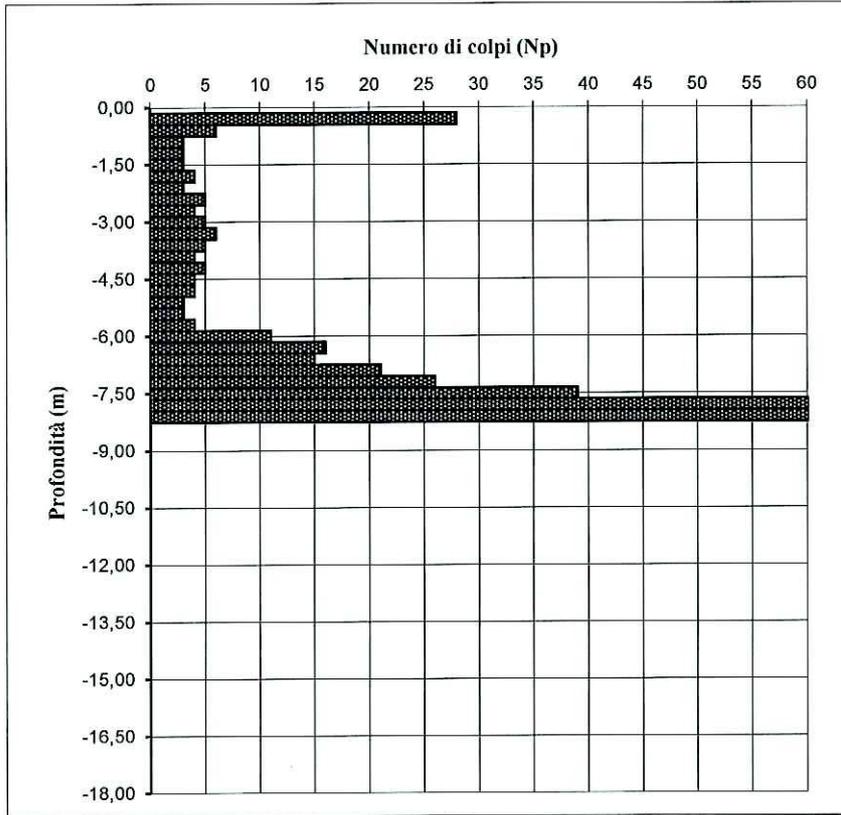
**P1**

Località: **Canneto Pavese (PV) - Cimitero**

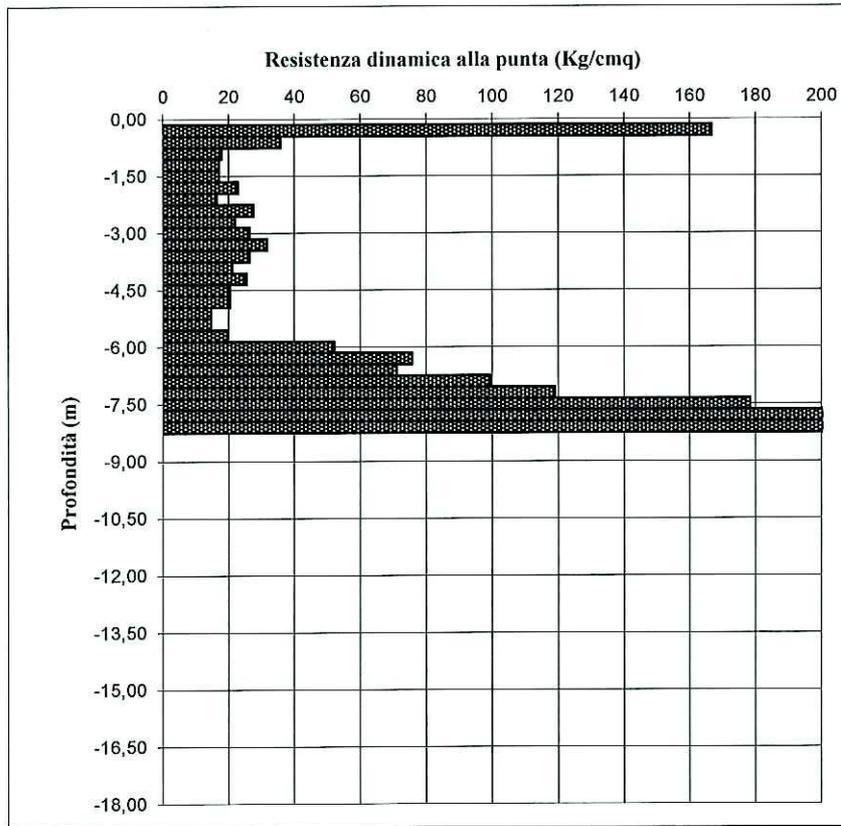
Data: **29.01.2016**

Committente: **Unione di Comuni "Prima Collina"**

Quota inizio: **p.c.**



Quota	Np	Rpd
0,00	0	0
-0,30	28	167
-0,60	6	36
-0,90	3	18
-1,20	3	17
-1,50	3	17
-1,80	4	23
-2,10	3	16
-2,40	5	27
-2,70	4	22
-3,00	5	26
-3,30	6	32
-3,60	5	26
-3,90	4	21
-4,20	5	25
-4,50	4	20
-4,80	4	20
-5,10	3	15
-5,40	3	15
-5,70	4	20
-6,00	11	52
-6,30	16	76
-6,60	15	71
-6,90	21	99
-7,20	26	119
-7,50	39	178
-7,80	61	279
-8,10	100	443
-8,40		
-8,70		
-9,00		
-9,30		
-9,60		
-9,90		
-10,20		
-10,50		
-10,80		
-11,10		
-11,40		
-11,70		
-12,00		
-12,30		
-12,60		
-12,90		
-13,20		
-13,50		
-13,80		
-14,10		
-14,40		
-14,70		
-15,00		
-15,30		
-15,60		
-15,90		
-16,20		
-16,50		
-16,80		
-17,10		
-17,40		
-17,70		
-18,00		

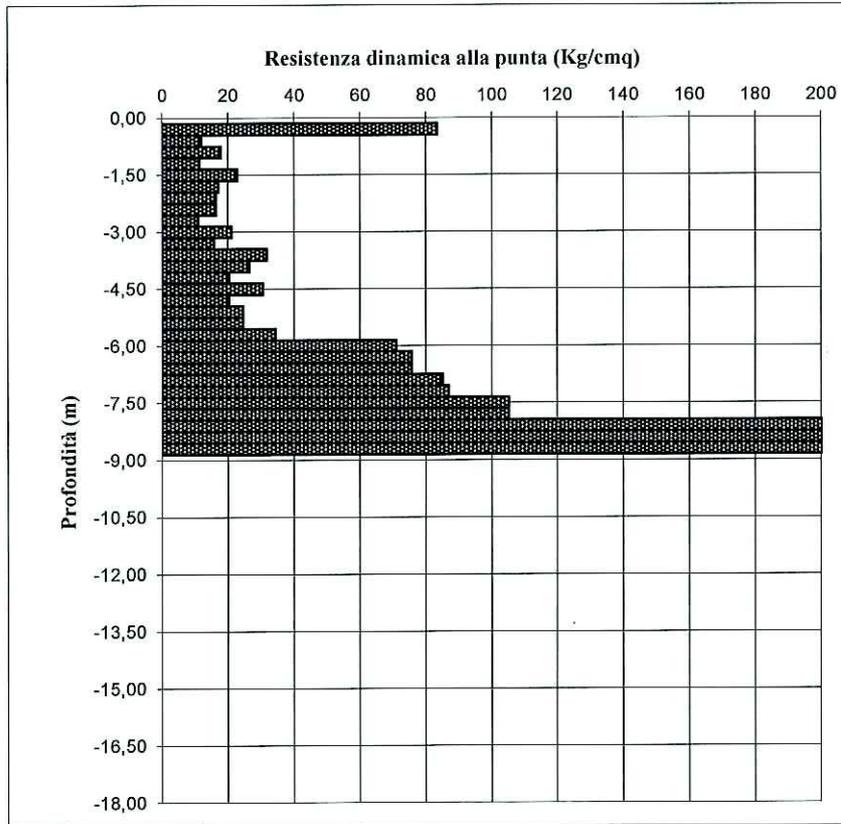
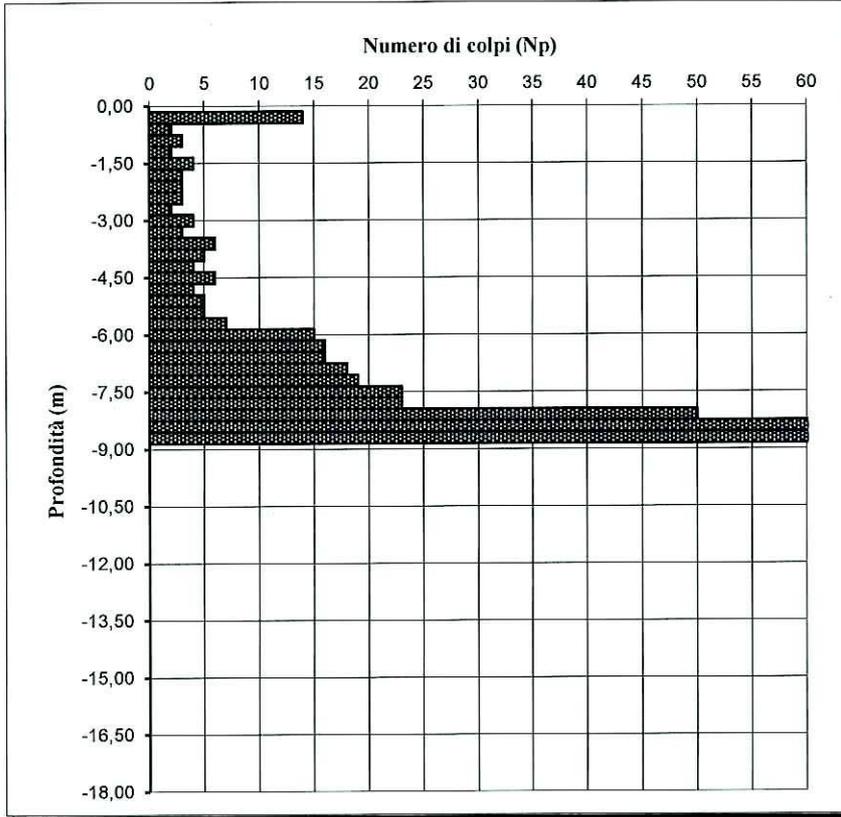


**Prova penetrometrica dinamica n.**

**P2**

Località: **Canneto Pavese (PV) - Cimitero**  
 Committente: **Unione di Comuni "Prima Collina"**

Data: **29.01.2016**  
 Quota inizio: **p.c.**



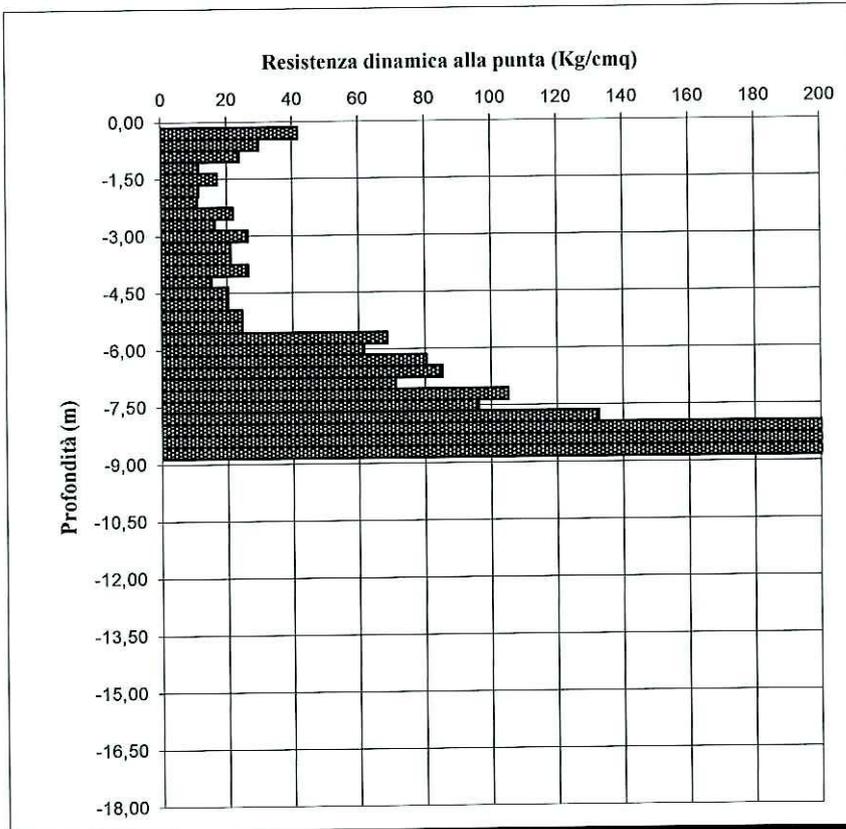
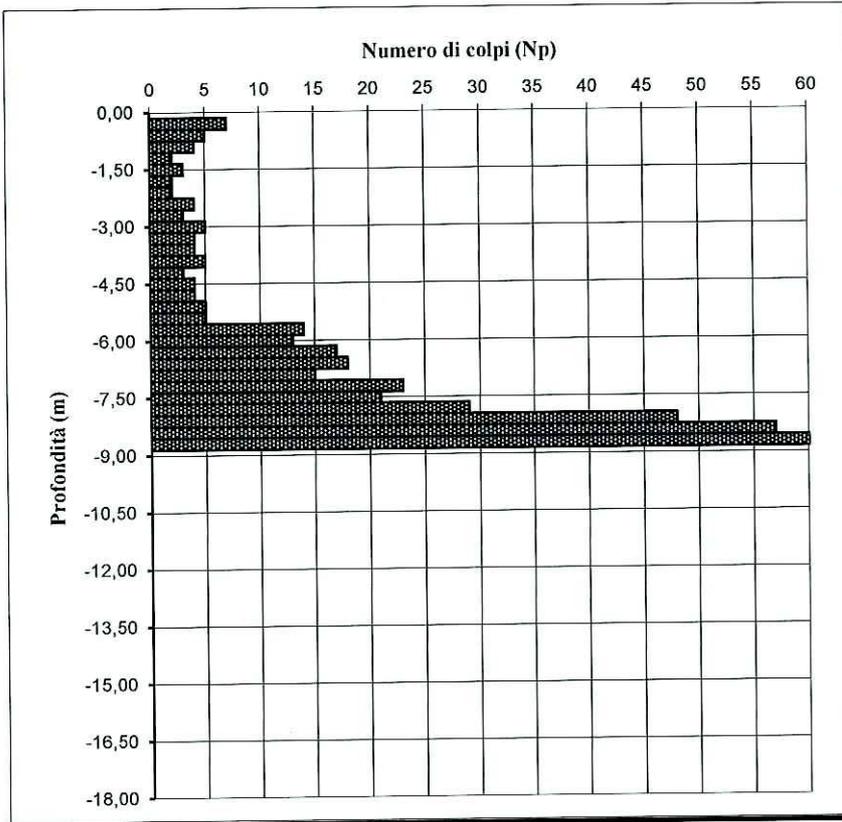
Quota	Np	Rpd
0,00	0	0
-0,30	14	83
-0,60	2	12
-0,90	3	18
-1,20	2	11
-1,50	4	23
-1,80	3	17
-2,10	3	16
-2,40	3	16
-2,70	2	11
-3,00	4	21
-3,30	3	16
-3,60	6	32
-3,90	5	26
-4,20	4	20
-4,50	6	30
-4,80	4	20
-5,10	5	24
-5,40	5	24
-5,70	7	34
-6,00	15	71
-6,30	16	76
-6,60	16	76
-6,90	18	85
-7,20	19	87
-7,50	23	105
-7,80	23	105
-8,10	50	221
-8,40	69	305
-8,70	100	443
-9,00		
-9,30		
-9,60		
-9,90		
-10,20		
-10,50		
-10,80		
-11,10		
-11,40		
-11,70		
-12,00		
-12,30		
-12,60		
-12,90		
-13,20		
-13,50		
-13,80		
-14,10		
-14,40		
-14,70		
-15,00		
-15,30		
-15,60		
-15,90		
-16,20		
-16,50		
-16,80		
-17,10		
-17,40		
-17,70		
-18,00		

**Prova penetrometrica dinamica n.**

**P3**

Località: **Canneto Pavese (PV) - Cimitero**  
 Committente: **Unione di Comuni "Prima Collina"**

Data: **29.01.2016**  
 Quota inizio: **p.c.**



Quota	Np	Rpd
0,00	0	0
-0,30	7	42
-0,60	5	30
-0,90	4	24
-1,20	2	11
-1,50	3	17
-1,80	2	11
-2,10	2	11
-2,40	4	22
-2,70	3	16
-3,00	5	26
-3,30	4	21
-3,60	4	21
-3,90	5	26
-4,20	3	15
-4,50	4	20
-4,80	4	20
-5,10	5	24
-5,40	5	24
-5,70	14	69
-6,00	13	61
-6,30	17	80
-6,60	18	85
-6,90	15	71
-7,20	23	105
-7,50	21	96
-7,80	29	133
-8,10	48	212
-8,40	57	252
-8,70	100	443
-9,00		
-9,30		
-9,60		
-9,90		
-10,20		
-10,50		
-10,80		
-11,10		
-11,40		
-11,70		
-12,00		
-12,30		
-12,60		
-12,90		
-13,20		
-13,50		
-13,80		
-14,10		
-14,40		
-14,70		
-15,00		
-15,30		
-15,60		
-15,90		
-16,20		
-16,50		
-16,80		
-17,10		
-17,40		
-17,70		
-18,00		



Foto 1: Punto di prova P1.



Foto 2: Punto di prova P2.

**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)  
CIMITERO DEL CAPOLUOGO  
PIANO CIMITERIALE COMUNALE R.R. 09.11.2004 n.6**

**Documentazione fotografica**

**ALL.6**

Proprietà:

UNIONE DI COMUNI  
LOMBARDA PRIMA  
COLLINA  
Via Casabassa n.7  
27044 Canneto P. (PV)

A cura di:

TECNOSUOLO S.r.l.  
S.S. MI-GE n.10  
27040 Casatisma (PV)

Data:

Maggio 2016

Scala:

//



Foto 3: Punto di prova P3.

**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)  
CIMITERO DEL CAPOLUOGO  
PIANO CIMITERIALE COMUNALE R.R. 09.11.2004 n.6**

**Documentazione fotografica**

**ALL.6**

Proprietà:

UNIONE DI COMUNI  
LOMBARDA PRIMA  
COLLINA  
Via Casabassa n.7  
27044 Canneto P. (PV)

A cura di:

TECNOSUOLO S.r.l.  
S.S. MI-GE n.10  
27040 Casatisma (PV)

Data:

Maggio 2016

Scala:

//