



COMUNE DI CADEO

PROVINCIA DI PIACENZA

RUE

REGOLAMENTO URBANISTICO EDILIZIO

L.R. 24 Marzo 2000 n. 20 - art. 28



STUDIO DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO URBANIZZATO RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Il Sindaco
Avv. Marco Bricconi

L'Ass. Urbanistica
Giovanni Cerioni

Il Segretario Generale
Dott.ssa Marta Pagliarulo

Progettista
dott. arch.
Stefano Tamengo

Responsabile
Ufficio di Piano
Geom. Pielruigi Agosti

Consulenza esterna
Componenti ambientale e sismica
AMBITER srl - Via Nicolodi 5/a
Parma

Adozione: Delibera C.C. n. del
Approvazione: Delibera C.C. n. del

Scala

Allegato

COMUNE DI CADEO



PROVINCIA DI PIACENZA

COMUNE DI CADEO

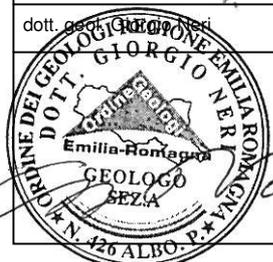
**STUDIO DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E
MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO
URBANIZZATO**

AMBITER s.r.l.

v. Nicolodi, 5/a 43126 – Parma tel. 0521-942630 fax 0521-942436 www.ambiter.it info@ambiter.it

DIREZIONE TECNICA

dott. geol. G. Neri



A CURA DI

dott. geol. Adriano Biasia

dott. geol. Francesco Ravaglia

CODIFICA

1 3 9 8 - S F G - 0 1 / 1 4

ELABORATO

DESCRIZIONE

RI

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

04						
03						
02						
01	maggio 2014	A. Biasia		F. Ravaglia	G. Neri	Emissione
REV.	DATA	REDAZIONE		VERIFICA	APPROV.	DESCRIZIONE

FILE	RESP. ARCHIVIAZIONE	COMMESSA
1398_Geo_SFG_rev_00_01.doc	AB	1398

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	2
1.1	RIFERIMENTI NORMATIVI NAZIONALI.....	4
1.2	RIFERIMENTI NORMATIVI REGIONALI.....	5
2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	6
2.1	EVOLUZIONE DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI CADEO.....	6
2.2	SISMICITA' STORICA.....	10
2.3	ZONAZIONE SISMOGENETICA.....	10
3	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE.....	12
3.1	ASSETTO STRUTTURALE GENERALE.....	14
4	ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA.....	15
4.1	ROVELETO.....	17
4.2	CADEO.....	29
4.3	FONTANA FREDDA.....	40
4.4	SALICETO – CONTRADONE – S. ROCCO.....	50
5	ELABORATI CARTOGRAFICI.....	61
5.1	CARTA DELLE INDAGINI.....	61
5.2	CARTA GEOLOGICO TECNICA.....	62
5.3	CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA.....	62
6	COMMENTI FINALI E CRITICITA'.....	63

ALLEGATI

1. INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI
2. CARTOGRAFIA

1 INTRODUZIONE

Come specificato nell'art. A-2 comma 4 dell'Allegato alla LR 20/2000, gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica *concorrono alla riduzione ed alla prevenzione del rischio sismico, sulla base delle analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione.*

A tal fine, i Comuni hanno l'obbligo di valutare la compatibilità delle previsioni contenute negli strumenti di pianificazione attraverso un approfondimento delle analisi e delle valutazioni che vede in primo luogo l'adeguamento del PTCP e, successivamente il recepimento e l'approfondimento delle indicazioni da esso fornite dal PSC e quindi dal POC.

Con la DAL n.112/2007 ("Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"), la Regione Emilia Romagna ha imposto l'elaborazione degli studi di pericolosità e di Microzonazione sismica nella pianificazione territoriale, che prevedono diverse fasi di realizzazione e differenti livelli di approfondimento in funzione del contesto territoriale e degli obiettivi da perseguire, con complessità ed impegno crescenti, passando dal livello 1 fino al livello 3:

- il livello 1 costituisce un livello propedeutico ai successivi livelli di approfondimento. Consiste nell'elaborazione di un quadro conoscitivo generale, tramite una raccolta di dati preesistenti, in cui le varie parti del territorio vengono suddivise in microzone qualitativamente omogenee rispetto alla suscettibilità ad effetti locali in cui effettuare le successive indagini di MS;
- il livello 2 oltre a definire e confermare le condizioni di pericolosità del precedente livello 1, fornisce quantificazioni numeriche (con metodi semplificati) dei fenomeni di modificazione locale del moto sismico e dei fenomeni di deformazione permanente e definisce la Carta di microzonazione sismica;
- il livello 3 restituisce una Carta di microzonazione sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari, non risolvibili con l'uso di metodologie speditive.

Nel caso di Cadeo, la Relazione geologica (a cura del Dott. Geol. Paolo Mancioffi) elaborata per il Quadro Conoscitivo (QC) del Piano Strutturale approvato con Del. G.C. n. 44 del 08/03/2005, includeva le analisi geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche del territorio studiato e una caratterizzazione geotecnica preliminare delle principali aree urbane.

In adeguamento alla DAL n.112/2007, nell'ambito del Piano Operativo Comunale approvato con Del. G.C. n. 86 del 28/06/2007, è stata elaborata una Relazione Sismica Illustrativa ed una "Carta Comunale delle Aree Suscettibili di effetti locali" (a cura del Dott. Geol. Paolo Mancioffi).

Successivamente agli studi geologici e sismici elaborati per il POC, la Provincia di Piacenza ha approvato, con atto n. 69 del 2 luglio 2010, il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale PTCP,

che, sulla base delle indicazioni della DAL n.112/2007 ha sviluppato il “primo livello” di approfondimento geologico sismico provinciale, dando disposizioni ai Comuni su come e dove effettuare i successivi livelli di approfondimento, che potranno integrare e meglio definire le informazioni elaborate alla scala provinciale.

Il PTCP ha prodotto una specifica cartografia della pericolosità sismica preliminare: Tav. A4 - Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali alla scala 1:25.000 ed una nuova disciplina (art. 33 delle NTA) finalizzata alla riduzione del rischio sismico che definisce e chiarisce i ruoli e gli approfondimenti richiesti nei vari strumenti urbanistici comunali ed il loro rapporto con la pianificazione sovraordinata.

Il presente documento si configura pertanto come adeguamento a quanto previsto dal PTCP ed alla DAL n.112/2007, in particolar modo per quanto riguarda lo svolgimento delle analisi previste ai punti 3 e 4.1 della DAL n.112/2007 e nell'art. 33 delle NTA del PTCP.

La presente relazione descrive le fasi di studio, le indagini pregresse e quelle realizzate ex-novo, i dati acquisiti, le elaborazioni e i risultati dello studio, relativi alle aree appartenenti al territorio urbanizzato del Comune di Cadeo.

A corredo della relazione illustrativa è stata redatta inoltre la seguente cartografia:

- Tav. 01 - Carta delle indagini;
- Tav. 02 - Carta geologico tecnica;
- Tav. 03 - Sezioni litostratigrafiche;
- Tav. 04 - Carta delle velocità delle onde di taglio S;
- Tav. 05 - Carta di microzonazione sismica (Livello 2) - F.A. P.G.A.

1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI NAZIONALI

Legge 2 febbraio 1974, n. 64, Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

Legge 10 dicembre 1981, n. 741, Ulteriori norme per l'accelerazione delle procedure per l'esecuzione di opere pubbliche.

Decreto del Ministro dei lavori pubblici 11 marzo 1988, Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Legge 24 febbraio 1992, n. 225, Istituzione del Servizio nazionale della protezione civile.

Decreto del Ministro dei lavori pubblici 16 gennaio 1996, Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

Decreto del Ministro dell'interno 13 Febbraio 2001, Adozione dei "Criteri di massima per l'organizzazione dei soccorsi sanitari nelle catastrofi" (pubblicati nella G.U. n. 116 del 12 maggio 2001).

Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112, Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle Regioni ed agli Enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59.

Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.

Legge 9 novembre 2001, n. 401, Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 7 settembre 2001, n. 343, recante disposizioni urgenti per assicurare il coordinamento operativo delle strutture preposte alle attività di protezione civile.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274, Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Legge 27 luglio 2004, n. 186, Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 28 maggio 2004, n. 136, "Disposizioni urgenti per garantire la funzionalità di taluni settori della pubblica amministrazione. Disposizioni per la rideterminazione di deleghe legislative e altre disposizioni connesse".

Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 ottobre 2007, Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni.

Decreto del Ministro delle infrastrutture 14 gennaio 2008, Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni.

Dipartimento della Protezione Civile e la Conferenza delle Regioni e Province Autonome 13 novembre 2008; Indirizzi e criteri per la micro zonazione sismica.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 29 febbraio 2012, n. 4007, Attuazione dell'articolo 11 del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77. Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico per l'anno 2011".

1.2 RIFERIMENTI NORMATIVI REGIONALI

Legge Regionale 24 marzo 2000, n. 20, Disciplina generale sulla tutela e uso del territorio.

Delibera dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, 112, Indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica.

Legge Regionale 30 ottobre 2009, n. 19, Norme per la riduzione del rischio sismico.

Delibera della Giunta Regionale 10 settembre 2012, 1302, Approvazione dei criteri per gli studi di micro zonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 4007/2012 a favore degli Enti Locali.

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 EVOLUZIONE DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI CADEO

Nell'ambito della classificazione sismica dell'intero territorio nazionale emanata a partire dal 1909, il Comune di Cadeo, come la gran parte dei territori della Regione Emilia Romagna, è stato classificato sismico solo a partire dal 1998 "Proposta di riclassificazione sismica del territorio italiano (1998) a cura del Gruppo di Lavoro ING-GNDT-SSN costituito dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi".

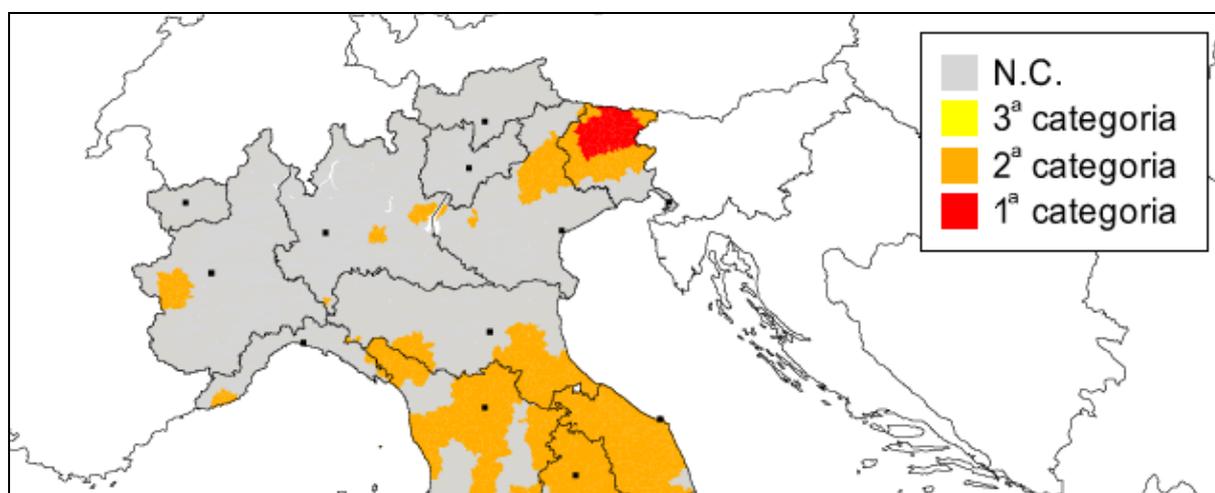


Figura 1: Classificazione sismica del territorio italiano (1984). Decreto MLP del 14/07/1984 e decreti successivi.

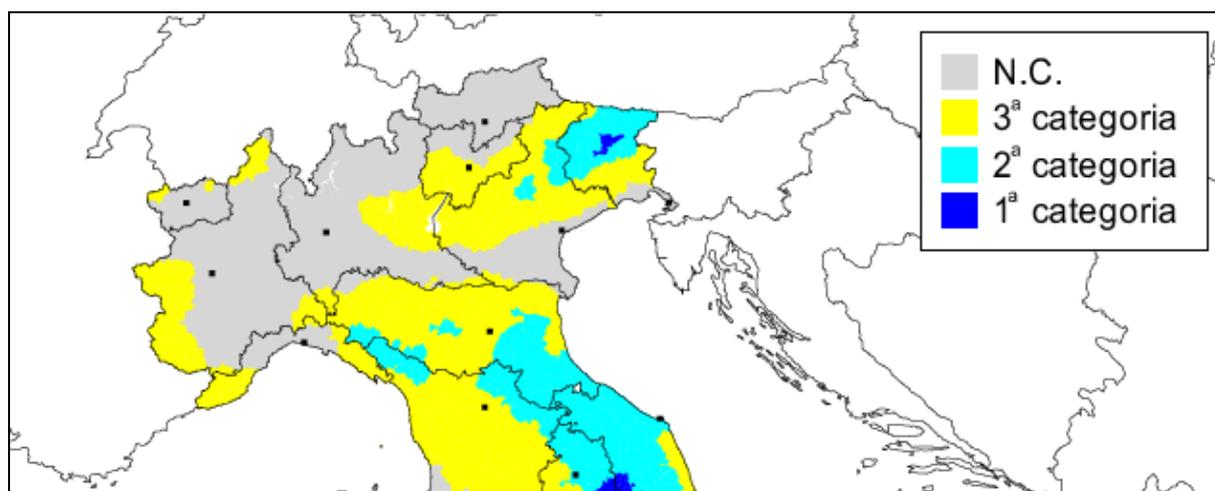


Figura 2: Proposta di riclassificazione sismica del territorio italiano (1998) a cura del Gruppo di Lavoro ING-GNDT-SSN costituito dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi.

La classificazione approvata con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica" suddivide il territorio nazionale in 4 zone con livelli decrescenti di pericolosità sismica in relazione a 4 differenti valori di accelerazione orizzontale (ag/g) d'ancoraggio dello spettro di risposta elastico e a 4 differenti valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag/g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

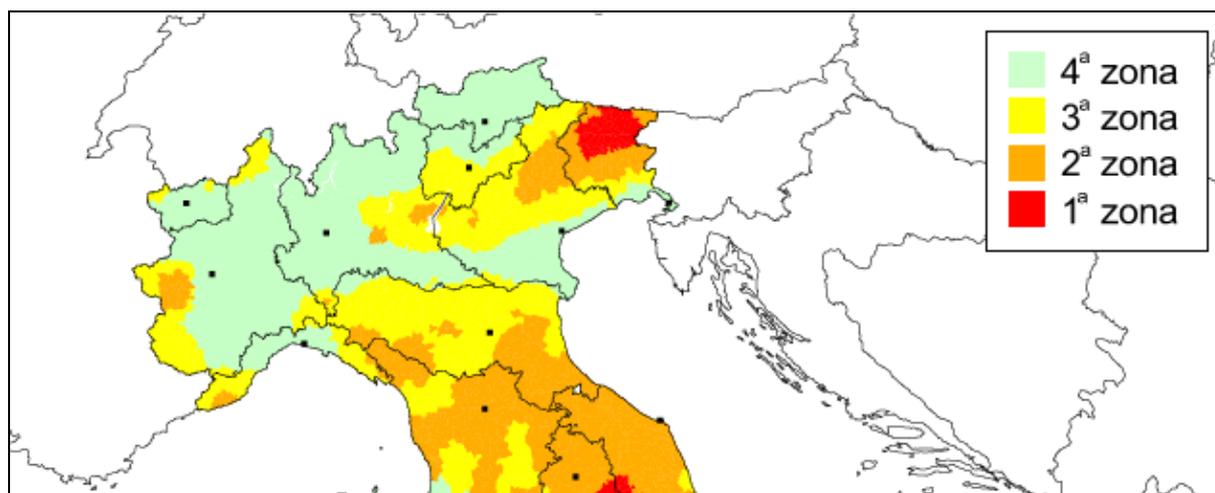


Figura 3: Zone sismiche del territorio italiano (2003). Ordinanza PCM 3274 del 20/03/2003.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1	>0.25
2	0.15-0.25
3	0.05-0.15
4	<0.05

Tabella 1: Valori di PGA per le varie zone

Con Delibera 1435 del 21 luglio 2003 "Prime disposizioni di attuazione dell'ordinanza del PCM n. 3274/2003 recante "primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", la Regione Emilia Romagna sentiti le Province e i Comuni interessati, ha provveduto all'individuazione delle zone sismiche nonché alla formazione e all'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone, ribadendo sostanzialmente quanto riportato nell'OPCM 3274/2003.

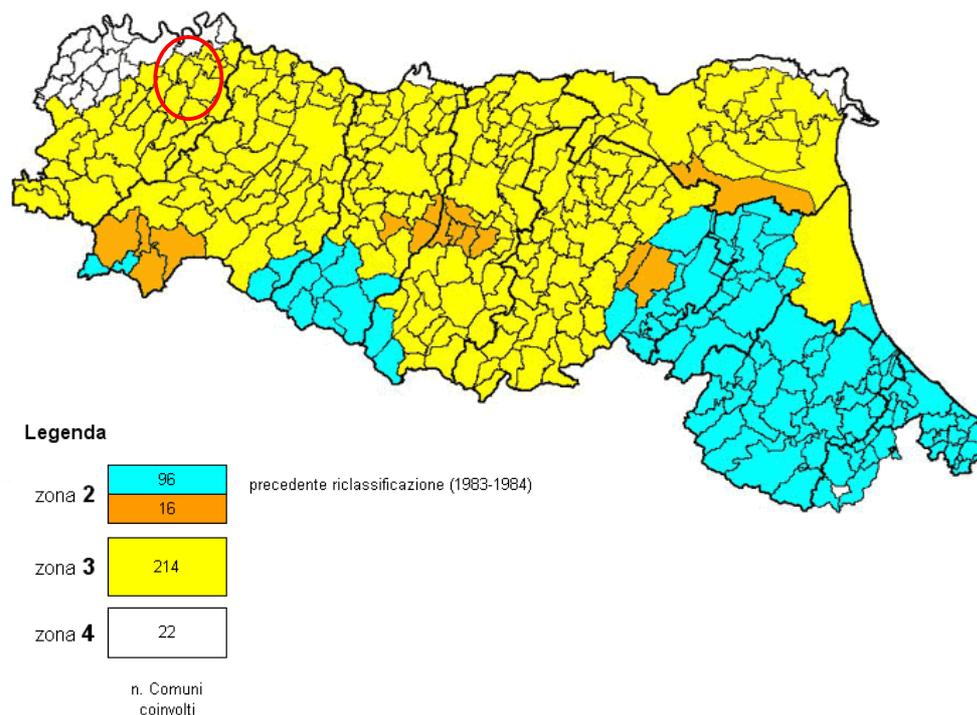


Figura 4: Zone sismiche del territorio italiano con recepimento delle variazioni operate dalle singole Regioni (fino a marzo 2004)

Il territorio comunale di Cadeo è classificato in zona 3, con conseguente accelerazione sismica orizzontale, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compreso tra 0,05 - 0,15. Tali valori d'accelerazione sono relativi al bedrock, ovvero a formazioni litoidi o terreni omogenei molto rigidi.

La Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 2 maggio 2007: *Approvazione dell'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16 comma 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"*, attribuisce al Comune di Cadeo un valore dell'accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per $T=0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}) pari a 0.110.

L'evoluzione normativa in materia sismica, con l'emanazione delle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008), ha fatto sì che i dati e le procedure necessari ai fini strettamente progettuali, siano svincolati dalla classificazione sismica del territorio, con alcune limitate eccezioni, prevedendo l'uso diretto dei parametri sismici del sito in oggetto.

Le norme tecniche forniscono le forme spettrali in funzione di tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento (cfr. Figura 5), i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni).

La pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

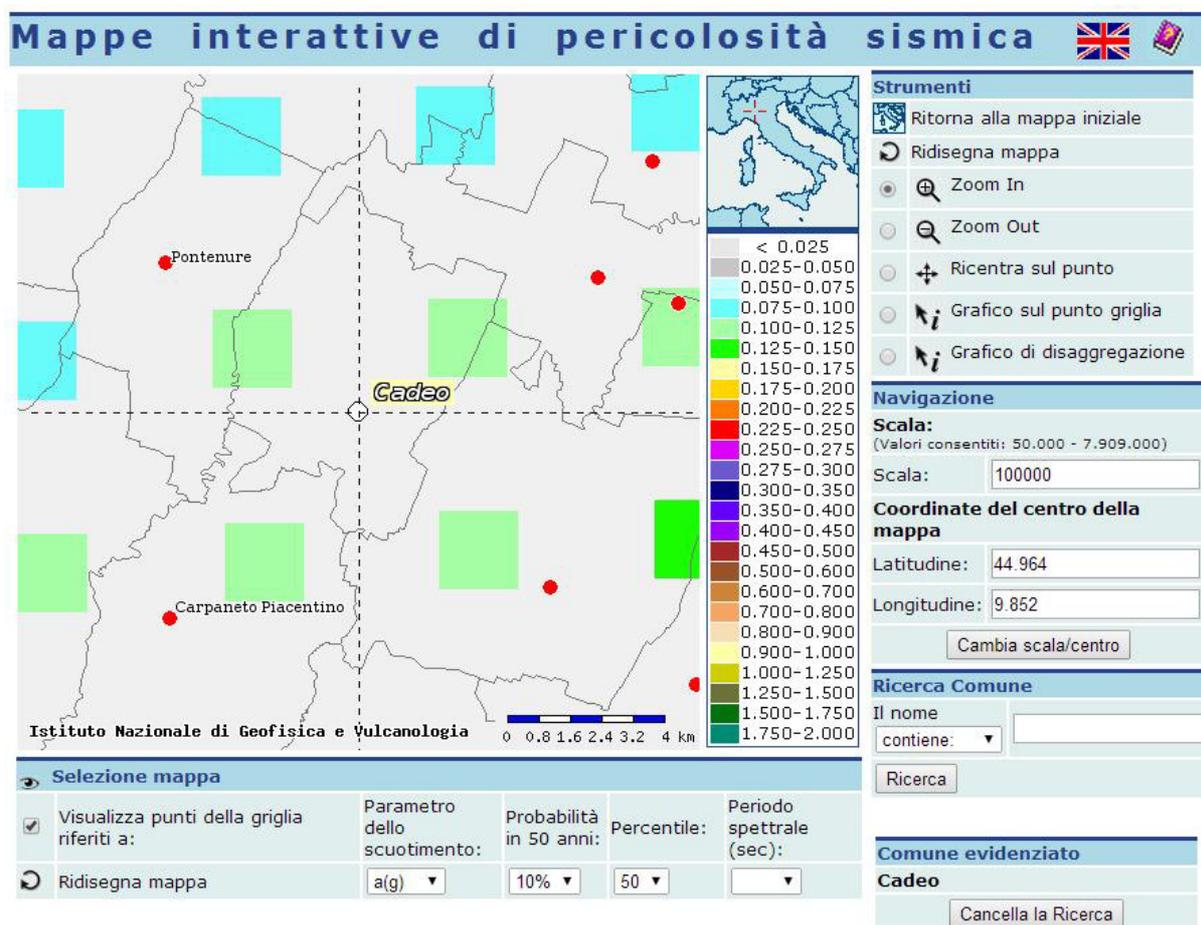


Figura 5: Mappatura dell'accelerazione orizzontale massima del terreno (a_g) con tempi di ritorno di 475 anni

2.2 SISMICITA' STORICA

La distribuzione della sismicità storica italiana degli ultimi mille anni è consultabile tramite il Catalogo parametrico dei terremoti italiani CPTI11 (a cura di A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi, 2011), consultabile al sito <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/>.

La sismicità storica del Comune di Cadeo è stata desunta dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI11. Il database DBMI11, realizzato nell'ambito delle attività del Tema Trasversale Coordinato INGV 5.1 "Banche dati e metodi macrosismici" (a cura di M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi), è consultabile al sito <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>.

Dall'esame del diagramma di Tabella 2, gli episodi più significativi per il Comune di Cadeo sono presumibilmente quelli del 1438 e del 1738, che produssero effetti del VII-VIII grado MCS (Scala Mercalli-Cancani-Sieberg).

Nella successiva Tabella 2 sono elencate le osservazioni, aventi la maggiore intensità al sito, disponibili per il territorio comunale. Nella tabella sono indicate, oltre alla stessa intensità al sito (Is), l'anno, il mese (Me), il giorno (Gi), in cui si è verificato, l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io), e la magnitudo momento (Mw).

Seismic history of Cadeo [44.973, 9.832]					
Total number of earthquakes: 4					
Effects	Is	Data	Area epicentrale, area geografica in cui sono stati riscontrati gli effetti maggiori del terremoto	Intensità macrosismica epicentrale, da CPTI11, espressa in scala MCS	Magnitudo momento, da CPTI11
		NF	1986 12 06 17:07	Bondeno	6
3-4		1991 10 31 09.31	Parmense	5	4.45 ±0.14
NF		2000 06 18 07:42	Parmense	5-6	4.43 ±0.09
NF		2005 04 18 10:59	Valle del Trebbia	5	3.98 ±0.09

Tabella 2: Eventi sismici di maggiore intensità verificatisi nel Comune di Cadeo

2.3 ZONAZIONE SISMOGENETICA

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha prodotto una zonazione sismogenetica (ZS9) del territorio nazionale che tiene conto dell'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale

(“Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’ O.P.C.M. 20-3-2003, n. 3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano - Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici”).

Il modello sismogenetico suddivide il territorio italiano in 36 diverse zone, numerate da 901 a 936, più altre 6 zone, identificate con le lettere da “A” a “F” fuori dal territorio nazionale (A-C) o ritenute di scarsa influenza (D-F).

La zonizzazione è stata condotta tramite l’analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la carta nazionale delle zone sismogenetiche.

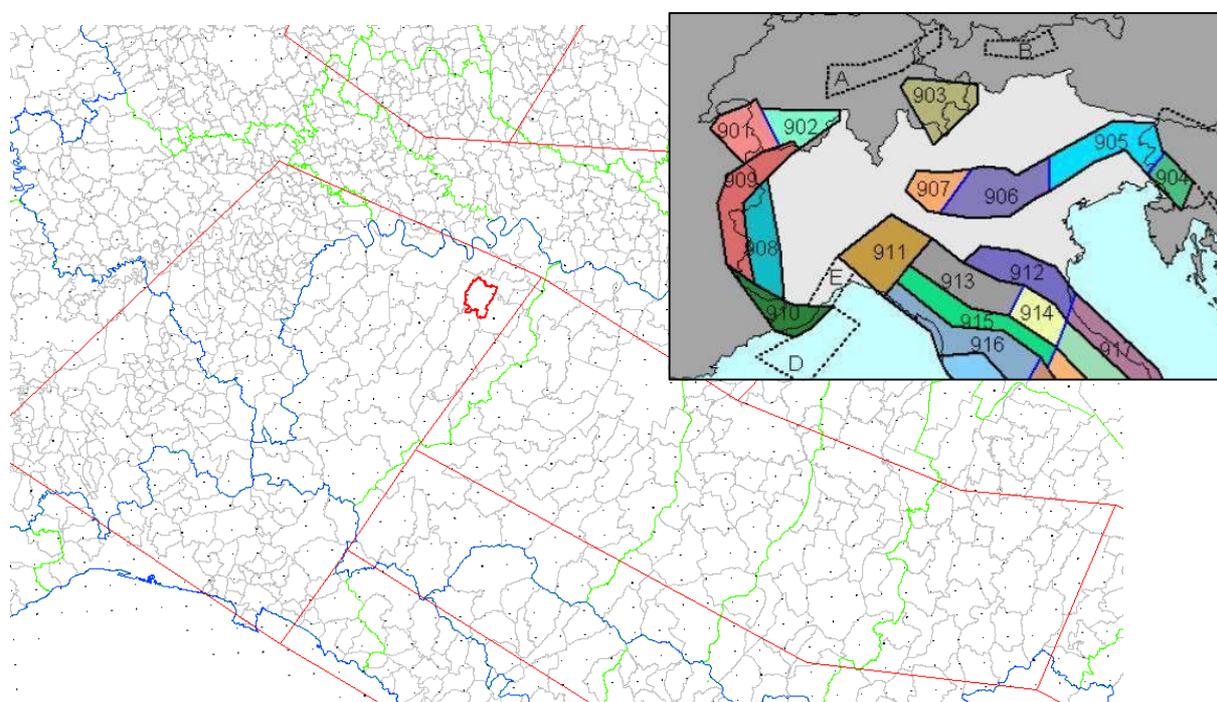


Figura 6: Zonizzazione sismogenetica ZS9 ridisegnata

Dall’esame della Figura 6 si evince che il Comune di Cadeo ricade all’interno della Zona Sismogenetica 911 e dista circa 6 Km dalla Zona 913 che fanno parte del complesso “Appennino settentrionale e centrale” (zone che vanno dalla 911 alla 923).

Tali zone ricadono in una fascia di transizione a carattere misto in cui convivono meccanismi diversi (essenzialmente compressivi a NW e distensivi a SE); si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture.

La zona Sismogenetica 911 rappresenta la porzione più esterna ed occidentale della fascia in compressione dell’Appennino Settentrionale, caratterizzata dallo sprofondamento passivo della

litosfera adriatica (placca tettonica "Adria") sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale (placca tettonica "Northern Apenninic Arc") con cinematismi attesi di sovrascorrimenti e faglie trascorrenti aventi assi SW-NE; i terremoti storici hanno raggiunto il valore massimo pari a $M_d = 4,1$; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 8 e 12 Km con profondità efficace di 8 km; nella Zona Sismogenetica 911 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a $M_{wmax2} = 6,14$.

All'interno della zona sismogenetica 913, i terremoti storici raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo; la massima magnitudo rilevata è $M_d = 4,8$; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 12 e 20 Km con profondità efficace di 13 km; nella zona sismogenetica 913 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a $M_{wmax2} = 6,14$.

3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE

Il territorio comunale di Cadeo si sviluppa nella fascia appartenente all'alta pianura piacentina, caratterizzata da paesaggi morfologici tipici delle piane alluvionali costituiti da depositi di argine/barra/canale che configurano una morfologia pianeggiante con pendenze comprese tra 0,5 e 1% e digradanti verso N.

Dal punto di vista della caratterizzazione geologica il territorio comunale risulta costituito dalla piana alluvionale costruita dagli apparati fluviali appenninici, ed in particolare dai torrenti Chiavenna, Chero e Riglio.

Nello specifico, l'intero territorio comunale è costituito da depositi alluvionali appartenenti al Sintema emiliano-romagnolo Superiore (AES) di età compresa tra il pleistocene medio e l'Olocene. Dal punto di vista litologico è costituita da ghiaie prevalenti in corrispondenza dei principali apparati fluviali (depositi di conoide e intravallivi terrazzati), passanti ad argille e limi prevalenti con locali intercalazioni sabbioso-ghiaiose nelle aree di interconoide.

Tali sedimenti appoggiano su depositi di prodelta, piattaforma, piana deltizia e di delta-conoide a litologia prevalentemente sabbiosa e limoso-sabbiosa (CMZ e ATS), presenti nel sottosuolo della pianura sino a profondità di oltre 150 m e affioranti nelle aree collinari del territorio provinciale assieme ai depositi delle formazioni marine pre-Quaternarie.

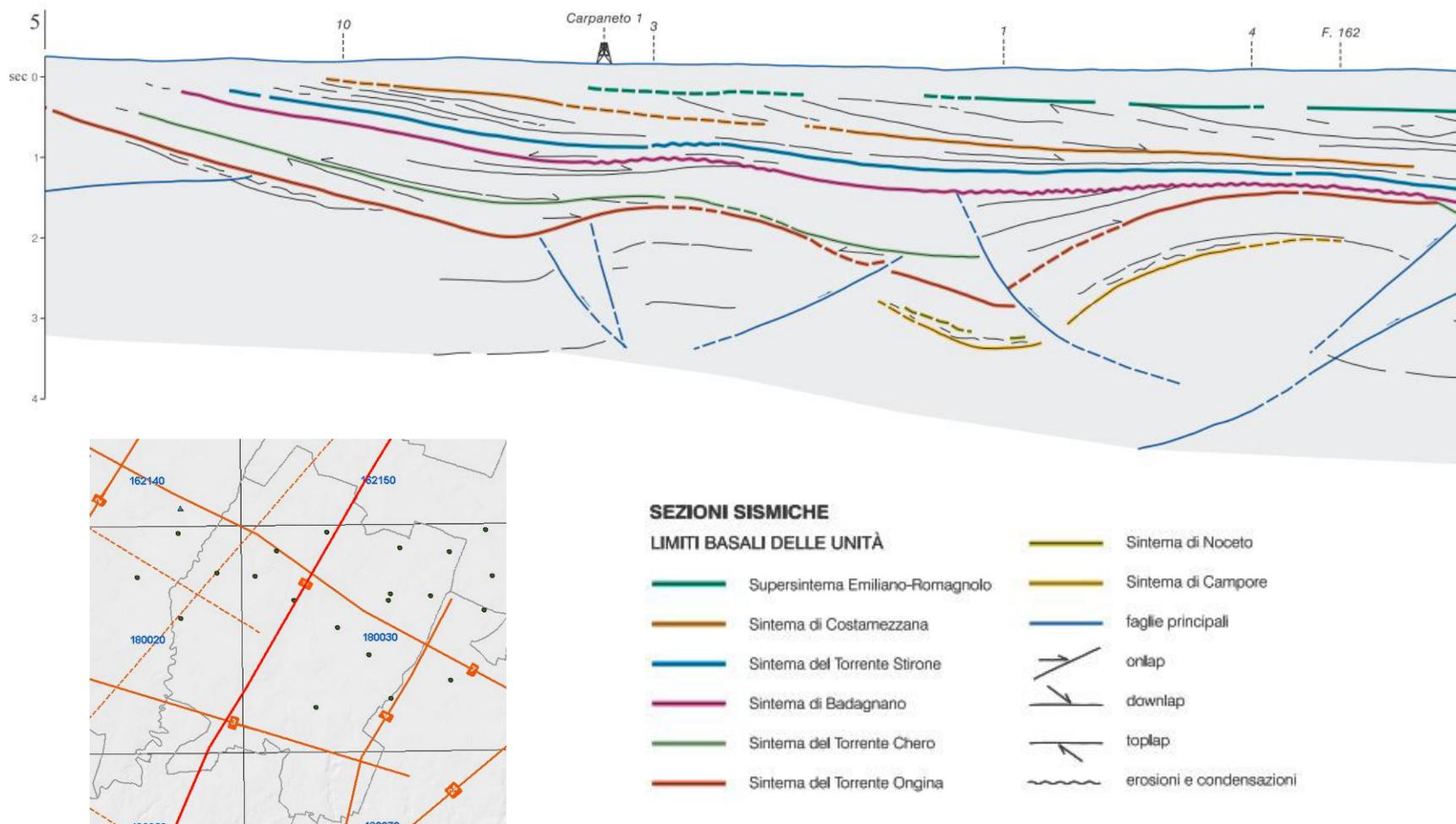


Figura 7: Estratto della sezione pubblicata n. 006 (da "Sezioni geologiche e prove geognostiche della pianura emiliano romagnola" del SGSS della Regione Emilia Romagna)

3.1 ASSETTO STRUTTURALE GENERALE

Il territorio comunale di Cadeo ricade nell'area di raccordo fra la parte esterna della catena appenninica strutturata nel Miocene superiore-Pliocene inferiore e il settore padano-adriatico in cui le deformazioni, sepolte, sono prevalentemente Pliocene superiore-quadernarie, parte delle quali tuttora attive.

L'assetto geostrutturale delle formazioni prequadernarie è caratterizzato da una successione plicativa ad anticlinali e sinclinali spesso fagliate e sovrascorse, con assi a vergenze appenniniche, la cui strutturazione è il frutto di spinte deformative provenienti da Sud-Ovest, che hanno provocato la deformazione secondo un modello a falde sovrapposte ed embrici NE vergenti (Pieri & Groppi, 1982).

Le grandi direttrici strutturali (fronti di accavallamento, pieghe, faglie), hanno pertanto direzione Nord-Ovest/Sud-Est, analogamente a quanto si riscontra in quasi tutto l'Appennino Tosco-Emiliano.

In tale schema la pianura piacentina è compresa nell'arco delle pieghe emiliane caratterizzate da due distinti fasci di thrust: il primo, più meridionale, detto fronte di accavallamento appenninico (Pedeappenninic Thrust Front, PTF), definisce il limite della catena appenninica affiorante; il secondo, detto fronte di accavallamento esterno (External Thrust Front, ETF), definisce il limite dell'appennino sepolto.

L'analisi della sismotettonica dell'Emilia-Romagna, condotta dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione, ha messo in evidenza come parte delle strutture sepolte che interessano il riempimento sedimentario Plio-Pleistocenico siano caratterizzate da attività molto recente ad attuale.

Nello specifico del territorio oggetto del presente Studio risultano attivi i sovrascorrimenti sepolti che danno luogo agli archi di Piacenza-Parma e il fronte coincidente con il margine pedeappenninico tra Salsomaggiore e la Val Taro.

Negli affioramenti lungo il margine piacentino, non sono presenti chiare evidenze di deformazioni recenti; i depositi della successione del margine si presentano pressoché indeformati e si immergono blandamente sotto i depositi alluvionali padani.

Dal punto di vista strutturale l'unica struttura importante che mostra attività tardo-quadernaria è il fronte sepolto dell'alto di Chero-Carpaneto, localizzato in pianura poco a sud di Piacenza tra le valli del Tidone e dello Stirone, prosecuzione verso SE del thrust di Stradella descritto da Benedetti et alii (2003).

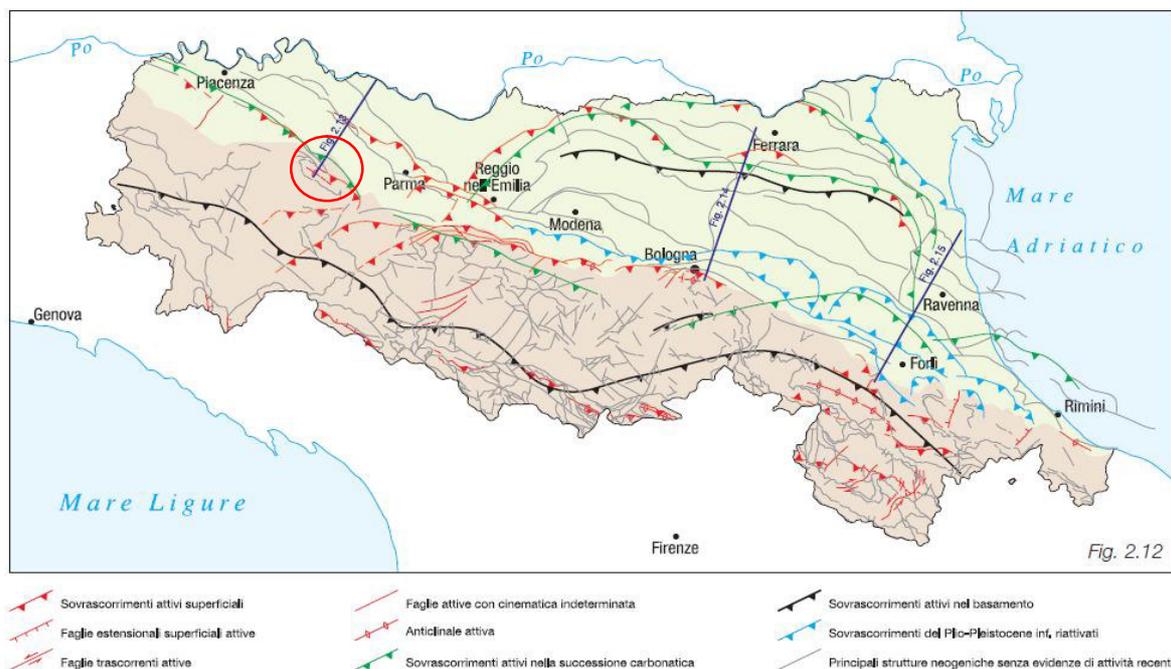


Figura 8: Strutture attive della Regione Emilia Romagna (Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna in scala 1:250.000 – SGSS Regione Emilia Romagna a cura di M. Boccaletti e L. Martelli)

4 ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA

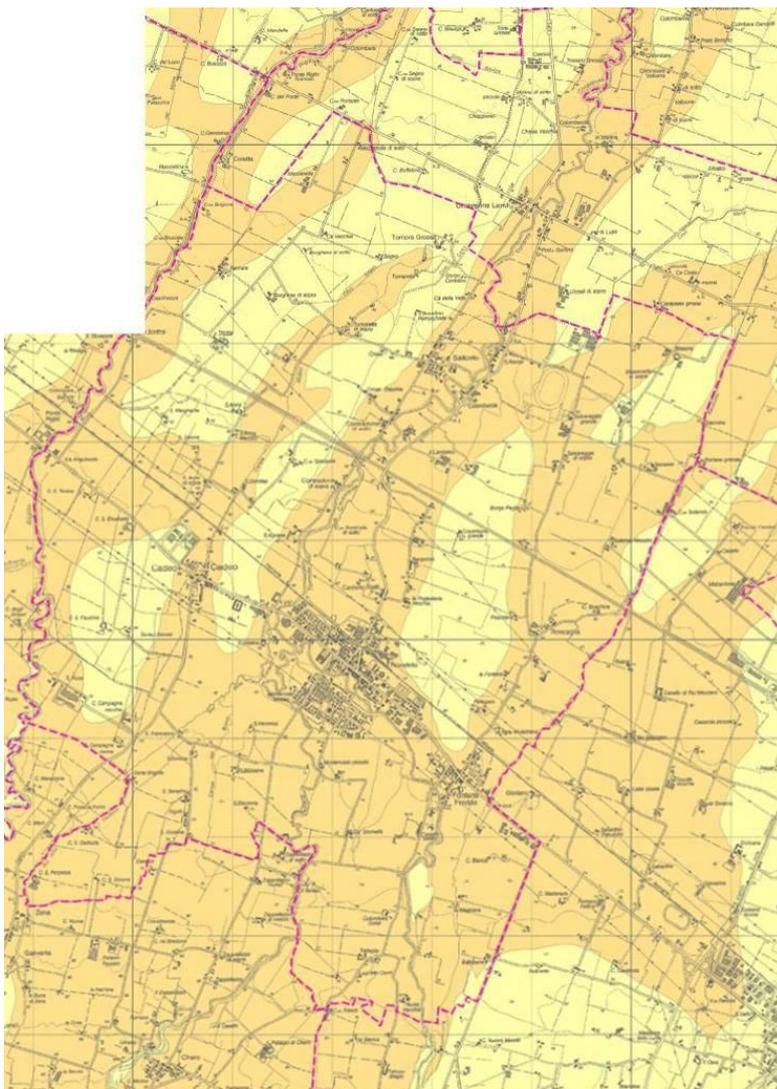
La Tavola A4 “Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali” del PTCP indica, su scala provinciale, le zone caratterizzate da differenti scenari di pericolosità locale con indicazione degli effetti locali attesi e fornisce ai Comuni i criteri su come e dove effettuare i successivi livelli di approfondimento previsti dalla DAL n.112/2007.

Nello specifico del Comune di Cadeo (v. Figura 9), sulla base di osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, sono state suddivise aree in cui sussiste il pericolo di liquefazione in relazione alla possibile presenza di depositi sabbiosi (classe S nella Tav. A4 del PTCP) e depositi detritici, depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o indifferenziati (Classe D nella Tav. A4 del PTCP).

Sulla base degli effetti attesi, il PTCP prevede quindi di effettuare successivi livelli di approfondimento relativi alla pericolosità sismica del territorio, al fine di integrare e meglio definire le informazioni elaborate alla scala provinciale; nello specifico vengono richiesti approfondimenti di II livello per le aree ricadenti in Classe D e di III livello per le aree ricadenti in Classe S (II se si esclude il rischio di liquefazione).

Legenda

- F1i Frane attive con inclinazione critica (pendenza > 15° e dislivello >= 30 m)
- F1 Frane attive
- F2i Frane quiescenti con inclinazione critica (pendenza > 15° e dislivello >= 30 m)
- F2 Frane quiescenti
- Di Depositi detritici, depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o indifferenziati, substrato roccioso con Vs30 < 800 m/s e assimilabili con inclinazione critica (pendenza > 15° e dislivello >= 30 m)
- Si Depositi alluvionali sabbiosi con inclinazione critica (pendenza > 15° e dislivello >= 30 m)
- Ci Depositi alluvionali argillosi con inclinazione critica (pendenza > 15° e dislivello >= 30 m)
- S Depositi alluvionali sabbiosi
- C Depositi alluvionali argillosi
- T Zone di contatto tettonico
- I Aree con inclinazione critica (pendenza > 15° e dislivello >= 30 m)
- D Depositi detritici, depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o indifferenziati, substrato roccioso con Vs30 < 800 m/s e assimilati
- R Substrato roccioso rigido (Vs30 >= 800 m/s)



CLASSE	EFFETTI DI SITO					LIVELLO DI APPROFONDIMENTO (rif. Delib. A.L. n. 112/2007)
	amplificazione litologica	amplificazione topografica	instabilità di versante	cedimenti	liquefazione	
P1i	X	X	X			III
F1	X		X			III
F2i	X	X	X			III
F2	X		X			III
Di	X	X	X			III
Si	X	X	X		X	III (classe Di se si esclude il rischio di liquefazione)
Ci	X	X	X	X		III (classe Di se si esclude il rischio di cedimenti)
S	X				X	III (I, classe D, se si esclude il rischio di liquefazione)
C	X			X		III (I, classe D, se si esclude il rischio di cedimenti)
T	X					II (III, classe Di, in caso di inclinazione critica degli eventuali orizzonti di alterazione/stratificazione di spessore > 5m)
I		X				II (II, classe Di, in caso di orizzonti di alterazione/stratificazione di spessore > 5m)
D	X					II
R						I (I, classe D, in caso di orizzonti di alterazione/stratificazione di spessore > 5m)

Figura 9: Stralcio della Tav. A4 “Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali” del PTCP

Di seguito vengono pertanto descritte le valutazioni di compatibilità geologico sismiche delle aree urbanizzate del Comune di Cadeo, adeguate a quanto previsto dalla DAL n.112/2007 ed alle indicazioni contenute nella Tav. A4 del PTCP e disciplinati dall’art. 33 della NTA.

4.1 ROVELETO

4.1.1 Indagini disponibili

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata attingendo dagli archivi del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (SGSS) e dalle elaborazioni di indagini fornite direttamente dall'Ufficio tecnico del Comune di Cadeo.

Le indagini raccolte sono costituite da stratigrafie di pozzi per acqua (5), sondaggi a carotaggio continuo (3) con i relativi dati di Standard Penetration Test SPT, prove penetrometriche statiche CPT (21), prove penetrometriche dinamiche DPM30 (6) e indagini geofisiche tipo MASW (3).

In considerazione della notevole densità di dati provenienti da indagini geotecniche in sito e della omogeneità delle condizioni geologiche e geotecniche dell'area, nel presente Studio non è stato ritenuto opportuno integrare i dati con ulteriori indagini in sito.

L'ubicazione delle indagini disponibili è riportata in Tavola 01 – Carta delle Indagini.

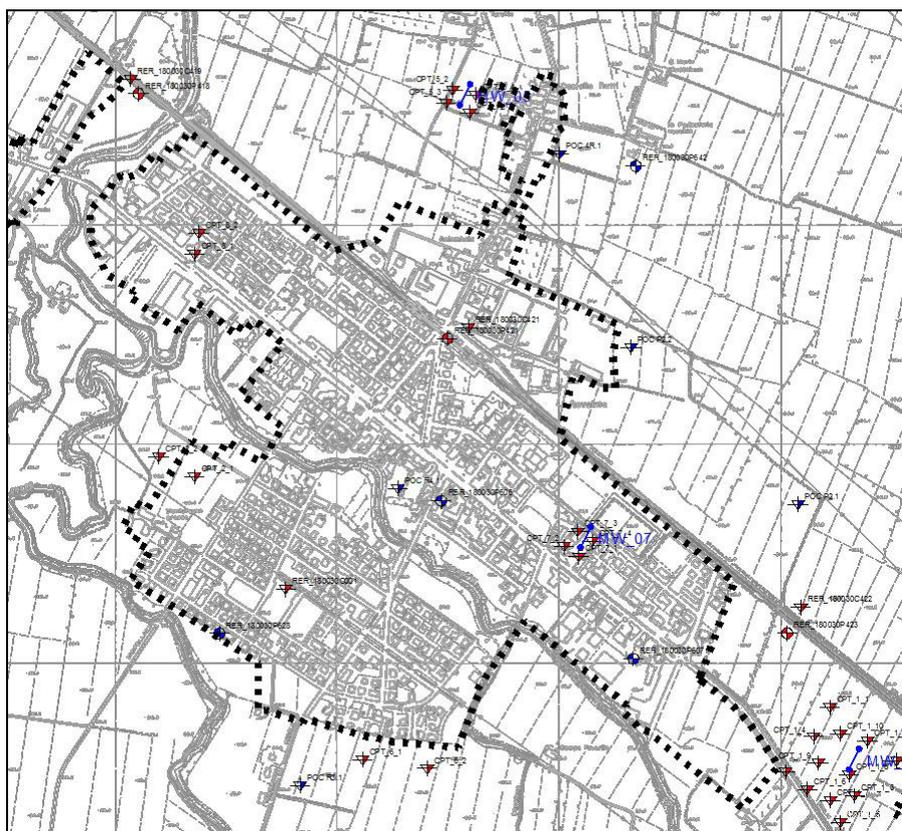


Figura 10: Indagini geognostiche e geofisiche disponibili

4.1.2 Successione stratigrafica

Dall'interpretazione dei dati disponibili risulta che l'assetto stratigrafico in sottosuolo è costituito da una copertura quaternaria continentale di spessore superiore ai 150m m (con spessori che aumentano progressivamente verso la pianura).

Tali depositi appartengono ai cicli sedimentari AES (v. cap.3) e sono costituiti da estesi corpi tabulari di ghiaie sabbiose, sabbie e limi con grado di addensamento, cementazione e spessore molto variabili.

Tali sedimenti appoggiano su depositi di prodelta, piattaforma, piana deltizia e di delta-conoide a litologia prevalentemente sabbiosa e limoso-sabbiosa (CMZ e ATS).

I terreni superficiali sono costituiti da depositi di canale, argine e rotta fluviale, costituiti prevalentemente da materiali a grana fine (argille limose, limi argillosi e localmente limi sabbiosi). Tali depositi presentano al loro interno livelli discontinui di corpi ghiaiosi immersi in abbondante matrice sabbiosa e/o sabbioso-limosa. Il livello ghiaioso più superficiale risulta generalmente attestato a profondità variabili dai 10 ai 15 m da p.c.

Quanto sopra detto trova conferma nei grafici di Figura 11 in cui sono riportati i profili di resistenza alla punta (q_c), ottenuti durante prove penetrometriche statiche CPT e dinamiche DPM30 effettuate in diverse aree del capoluogo.

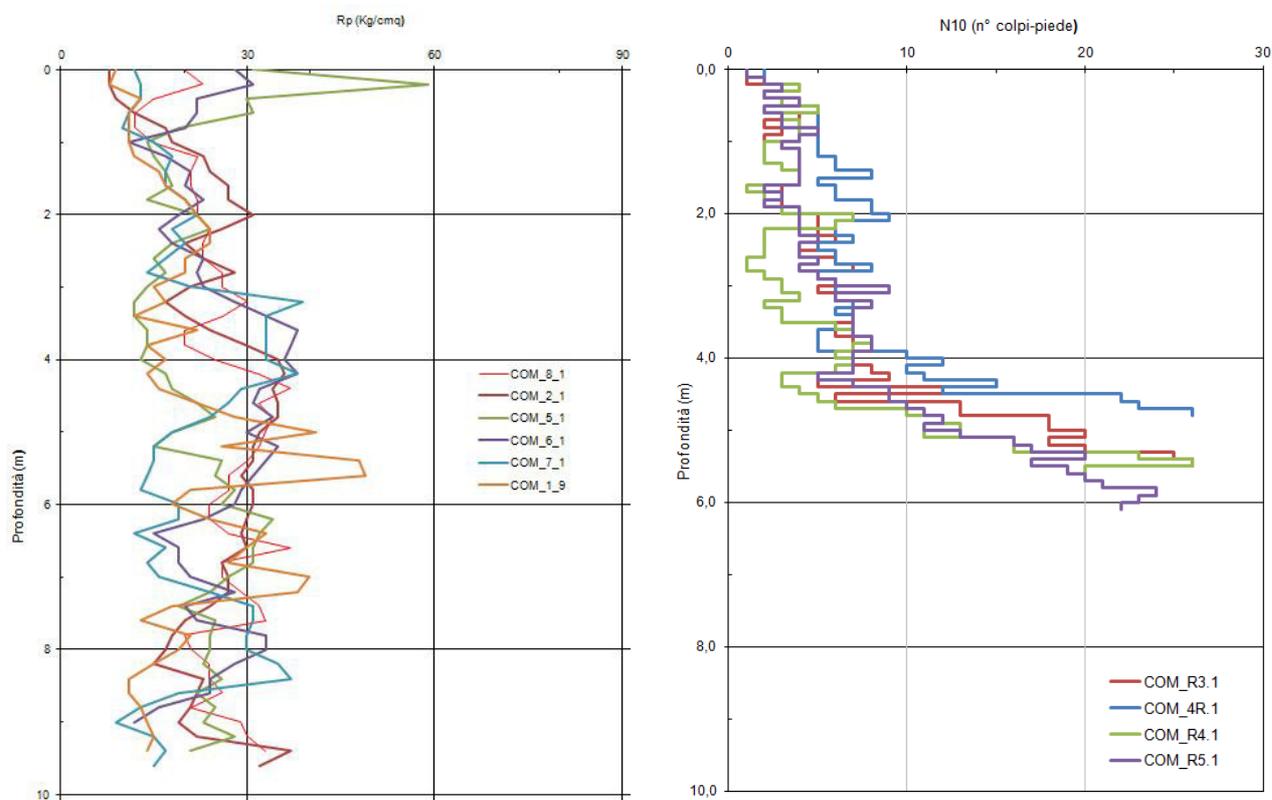


Figura 11: Elaborazione prove penetrometriche disponibili

L'assetto litostratigrafico di riferimento è schematizzato in Tavola 03 - Sezioni litostratigrafiche ricostruite sulla base dei dati ottenuti dalle indagini disponibili.

Dal punto di vista morfologico l'area è sostanzialmente pianeggiante con quote medie che si attestano tra 68 e 63 m s.l.m, con pendenze comprese tra 0,3 e 0,5% debolmente digradanti verso N.

Dal punto di vista idrogeologico, i depositi porosi-permeabili corrispondenti al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) sono sede del serbatoio acquifero più superficiale (Gruppo Acquifero "A" secondo quanto riportato nel volume "Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna", Di Dio et alii, 1998).

La superficie piezometrica presenta una direzione di flusso verso nord-est, con soggiacenze molto ridotte variabili da 1 a 2 m dal p.c (v. Tav. Q.C.27 "Carta Idrogeologica" del PSC) e oscillazioni stagionali in grado di innalzare il livello freatico sino a quote prossime al piano campagna.

4.1.3 Indagini geofisiche

L'ubicazione delle indagini MASW disponibili all'interno del territorio urbanizzato di Roveleto è riportata in Tav. 01 'Carta delle indagini' e in Tav. 04 'Carta delle Velocità delle onde S'; in quest'ultima, oltre all'ubicazione della prova, è riportato anche il valore della Vs30 rilevato.

All'interno del territorio urbanizzato di Roveleto e nel suo stretto intorno sono disponibili n. 4 indagini MASW, i cui dati consentono di effettuare alcune considerazioni generali relativamente alle caratteristiche sismo-elastiche dei terreni sub-superficiali (30 - 40 m di profondità di indagine).

La velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità, determinata mediante prove MASW (pregresse e di nuova realizzazione), risulta molto omogenea compresa tra circa 250 - 270 m/s.

Si osserva inoltre come tutte le aree indagate sono caratterizzate dalla presenza in superficie di un primo livello di terreno con spessore compreso tra 8 m e 15 m, caratterizzato da valori modesti di Vs30 compresi tra circa 100 - 250 m/s.

Inferiormente si rileva la presenza di mezzi aventi rigidità più elevata, corrispondenti evidentemente ai corpi prevalentemente ghiaiosi, con valori di Vs 30 compresi tra circa 310 - 520 m/s.

Dai diagrammi si osserva, al di sotto del primo livello ghiaioso, un generale aumento delle velocità delle onde di taglio con la profondità; solo in corrispondenza della prova MW_01 si registra un'inversione di velocità all'incirca alla profondità di 12÷13 m da p.c.

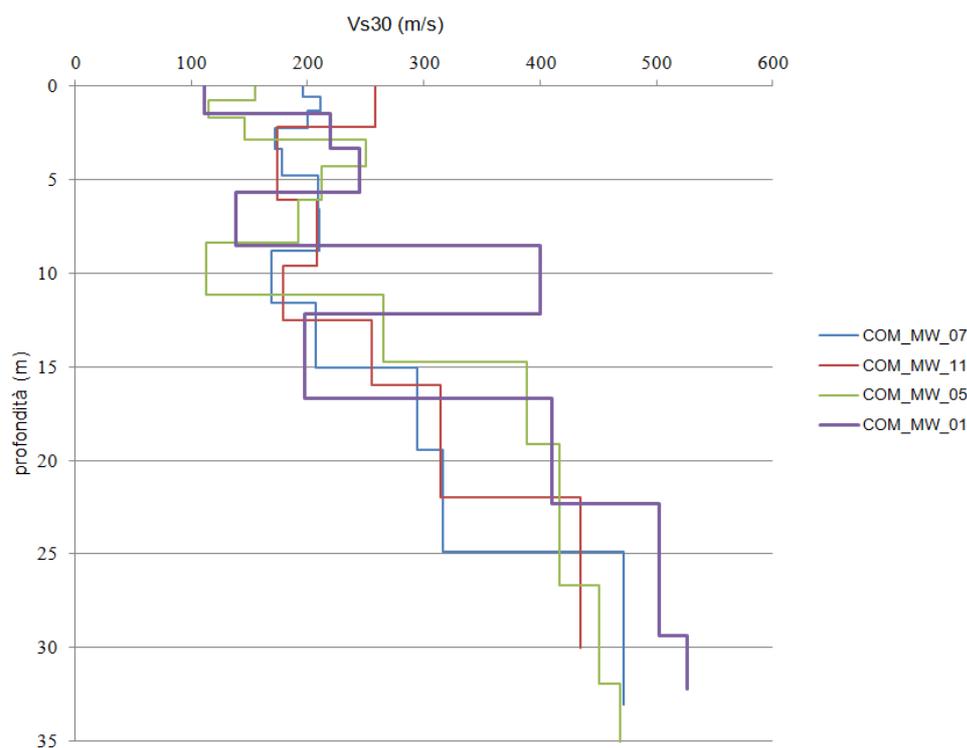


Figura 12: Profili di Vs30 relativi ai siti indagati all'interno dell'area di pertinenza di Roveleto

Alla luce dei dati desunti dalle indagini MASW disponibili è possibile effettuare una stima dei fattori di amplificazione sismica dell'area, mediante l'utilizzo degli abachi di riferimento per gli effetti litostratigrafici previsti nell'Allegato A2 della Delibera dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, 112 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Nel caso specifico, per il calcolo dei fattori di amplificazione FA_{PGA} , $FA_{0.1-0.5S}$ e $FA_{0.5-1S}$, sono stati considerati gli abachi relativi all'Ambito Pianura 2 caratterizzato da un profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo ≥ 100 m da p.c. (v. A2.1.2 degli Indirizzi Regionali).

F.A. P.G.A.

V _{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE – 0,1s<T₀<0,5s.

V _{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE – 0,5s<T₀<1,0s.

V _{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0

Figura 13: Fattori di amplificazione per l'Ambito Pianura 2 previsti dalla DAL n.112/2007

Dai risultati ottenuti si evince che tutta l'area studiata è suscettibile di amplificazioni caratterizzate da $FA_{PGA} = 1,5$ - $FA_{0,1-0,5S} = 1,8$ - $FA_{0,5-1S} = 2,3$.

La microzonazione sismica del territorio urbanizzato di Roveleto è riportata in Tavola 05.

4.1.4 Analisi della pericolosità di liquefazione dei terreni

Sulla base dei dati della cartografia geologica regionale, la Tavola A4 del PTCP - Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali alla scala 1:25.000, evidenzia la presenza di depositi sabbiosi potenzialmente liquefacibili, all'interno dell'intero territorio urbanizzato di Roveleto (v. Figura 9).

Il fenomeno della liquefazione interessa depositi prevalentemente sabbiosi saturi che, durante ed immediatamente dopo una sollecitazione di tipo ciclico, subiscono una drastica riduzione della resistenza al taglio.

La causa principale della liquefazione è il sorgere di un notevole aumento delle pressioni interstiziali, che assumono valori prossimi a quelli delle pressioni totali, realizzando condizioni di resistenza al taglio praticamente nulla: il terreno si comporta come un liquido.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 14(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 14(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

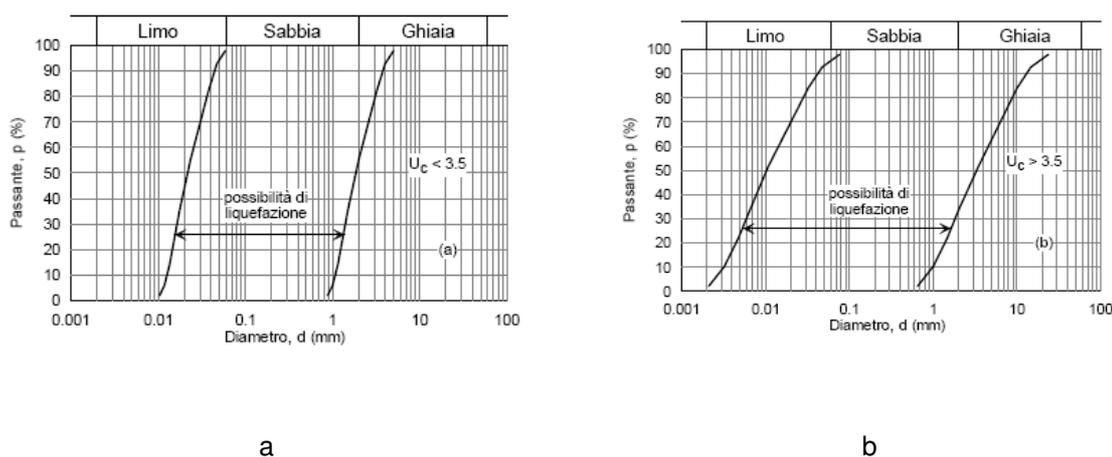


Figura 14: Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione

Non essendo noto con precisione il fuso granulometrico caratteristico dei terreni, ma essendo presenti tutti gli altri fattori predisponenti al fenomeno, si procede di seguito alla verifica di liquefazione mediante metodi analitici semplificati.

Al riguardo sono stati utilizzati i dati ottenuti dalle seguenti prove penetrometriche statiche, ritenuti rappresentativi del territorio in esame: CPT_8_2, CPT_5_1, CPT_7_2, CPT_2_1.

4.1.4.1 Descrizione del metodo di analisi

I metodi analitici semplificati per la verifica di liquefazione si esprimono attraverso coefficiente di sicurezza calcolato come rapporto fra la resistenza al taglio mobilabile CRR, funzione delle

caratteristiche meccaniche dello strato, e lo sforzo tagliante indotto dal sisma CSR, che dipende dai parametri del sisma di progetto.

La suscettibilità alla liquefazione può essere valutata con metodi analitici semplificati attraverso un coefficiente di sicurezza calcolato come rapporto fra la resistenza al taglio mobilabile CRR, funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, e lo sforzo tagliante indotto dal sisma CSR, che dipende dai parametri del sisma di progetto.

Si può escludere la liquefazione quando tale rapporto è maggiore di 1.

$$F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

Il valore di CSR è calcolato come proposto Seed e Idriss (1971) con la seguente espressione:

$$CSR = 0.65 \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \right) \cdot r_d$$

dove:

a_{\max} = accelerazione sismica massima (m/s²);

g = accelerazione di gravità (m/s²);

σ_{v0} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c. (m);

σ'_{v0} = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c. (m);

r_d = coefficiente funzione della profondità dal p.c. calcolabile con le seguenti espressioni proposte dal NCEER:

$$r_d = 1.0 - 0.00765 \cdot z \text{ per } z \leq 9.15 \text{ m}$$

$$r_d = 1.174 - 0.0267 \cdot z \text{ per } 9.15 \text{ m} < z \leq 23 \text{ m}$$

$$r_d = 0.074 - 0.08 \cdot z \text{ per } 23 \text{ m} < z \leq 30 \text{ m}$$

$$r_d = 0.5 \text{ per } z > 30 \text{ m}$$

Alla domanda di resistenza ciclica alla liquefazione è possibile applicare un fattore di sicurezza aggiuntivo, il cui valore tipico è pari a 1.2, per tenere conto delle pressioni interstiziali e delle deformazioni che si verificano durante il sisma:

$$CSR_{fs} = 1.2 \text{ CSR}$$

La capacità di resistenza alla liquefazione può essere ricavata attraverso correlazioni con i dati ottenuti da prove penetrometriche dinamiche, statiche o di sismica a rifrazione.

I valori di CRR ottenuti da tali correlazioni sono solitamente riferiti a eventi sismici di magnitudo pari a 7.5; si utilizza quindi un coefficiente di correzione della magnitudo MSF.

$$CRR_M = CRR_{7.5} \cdot MSF$$

MSF viene valutato diversamente a seconda del tipo di prova utilizzato. Per le prove SPT e CPT ed eventi sismici di magnitudo < 7.5 si utilizza la formula di Youd et al. (2001):

$$MSF = 10^{2.84} / M^{3.24}$$

Valutazione dei depositi argilloso limosi sulla base dei risultati delle prove CPT:

$$CRR_{7.5} = 0.833 * (q_{c1N})_{cs} / 1000 + 0.05 \text{ per } (q_{c1N})_{cs} < 50$$

$$CRR_{7.5} = 93 * ((q_{c1N})_{cs} / 1000)^3 + 0.05 \text{ per } 50 < (q_{c1N})_{cs} < 160$$

Dove $(q_{c1N})_{cs}$ è la resistenza alla punta normalizzata a circa 100 kPa (1 atm) e corretta per il contenuto in materiali fini calcolata secondo il metodo di Robertson & Write modificato.

Si evidenzia che, facendo riferimento alla Carta di Robertson (1990), il tipo di suolo può essere definito per mezzo dell'indice I_c , calcolato secondo la seguente equazione:

$$I_c = [(3,47 - \log Q)^2 + (1,22 + \log F)^2]^{0.5}$$

dove

$$Q = [(qc - \sigma_{v0}) / P_a] * [(P_a / \sigma'_{v0})^n]$$

$$F = [f_s / (qc - \sigma_{v0})] * 100\%$$

Se il calcolo di I_c con esponente $n=1$ risulta > 2,6 il suolo è classificato come argilloso e non è considerato a rischio per la liquefazione.

Zona	Tipo di suolo	Indice I_c
2	Terreni organici (torbe)	$I_c > 3,60$
3	Argilla (da argilla limosa a argilla)	$2,95 < I_c < 3,60$
4	Miscele di limo (da limo argilloso a argilla limosa)	$2,60 < I_c < 3,95$
5	Miscele di sabbia (da sabbia limosa a limo sabbioso)	$2,05 < I_c < 2,60$
6	Sabbie (da pulite a limose)	$1,31 < I_c < 2,05$
7	Sabbia ghiaiosa	$I_c < 1,31$

Figura 15: Classificazione dei terreni in base alla carta di Robertson (1990)

Nella successive tabelle viene riportato il fattore di sicurezza alla liquefacibilità in funzione della profondità, calcolato con il metodo di Robertson & Write modificato per le prove CPT considerate, considerando quali dati di input: Magnitudo $M_w = 6.14$ (magnitudo momento massima prevista per la Zona sismogenetica 911), $A_{max} = 1,62 \text{ m/s}^2$ e falda a piano campagna:

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT_8_2												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	0	0							
0,4	7,4	7,4	1,00	1000	107	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	2100	87	2,19	0,20	0,40	1,00	0,11	3,76	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	2400	100	2,23	0,27	0,54	0,99	0,11	5,07	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1800	80	2,39	0,41	0,84	0,99	0,11	7,90	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1300	67	2,56	0,21	0,42	0,99	0,12	3,58	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1300	60	2,55	0,21	0,42	0,99	0,13	3,33	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1400	53	2,49	0,24	0,48	0,99	0,13	3,63	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	2100	53	2,25	0,18	0,36	0,99	0,14	2,61	non liquefacibile
2	37	27	0,98	2200	67	2,32	0,28	0,57	0,98	0,14	3,94	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	2000	67	2,40	0,53	1,07	0,98	0,15	7,18	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	2100	93	2,49	0,61	1,24	0,98	0,15	8,06	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	2000	80	2,49	0,54	1,09	0,98	0,16	6,94	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	2300	13	1,92	0,10	0,20	0,98	0,16	1,22	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	2500	13	1,89	0,10	0,20	0,98	0,16	1,22	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	2400	60	2,33	0,25	0,50	0,98	0,17	3,02	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	2600	87	2,41	0,55	1,11	0,97	0,17	6,59	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	2500	80	2,43	0,52	1,06	0,97	0,17	6,18	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	2900	87	2,37	0,36	0,73	0,97	0,17	4,22	non liquefacibile
4	74	44	0,97	2800	87	2,41	0,42	0,86	0,97	0,18	4,89	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	2800	87	2,42	0,43	0,88	0,97	0,18	5,00	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	2200	60	2,47	0,46	0,94	0,97	0,18	5,25	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	2600	100	2,53	0,67	1,37	0,96	0,18	7,65	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	3300	107	2,41	0,44	0,91	0,96	0,18	5,01	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	3500	167	2,53	1,39	2,83	0,96	0,18	15,57	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	3500	180	2,56	1,33	2,71	0,96	0,18	14,80	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	3500	180	2,57	1,27	2,59	0,96	0,18	14,09	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	3500	167	2,56	1,22	2,48	0,96	0,18	13,45	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	3600	180	2,57	1,27	2,58	0,96	0,19	13,91	non liquefacibile
6	111	61	0,95	3200	167	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	3000	120	2,58	0,71	1,45	0,95	0,19	7,75	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	2700	140	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	2500	140	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	2500	140	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	2600	120	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	2800	133	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	2400	127	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	2500	167	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	2900	127	2,68	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	2900	100	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	2500	113	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	2100	120	2,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	2100	120	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	2000	127	2,97	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	2500	127	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	2600	140	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	89,9	0,92	3000	153	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,6	177,6	91,6	0,92	3300	173	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 3: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT_8_2 (Roveleto O)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT_5_1												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00									
0,4	7,4	7,4	1,00	5900	73	1,43	0,19	0,38	1,00	0,11	3,59	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	3000	127	2,12	0,23	0,46	1,00	0,11	4,33	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	3100	87	2,03	0,17	0,34	0,99	0,11	3,15	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1900	133	2,53	0,47	0,96	0,99	0,11	9,02	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1400	100	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1500	100	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1700	153	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	1800	153	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2	37	27	0,98	1400	127	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	2200	113	2,51	0,69	1,40	0,98	0,15	9,36	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	2400	67	2,30	0,26	0,52	0,98	0,15	3,39	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	1800	53	2,43	0,41	0,84	0,98	0,16	5,34	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	1500	60	2,60	0,27	0,56	0,98	0,16	3,45	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	1700	53	2,50	0,35	0,71	0,98	0,16	4,35	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	1400	53	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	1200	40	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	1200	20	2,50	0,16	0,32	0,97	0,17	1,87	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	1400	47	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4	74	44	0,97	1400	107	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	1300	133	3,04	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	1700	153	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	1800	187	2,97	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	2200	160	2,80	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	2500	93	2,56	0,56	1,14	0,96	0,18	6,24	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	1800	113	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	1500	107	2,95	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	2600	167	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	2500	147	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	2800	147	2,68	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	2600	180	2,80	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	3400	213	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	3200	227	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	3100	233	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	3100	180	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	2700	153	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	2400	120	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	1900	153	3,01	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	2500	160	2,85	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	2400	153	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	2400	127	2,82	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	2300	147	2,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	2600	153	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	2200	153	2,96	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	2500	133	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	2300	160	2,96	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	89,9	0,92	2800	160	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 4: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT 5_1 (Roveleto N)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT_7_1												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	0	0	-	-	-	-	-	-	-
0,4	7,4	7,4	1,00	1200	47	2,21	0,15	0,31	1,00	0,11	2,94	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	1300	73	2,42	0,21	0,42	1,00	0,11	3,92	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	1300	87	2,56	0,21	0,42	0,99	0,11	3,92	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1100	113	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1000	87	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1500	93	2,60	0,27	0,56	0,99	0,13	4,42	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1800	93	2,51	0,41	0,84	0,99	0,13	6,33	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	1700	113	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2	37	27	0,98	1700	140	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	2000	127	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	2200	127	2,57	0,69	1,40	0,98	0,15	9,11	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	1800	107	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	2000	127	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	1700	100	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	1400	113	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	2100	87	2,55	0,52	1,07	0,97	0,17	6,31	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	3900	33	1,89	0,13	0,26	0,97	0,17	1,55	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	3300	207	2,57	1,60	3,26	0,97	0,17	18,79	non liquefacibile
4	74	44	0,97	3300	227	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	3300	213	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	3800	93	2,26	0,24	0,50	0,97	0,18	2,80	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	2900	213	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	2700	207	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	2400	187	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	1800	153	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	1500	113	2,97	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	1500	100	2,94	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	1400	53	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	1300	60	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	1900	60	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	1900	100	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	1200	80	3,08	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	1700	53	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	1400	67	2,94	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	1600	27	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	2400	80	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	3100	153	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	3100	180	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	3000	173	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	3000	147	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	3500	160	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	3700	73	2,40	0,18	0,36	0,93	0,19	1,89	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	1900	140	3,03	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	1300	107	3,22	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	900	73	3,38	-	-	-	-	-	0,95
9,4	173,9	89,9	0,92	1500	140	3,21	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,6	177,6	91,6	0,92	1700	100	3,03	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,8	181,3	93,3	0,91	1500	100	3,13	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 5: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT 7_1 (Roveleto E)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT_2_1												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	800	33	2,16	0,11	0,22	1,00	0,11	2,08	non liquefacibile
0,4	7,4	7,4	1,00	800	53	2,50	0,11	0,22	1,00	0,11	2,08	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	900	100	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	1200	60	2,48	0,18	0,36	0,99	0,11	3,41	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1700	100	2,50	0,36	0,73	0,99	0,11	6,89	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1800	127	2,57	0,41	0,84	0,99	0,12	7,20	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	2300	140	2,48	0,77	1,58	0,99	0,13	12,57	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	2400	153	2,51	0,87	1,77	0,99	0,13	13,32	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	2700	167	2,48	1,20	2,45	0,99	0,14	17,60	non liquefacibile
2	37	27	0,98	2700	167	2,50	1,20	2,45	0,98	0,14	16,93	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	3100	180	2,46	1,78	3,63	0,98	0,15	24,24	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	2600	100	2,38	0,63	1,29	0,98	0,15	8,36	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	2000	47	2,33	0,21	0,43	0,98	0,16	2,75	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	2300	67	2,36	0,35	0,71	0,98	0,16	4,41	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	2800	87	2,34	0,37	0,76	0,98	0,16	4,65	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	2100	40	2,30	0,16	0,33	0,98	0,17	2,00	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	1700	40	2,45	0,32	0,64	0,97	0,17	3,80	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	2000	80	2,57	0,44	0,90	0,97	0,17	5,23	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	2400	113	2,57	0,66	1,35	0,97	0,17	7,81	non liquefacibile
4	74	44	0,97	3000	87	2,36	0,33	0,67	0,97	0,18	3,81	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	3500	113	2,36	0,41	0,83	0,97	0,18	4,70	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	3600	160	2,47	1,29	2,63	0,97	0,18	14,78	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	3400	167	2,53	1,41	2,87	0,96	0,18	15,97	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	3500	167	2,52	1,46	2,97	0,96	0,18	16,41	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	3500	160	2,52	1,39	2,83	0,96	0,18	15,57	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	3200	173	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	3100	173	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	3100	173	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	2900	160	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	3100	160	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	3100	160	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	3000	173	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	2900	160	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	3000	107	2,57	0,64	1,31	0,95	0,19	6,93	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	2600	100	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	2700	100	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	2700	67	2,53	0,37	0,75	0,94	0,19	3,96	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	2400	93	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	2000	33	2,55	0,22	0,45	0,94	0,19	2,34	non liquefacibile
8	148	78	0,94	1800	53	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	1700	60	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	1500	47	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	1500	33	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	2300	27	2,45	0,12	0,24	0,93	0,19	1,27	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	2200	100	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	2100	113	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	89,9	0,92	1900	47	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,6	177,6	91,6	0,92	2200	140	2,96	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,8	181,3	93,3	0,91	3700	140	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10	185	95	0,91	3200	140	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 6: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT_2_1 (Roveleto S)

Come si evince dalle tabelle precedenti all'interno dei depositi presenti nel territorio urbanizzato di Roveleto il rischio di liquefazione, di cui peraltro non si ha memoria storica in zona, può essere considerato trascurabile.

A conferma di quanto sopra evidenziato si segnala anche che i profili stratigrafici di alcuni sondaggi a carotaggio continuo realizzati a cavallo della linea ferroviaria che attraversa l'abitato di Roveleto (RER 180030P418, RER 180030P421 e RER 180030P423) e le elaborazioni delle prove penetrometriche effettuate all'interno del territorio, non evidenziano la presenza di strati significativi di sabbie e/o limi sabbiosi (v. Allegato 1).

4.2 CADEO

4.2.1 Indagini disponibili

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata attingendo dagli archivi del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (SGSS) e dalle elaborazioni di indagini fornite direttamente dall'Ufficio tecnico del Comune di Cadeo.

Le indagini raccolte sono costituite da stratigrafie di pozzi per acqua (3), sondaggi a carotaggio continuo (2) con i relativi dati di Standard Penetration Test SPT, prove penetrometriche statiche CPT (6), prove penetrometriche dinamiche DPM30 (2) e indagini geofisiche tipo MASW (2).

L'ubicazione delle indagini disponibili è riportata in Tavola 01 – Carta delle Indagini.

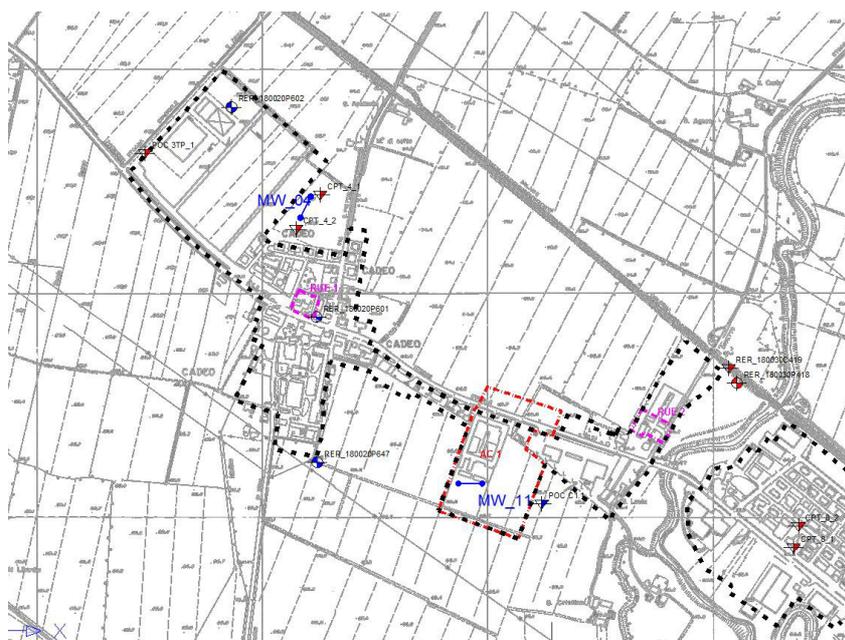


Figura 16: Indagini geognostiche e geofisiche disponibili

4.2.2 Successione stratigrafica

Dall'interpretazione dei dati disponibili risulta che l'assetto stratigrafico in sottosuolo è costituito da una copertura quaternaria continentale di spessore superiore ai 150m m (con spessori che aumentano progressivamente verso la pianura).

Tali depositi appartengono ai cicli sedimentari AES (v. cap.3) e sono costituiti da estesi corpi tabulari di ghiaie sabbiose, sabbie e limi con grado di addensamento, cementazione e spessore molto variabili.

Tali sedimenti appoggiano su depositi di prodelta, piattaforma, piana deltizia e di delta-conoide a litologia prevalentemente sabbiosa e limoso-sabbiosa (CMZ e ATS).

I terreni superficiali sono costituiti da depositi di canale, argine e rotta fluviale, costituiti prevalentemente da materiali a grana fine (argille limose, limi argillosi e limi sabbiosi). Tali depositi presentano al loro interno livelli discontinui di corpi ghiaiosi immersi abbondante matrice sabbiosa e/o sabbioso-limoso; il livello ghiaioso più superficiale risulta generalmente attestato a profondità variabili dai 7 ai 12 m da p.c.

Quanto sopra detto trova conferma nei grafici di Figura 11 in cui sono riportati i profili di resistenza alla punta (q_c), ottenuti durante prove penetrometriche statiche CPT e dinamiche DPM30 effettuate in diverse aree del capoluogo.

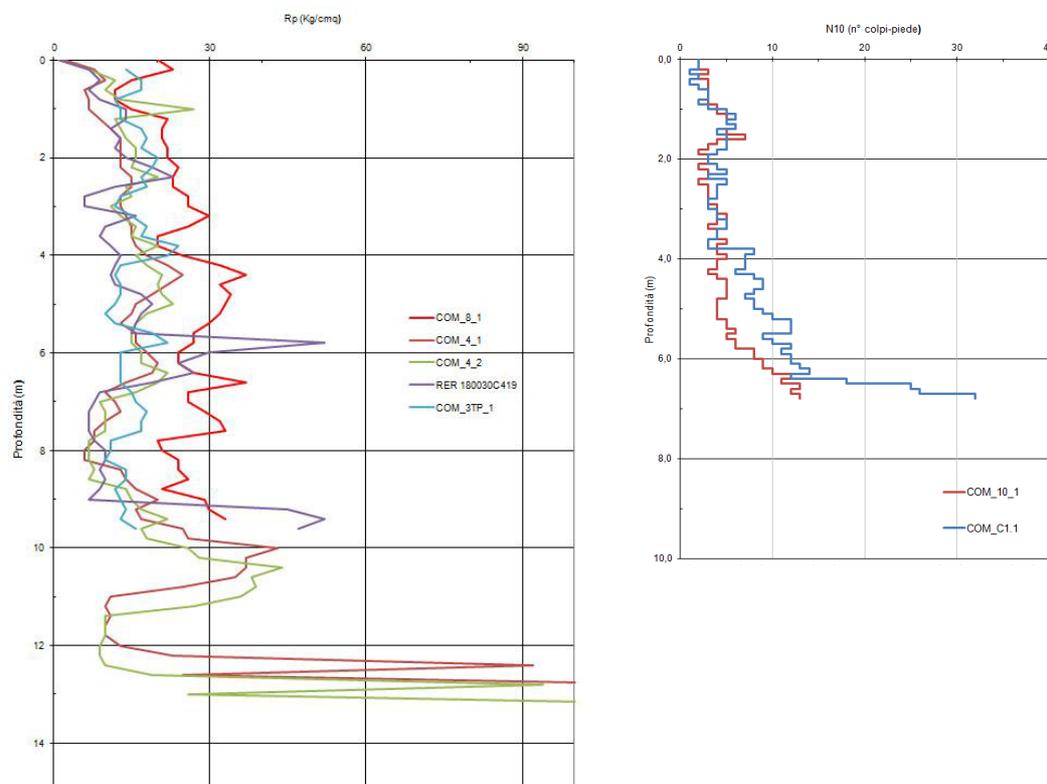


Figura 17: Elaborazione prove penetrometriche disponibili

L'assetto litostratigrafico di riferimento è schematizzato in Tavola 03 - Sezioni litostratigrafiche ricostruite sulla base dei dati ottenuti dalle indagini disponibili.

Dal punto di vista morfologico l'area è sostanzialmente pianeggiante con quote medie che si attestano tra 68 e 62 m s.l.m, con pendenze comprese tra 0,3 e 0,5% debolmente digradanti verso N.

Dal punto di vista idrogeologico, i depositi porosi-permeabili corrispondenti al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) sono sede del serbatoio acquifero più superficiale (Gruppo Acquifero "A" secondo quanto riportato nel volume "Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna", Di Dio et alii, 1998).

La superficie piezometrica presenta una direzione di flusso verso nord-est, con soggiacenze molto ridotte variabili da 1 a 2 m dal p.c (v. Tav. Q.C.27 "Carta Idrogeologica" del PSC) e oscillazioni stagionali in grado di innalzare il livello freatico sino a quote prossime al piano campagna.

4.2.3 Indagini geofisiche

L'ubicazione delle indagini MASW è riportata in Tav. 01 - Carta delle indagini e in Tav. 04 - Carta delle Velocità delle onde S; in quest'ultima, oltre all'ubicazione della prova, è riportato anche il valore della Vs30 rilevato.

All'interno del territorio urbanizzato di Cadeo e nel suo stretto intorno sono disponibili n. 2 indagini MASW, i cui dati consentono di effettuare alcune considerazioni generali relativamente alle caratteristiche sismo-elastiche dei terreni sub-superficiali (30 - 40 m di profondità di indagine).

La velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità, determinata mediante prove MASW (pregresse e di nuova realizzazione), risulta compresa tra circa 240 - 260 m/s.

Si osserva inoltre come tutte le aree indagate sono caratterizzate dalla presenza in superficie di un primo livello di terreno con spessore compreso tra 12 m e 15 m, caratterizzato da valori modesti di Vs30 compresi tra circa 140 - 250 m/s.

Inferiormente si rileva la presenza di mezzi aventi rigidità più elevata, corrispondenti evidentemente ai corpi prevalentemente ghiaiosi, con valori di Vs 30 compresi tra circa 310 - 470 m/s.

Dai diagrammi si osserva, al di sotto del primo livello ghiaioso, un generale aumento delle velocità delle onde di taglio con la profondità.

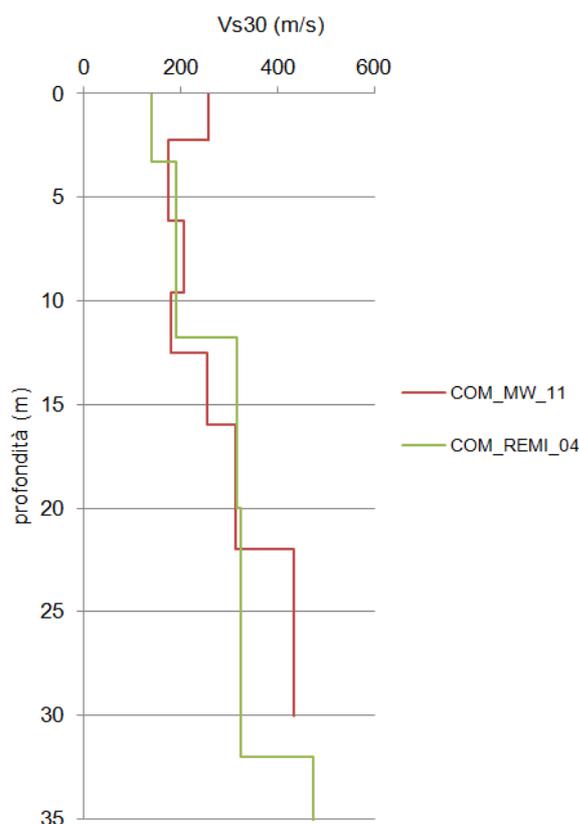


Figura 18: Profili di Vs30 relativi ai siti indagati all'interno dell'area di pertinenza di Cadeo

Alla luce dei dati desunti dalle indagini MASW disponibili è possibile effettuare una stima dei fattori di amplificazione sismica dell'area, mediante l'utilizzo degli abachi di riferimento per gli effetti litostratigrafici previsti nell'Allegato A2 della Delibera dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, 112 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Nel caso specifico, per il calcolo dei fattori di amplificazione FA_{PGA} , $FA_{0.1-0.5S}$ e $FA_{0.5-1S}$, sono stati considerati gli abachi relativi all' Ambito Pianura 2 caratterizzato da un profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo ≥ 100 m da p.c. (v. A2.1.2 degli Indirizzi Regionali).

F.A. P.G.A.

V _{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE – 0,1s<T₀<0,5s.

V _{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE – 0,5s<T₀<1,0s.

V _{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0

Figura 19: Fattori di amplificazione per l'Ambito Pianura 2 previsti dalla DAL n.112/2007

Dai risultati ottenuti si evince che tutta l'area studiata è suscettibile di amplificazioni caratterizzate da $FA_{PGA} = 1,5$ - $FA_{0,1-0,5S} = 1,8$ - $FA_{0,5-1S} = 2,3$.

La microzonazione sismica del territorio urbanizzato di Roveleto è riportata in Tavola 05.

4.2.4 Analisi della pericolosità di liquefazione dei terreni

Sulla base dei dati della cartografia geologica regionale, la Tavola A4 del PTCP - Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali alla scala 1:25.000, evidenzia la presenza di depositi sabbiosi potenzialmente liquefacibili, all'interno dell'intero territorio urbanizzato di Cadeo (v. Figura 9).

Non essendo noto con precisione il fuso granulometrico caratteristico dei terreni, ma essendo presenti tutti gli altri fattori predisponenti al fenomeno (eventi sismici attesi di magnitudo M maggiore a 5, accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti maggiori di 0,1g e profondità media stagionale della falda inferiore a 15 m dal piano campagna), si procede di seguito alla verifica di liquefazione mediante metodi analitici semplificati.

Al riguardo sono stati utilizzati i dati ottenuti dalle seguenti prove penetrometriche statiche: CPT_8_2, CPT_4_1, CPT_3TP, CPT_RER_180030C419, considerando quali dati di input: Magnitudo $M_w = 6.14$ (magnitudo momento massima prevista per la Zona sismogenetica 911), $A_{max} = 1,62 \text{ m/s}^2$ e falda a piano campagna:

Nella successive tabelle viene riportato il fattore di sicurezza alla liquefacibilità in funzione della profondità, calcolato con il metodo di Robertson & Write modificato per le prove CPT considerate:

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT_8_2												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	0	0							
0,4	7,4	7,4	1,00	1000	107	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	2100	87	2,19	0,20	0,40	1,00	0,11	3,76	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	2400	100	2,23	0,27	0,54	0,99	0,11	5,07	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1800	80	2,39	0,41	0,84	0,99	0,11	7,90	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1300	67	2,56	0,21	0,42	0,99	0,12	3,58	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1300	60	2,55	0,21	0,42	0,99	0,13	3,33	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1400	53	2,49	0,24	0,48	0,99	0,13	3,63	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	2100	53	2,25	0,18	0,36	0,99	0,14	2,61	non liquefacibile
2	37	27	0,98	2200	67	2,32	0,28	0,57	0,98	0,14	3,94	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	2000	67	2,40	0,53	1,07	0,98	0,15	7,18	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	2100	93	2,49	0,61	1,24	0,98	0,15	8,06	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	2000	80	2,49	0,54	1,09	0,98	0,16	6,94	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	2300	13	1,92	0,10	0,20	0,98	0,16	1,22	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	2500	13	1,89	0,10	0,20	0,98	0,16	1,22	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	2400	60	2,33	0,25	0,50	0,98	0,17	3,02	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	2600	87	2,41	0,55	1,11	0,97	0,17	6,59	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	2500	80	2,43	0,52	1,06	0,97	0,17	6,18	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	2900	87	2,37	0,36	0,73	0,97	0,17	4,22	non liquefacibile
4	74	44	0,97	2800	87	2,41	0,42	0,86	0,97	0,18	4,89	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	2800	87	2,42	0,43	0,88	0,97	0,18	5,00	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	2200	60	2,47	0,46	0,94	0,97	0,18	5,25	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	2600	100	2,53	0,67	1,37	0,96	0,18	7,65	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	3300	107	2,41	0,44	0,91	0,96	0,18	5,01	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	3500	167	2,53	1,39	2,83	0,96	0,18	15,57	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	3500	180	2,56	1,33	2,71	0,96	0,18	14,80	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	3500	180	2,57	1,27	2,59	0,96	0,18	14,09	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	3500	167	2,56	1,22	2,48	0,96	0,18	13,45	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	3600	180	2,57	1,27	2,58	0,96	0,19	13,91	non liquefacibile
6	111	61	0,95	3200	167	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	3000	120	2,58	0,71	1,45	0,95	0,19	7,75	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	2700	140	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	2500	140	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	2500	140	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	2600	120	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	2800	133	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	2400	127	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	2500	167	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	2900	127	2,68	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	2900	100	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	2500	113	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	2100	120	2,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	2100	120	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	2000	127	2,97	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	2500	127	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	2600	140	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 7: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT 8_2 (Roveleto O)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT 4 1												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	0	0							
0,4	7,4	7,4	1,00	200	13	2,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	800	47	2,57	0,11	0,22	1,00	0,11	2,08	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	1000	67	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	600	13	2,52	0,09	0,19	0,99	0,11	1,77	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	700	33	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	700	47	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	900	47	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	1100	33	2,52	0,16	0,32	0,99	0,14	2,28	non liquefacibile
2	37	27	0,98	1300	67	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	1300	87	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	1300	93	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	1300	100	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	1500	87	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	1500	100	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	1300	113	2,92	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	1300	113	2,94	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	1400	107	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	1500	113	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4	74	44	0,97	1500	120	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	1600	133	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	1800	133	2,85	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	2200	147	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	2500	147	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	2200	133	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	1900	160	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	1600	127	2,96	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	1500	133	3,03	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	1300	100	3,05	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	1600	113	2,96	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	1600	107	2,95	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	1800	120	2,92	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	2000	133	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	1900	113	2,88	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	1400	107	3,08	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	1000	87	3,26	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	1200	73	3,09	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	1300	93	3,12	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	1000	80	3,26	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	800	60	3,36	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	800	40	3,25	-	-	-	-	-	non liquefacibile

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT 4 1												
8,4	155,4	81,4	0,94	600	47	3,54	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	600	47	3,55	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	1300	47	2,98	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	1400	47	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	1600	47	2,85	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	89,9	0,92	2000	80	2,85	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,6	177,6	91,6	0,92	1600	73	2,99	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,8	181,3	93,3	0,91	1700	73	2,95	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10	185	95	0,91	2500	93	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,2	188,7	96,7	0,90	2600	47	2,56	0,23	0,46	0,90	0,19	2,44	non liquefacibile
10,4	192,4	98,4	0,90	4300	87	2,41	0,19	0,38	0,90	0,19	2,02	non liquefacibile
10,6	196,1	100,1	0,89	3700	80	2,49	0,22	0,44	0,89	0,19	2,34	non liquefacibile
10,8	199,8	101,8	0,89	3700	107	2,58	0,50	1,02	0,89	0,19	5,49	non liquefacibile
11	203,5	103,5	0,88	3500	33	2,31	0,11	0,22	0,88	0,19	1,17	non liquefacibile
11,2	207,2	105,2	0,87	2500	47	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,4	210,9	106,9	0,87	1100	100	3,41	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,6	214,6	108,6	0,86	1000	67	3,38	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,8	218,3	110,3	0,86	1100	73	3,34	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12	222	112	0,85	1000	80	3,45	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,2	225,7	113,7	0,85	1000	67	3,41	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,4	229,4	115,4	0,84	1300	47	3,12	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,6	233,1	117,1	0,84	2300	140	3,02	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,8	236,8	118,8	0,83	9200	180	2,20	0,29	0,58	0,83	0,18	3,27	non liquefacibile
13	240,5	120,5	0,83	2500	120	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
13,2	244,2	122,2	0,82	12300	220	2,09	0,39	0,80	0,82	0,18	4,54	non liquefacibile
13,4	247,9	123,9	0,82	14800	113	1,79	0,34	0,69	0,82	0,18	3,95	non liquefacibile
13,6	251,6	125,6	0,81	30000	233	1,56	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 8: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT COM_4_1 (Cadeo NO)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT 3TP												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	RI	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	1,7	1,00	0	0							
0,4	7,4	3,4	1,00	1400	5300	3,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,6	11,1	5,1	1,00	1700	127	2,30	0,36	0,60	1,00	0,23	2,59	non liquefacibile
0,8	14,8	6,8	0,99	1700	80	2,18	0,17	0,29	0,99	0,23	1,24	non liquefacibile
1	18,5	8,5	0,99	1200	53	2,29	0,18	0,30	0,99	0,23	1,29	non liquefacibile
1,2	22,2	10,2	0,99	1300	73	2,41	0,21	0,34	0,99	0,23	1,48	non liquefacibile
1,4	25,9	11,9	0,99	1300	93	2,53	0,21	0,34	0,99	0,23	1,48	non liquefacibile
1,6	29,6	13,6	0,99	1700	107	2,45	0,36	0,60	0,99	0,23	2,61	non liquefacibile
1,8	33,3	15,3	0,99	1800	107	2,45	0,41	0,69	0,99	0,23	2,99	non liquefacibile
2	37	17	0,98	1700	120	2,55	0,36	0,60	0,98	0,23	2,62	non liquefacibile
2,2	40,7	18,7	0,98	2000	127	2,50	0,54	0,90	0,98	0,23	3,90	non liquefacibile
2,4	44,4	20,4	0,98	1900	113	2,51	0,47	0,79	0,98	0,23	3,43	non liquefacibile
2,6	48,1	22,1	0,98	1700	107	2,58	0,36	0,60	0,98	0,23	2,63	non liquefacibile
2,8	51,8	23,8	0,98	1800	87	2,50	0,41	0,69	0,98	0,23	3,01	non liquefacibile
3	55,5	25,5	0,98	1300	73	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,2	59,2	27,2	0,98	1200	67	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	28,9	0,97	1500	67	2,59	0,27	0,46	0,97	0,23	2,00	non liquefacibile
3,6	66,6	30,6	0,97	1800	100	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	32,3	0,97	1700	100	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4	74	34	0,97	2400	113	2,51	0,87	1,45	0,97	0,23	6,41	non liquefacibile
4,2	77,7	35,7	0,97	2200	87	2,50	0,66	1,10	0,97	0,23	4,87	non liquefacibile
4,4	81,4	37,4	0,97	1300	60	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,6	85,1	39,1	0,96	1200	67	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	40,8	0,96	1300	53	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	42,5	0,96	1300	47	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,2	96,2	44,2	0,96	1200	40	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	45,9	0,96	1000	73	3,05	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	47,6	0,96	1200	40	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	49,3	0,96	1900	100	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	51	0,95	2200	47	2,43	0,24	0,40	0,95	0,22	1,80	non liquefacibile
6,2	114,7	52,7	0,95	1300	47	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	54,4	0,95	1300	60	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	56,1	0,95	1300	73	2,94	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	57,8	0,95	1300	80	2,98	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	59,5	0,95	1500	87	2,92	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	61,2	0,94	1600	87	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	62,9	0,94	1800	93	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	64,6	0,94	1700	67	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	66,3	0,94	1700	73	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	68	0,94	1100	53	3,04	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	69,7	0,94	1100	67	3,12	-	-	-	-	-	non liquefacibile

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT 3TP												
8,4	155,4	71,4	0,94	1000	67	3,20	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	73,1	0,93	1400	73	3,00	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	74,8	0,93	1400	87	3,06	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	76,5	0,93	1200	47	3,00	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	78,2	0,93	1300	73	3,08	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	79,9	0,92	1400	53	2,94	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 9: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT 3TP (Cadeo O)

CPT_RER 180030C419												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	0	0							
0,4	7,4	7,4	1,00	700	33	2,42	0,10	0,17	1,00	0,11	1,55	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	900	40	2,44	0,12	0,20	1,00	0,11	1,90	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	700	40	2,68	0,10	0,17	0,99	0,11	1,56	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	900	40	2,59	0,12	0,20	0,99	0,11	1,91	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1400	33	2,29	0,15	0,26	0,99	0,12	2,21	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1400	47	2,42	0,24	0,39	0,99	0,13	3,14	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1100	53	2,64	0,16	0,26	0,99	0,13	1,96	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	1300	40	2,47	0,21	0,34	0,99	0,14	2,46	non liquefacibile
2	37	27	0,98	1200	33	2,48	0,18	0,30	0,98	0,14	2,06	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	1400	27	2,35	0,17	0,29	0,98	0,15	1,95	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	1900	20	2,10	0,10	0,17	0,98	0,15	1,11	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	2300	40	2,19	0,14	0,23	0,98	0,16	1,49	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	1200	47	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	600	27	2,98	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	600	13	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	1600	13	2,20	0,10	0,16	0,97	0,17	0,95	0,95
3,6	66,6	40,6	0,97	1000	27	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	900	20	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4	74	44	0,97	1100	60	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	1300	73	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	1200	93	3,00	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	1100	87	3,05	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	1200	67	2,92	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	1700	60	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	1900	73	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	1700	73	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	1600	87	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	1500	73	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	5200	60	2,02	0,16	0,26	0,95	0,19	1,40	non liquefacibile

CPT_RER 180030C419												
6,2	114,7	62,7	0,95	3000	33	2,21	0,11	0,19	0,95	0,19	1,01	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	2400	47	2,46	0,20	0,34	0,95	0,19	1,79	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	2700	73	2,52	0,44	0,73	0,95	0,19	3,90	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	1900	47	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	900	53	3,18	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	800	33	3,15	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	700	20	3,13	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	700	20	3,14	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	700	13	3,05	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	800	20	3,07	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	1000	27	2,99	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	1000	40	3,10	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	900	27	3,09	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	1000	33	3,07	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	900	33	3,16	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	700	20	3,24	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	177,6	91,6	0,92	5200	53	2,13	0,13	0,22	0,92	0,19	1,13	non liquefacibile
9,6	181,3	93,3	0,91	4700	53	2,20	0,13	0,21	0,91	0,19	1,11	non liquefacibile

Tabella 10: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della RER 180030C419 (Cadeo E)

Come si evince dalle tabelle precedenti all'interno dei depositi presenti nel territorio urbanizzato di Cadeo il rischio di liquefazione, di cui peraltro non si ha memoria storica in zona, può essere considerato trascurabile.

A conferma di quanto sopra evidenziato si segnala anche che i profili stratigrafici di alcuni sondaggi a carotaggio continuo realizzati a cavallo della linea ferroviaria che attraversa gli abitati di Cadeo e Roveleto (RER 180030P418, RER 180020P404) e le elaborazioni delle prove penetrometriche effettuate all'interno del territorio, non evidenziano la presenza di strati significativi di sabbie e/o limi sabbiosi (v. Allegato 1).

4.3 FONTANA FREDDA

4.3.1 Indagini disponibili

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata attingendo dagli archivi del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (SGSS) e dalle elaborazioni di indagini fornite direttamente dall'Ufficio tecnico del Comune di Cadeo.

Le indagini raccolte sono costituite da stratigrafie di pozzi per acqua (2), sondaggi a carotaggio continuo (3) con i relativi dati di Standard Penetration Test SPT, prove penetrometriche statiche CPT (15), prove penetrometriche dinamiche DPM30 (3) e indagini geofisiche tipo MASW (2).

Ad integrazione dei dati disponibili, si è ritenuto opportuno effettuare una prova penetrometrica statica CPT (AMB_5) nel settore meridionale del nucleo abitato.

L'ubicazione delle indagini disponibili è riportata in Tavola 01 – Carta delle Indagini.

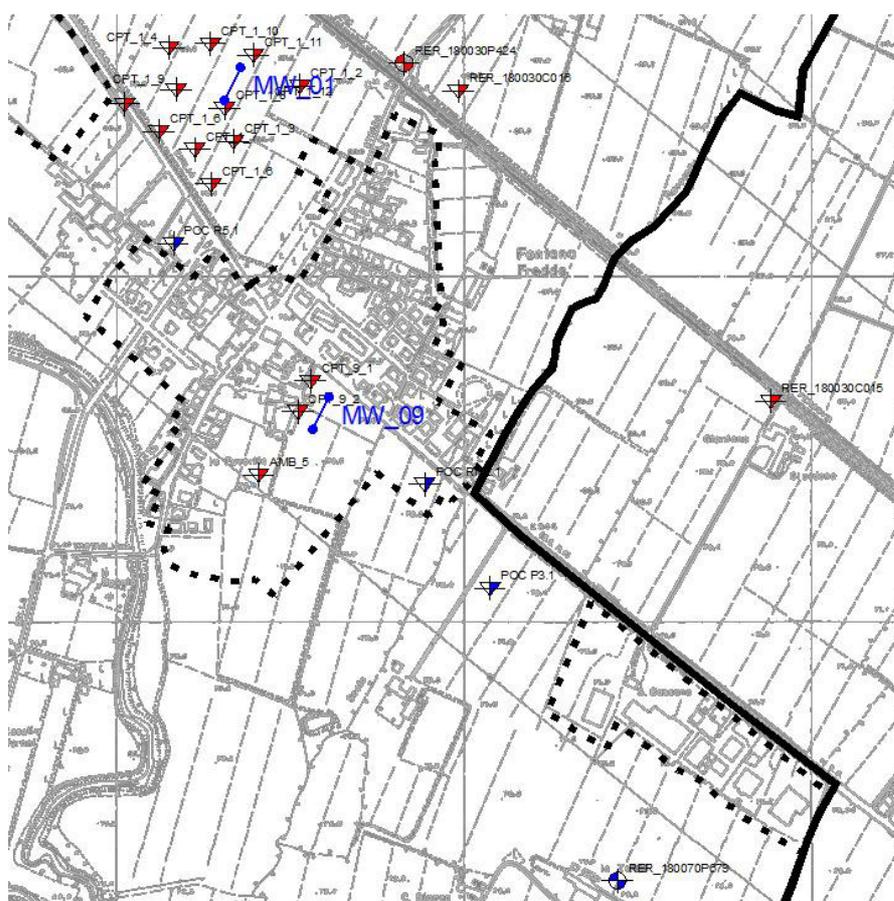


Figura 20: Indagini geognostiche e geofisiche disponibili

4.3.2 Successione stratigrafica

Dall'interpretazione dei dati disponibili risulta che l'assetto stratigrafico in sottosuolo è costituito da una copertura quaternaria continentale di spessore superiore ai 150m (con spessori che aumentano progressivamente verso la pianura).

Tali depositi appartengono ai cicli sedimentari AES (v. cap.3) e sono costituiti da estesi corpi tabulari di ghiaie sabbiose, sabbie e limi con grado di addensamento, cementazione e spessore molto variabili.

Tali sedimenti appoggiano su depositi di prodelta, piattaforma, piana deltizia e di delta-conoide a litologia prevalentemente sabbiosa e limoso-sabbiosa (CMZ e ATS).

I terreni superficiali sono costituiti da depositi di canale, argine e rotta fluviale, costituiti prevalentemente da materiali a grana fine (argille limose, limi argillosi e limi sabbiosi). Tali depositi presentano al loro interno livelli discontinui di corpi ghiaiosi immersi in abbondante matrice sabbiosa e/o sabbioso-limosa, il cui tetto risulta generalmente attestato a profondità variabili dai 7 ai 12 m da p.c.

Quanto sopra detto trova conferma nei grafici di Figura 11 in cui sono riportati i profili di resistenza alla punta (q_c), ottenuti durante prove penetrometriche statiche CPT e dinamiche DPM30 effettuate in diverse aree del capoluogo.

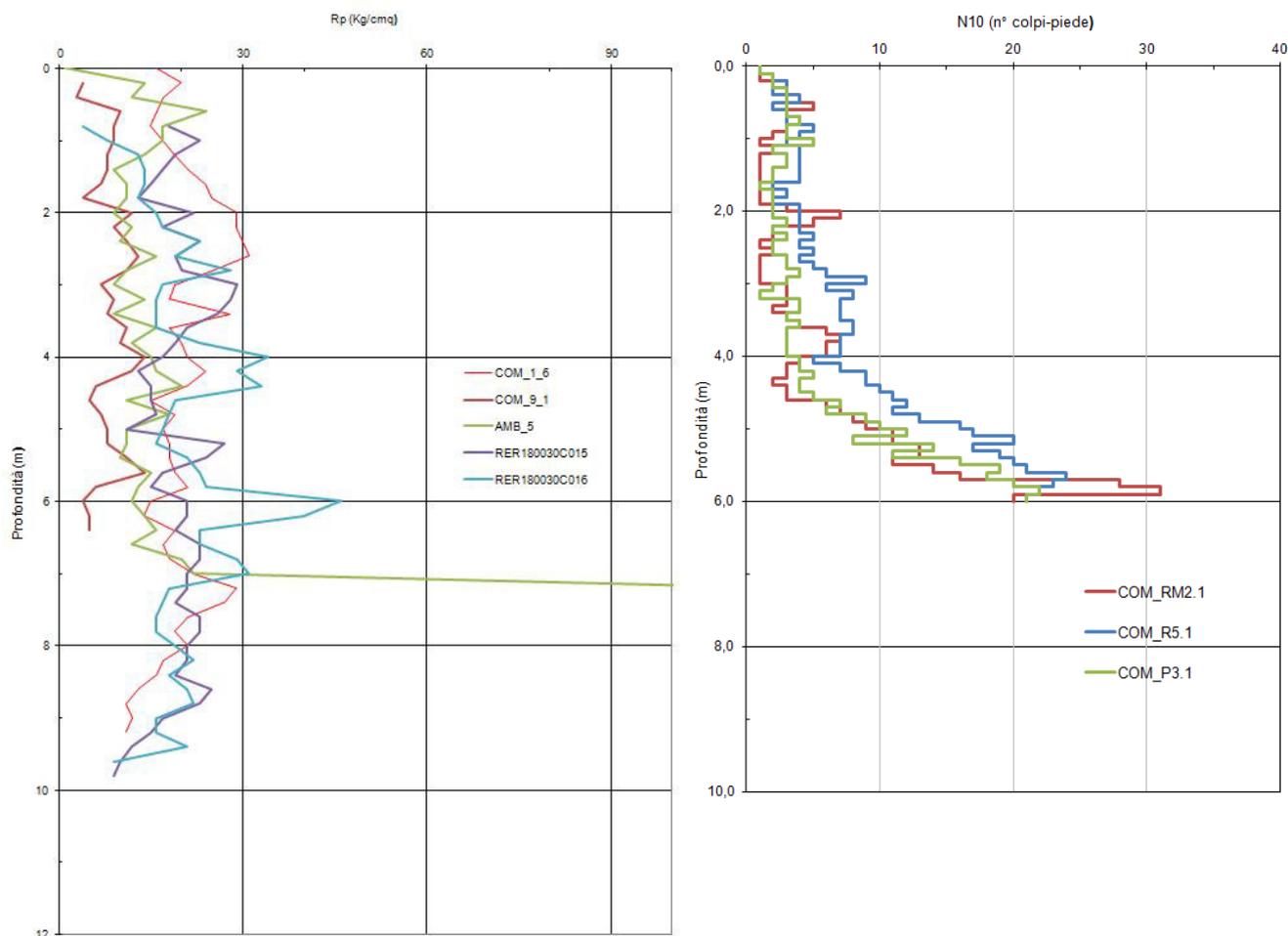


Figura 21: Elaborazione prove penetrometriche disponibili

L'assetto litostratigrafico di riferimento è schematizzato in Tavola 03 - Sezioni litostratigrafiche ricostruite sulla base dei dati ottenuti dalle indagini disponibili.

Dal punto di vista morfologico l'area è sostanzialmente pianeggiante con quote medie che si attestano tra 73 e 68 m s.l.m, con pendenze comprese tra 0,2 e 0,5% debolmente digradanti verso N.

Dal punto di vista idrogeologico, i depositi porosi-permeabili corrispondenti al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) sono sede del serbatoio acquifero più superficiale (Gruppo Acquifero "A" secondo quanto riportato nel volume "Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna", Di Dio et alii, 1998).

La superficie piezometrica presenta una direzione di flusso verso nord-est, con soggiacenze molto ridotte variabili da 1 a 3 m dal p.c (v. Tav. Q.C.27 "Carta Idrogeologica" del PSC) e oscillazioni stagionali in grado di innalzare il livello freatico sino a quote prossime al piano campagna.

4.3.3 Indagini geofisiche

L'ubicazione delle indagini MASW è riportata in Tav. 01 - Carta delle indagini e in Tav. 04 - Carta delle Velocità delle onde S; in quest'ultima, oltre all'ubicazione della prova, è riportato anche il valore della Vs30 rilevato.

All'interno del territorio urbanizzato di Fontana Fredda e nel suo stretto intorno sono disponibili n. 2 indagini MASW, i cui dati consentono di effettuare alcune considerazioni generali relativamente alle caratteristiche sismo-elastiche dei terreni sub-superficiali (30 - 40 m di profondità di indagine).

La velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità, determinata mediante prove MASW (pregresse e di nuova realizzazione), risulta compresa tra circa 240 - 265 m/s.

Si osserva inoltre come tutte le aree indagate sono caratterizzate dalla presenza in superficie di un primo livello di terreno con spessore compreso tra 9 m e 11 m, caratterizzato da valori modesti di Vs30 compresi tra circa 100 - 240 m/s.

Inferiormente si rileva la presenza di mezzi aventi rigidità più elevata, corrispondenti evidentemente ai corpi prevalentemente ghiaiosi, con valori di Vs 30 compresi tra circa 340 - 530 m/s.

Dai diagrammi si osserva, al di sotto del primo livello ghiaioso, un generale aumento delle velocità delle onde di taglio con la profondità; solo in corrispondenza della prova MW_01 si registra un'inversione di velocità all'incirca alla profondità di 12÷13 m da p.c.

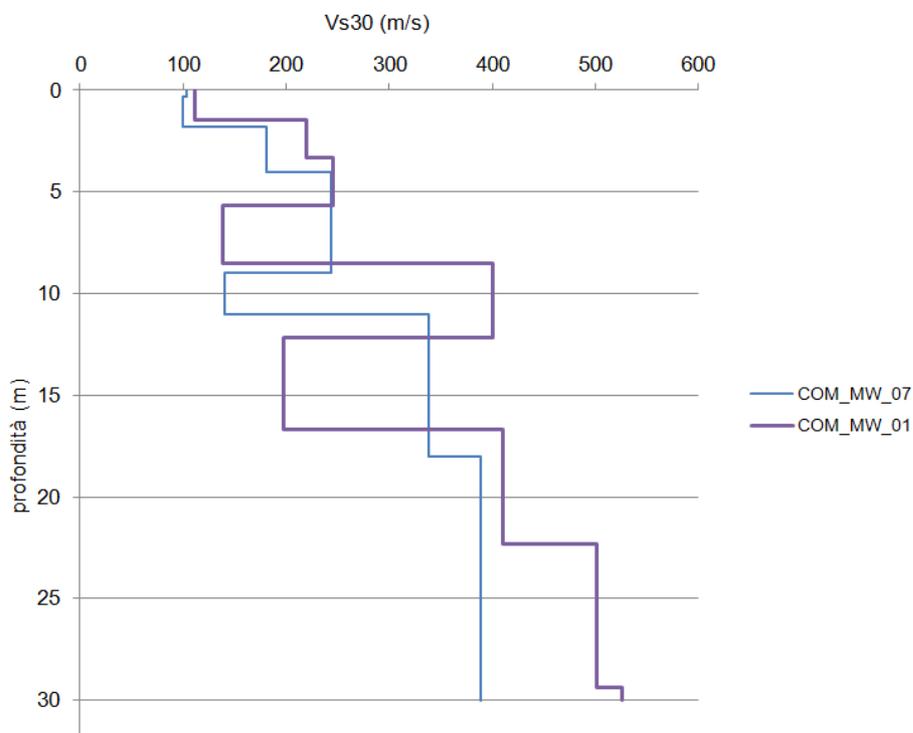


Figura 22: Profili di Vs30 relativi ai siti indagati all'interno dell'area di pertinenza di Fontana Fredda

Alla luce dei dati desunti dalle indagini MASW disponibili è possibile effettuare una stima dei fattori di amplificazione sismica dell'area, mediante l'utilizzo degli abachi di riferimento per gli effetti litostratigrafici previsti nell'Allegato A2 della Delibera dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, 112 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Nel caso specifico, per il calcolo dei fattori di amplificazione FA_{PGA} , $FA_{0.1-0.5S}$ e $FA_{0.5-1S}$, sono stati considerati gli abachi relativi all' Ambito Pianura 2 caratterizzato da un profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo ≥ 100 m da p.c. (v. A2.1.2 degli Indirizzi Regionali).

F.A. P.G.A.

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE – $0,1s < T_0 < 0,5s$.

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE – $0,5s < T_0 < 1,0s$.

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0

Figura 23: Fattori di amplificazione per l'Ambito Pianura 2 previsti dalla DAL n.112/2007

Dai risultati ottenuti si evince che tutta l'area studiata è suscettibile di amplificazioni caratterizzate da $FA_{PGA} = 1,5$ - $FA_{0.1-0.5S} = 1,8$ - $FA_{0.5-1S} = 2,3$.

La microzonazione sismica del territorio urbanizzato di Fontana Fredda è riportata in Tavola 05.

4.3.4 Analisi della pericolosità di liquefazione dei terreni

Sulla base dei dati della cartografia geologica regionale, la Tavola A4 del PTCP - Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali alla scala 1:25.000, evidenzia la presenza di depositi sabbiosi potenzialmente liquefacibili, all'interno dell'intero territorio urbanizzato di Fontana Fredda (v. Figura 9).

Non essendo noto con precisione il fuso granulometrico caratteristico dei terreni, ma essendo presenti tutti gli altri fattori predisponenti al fenomeno (eventi sismici attesi di magnitudo M maggiore a 5, accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti maggiori di $0,1g$ e profondità media stagionale della falda inferiore a 15 m dal piano campagna), si procede di seguito alla verifica di liquefazione mediante metodi analitici semplificati, attraverso un coefficiente di sicurezza calcolato come rapporto fra la resistenza al taglio mobilabile CRR, funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, e lo sforzo tagliante indotto dal sisma CSR, che dipende dai parametri del sisma di progetto.

Al riguardo sono stati utilizzati i dati ottenuti dalle seguenti prove penetrometriche statiche CPT_1_6, CPT_9_1 e AMB_5, considerando quali dati di input: Magnitudo $M_w = 6.14$ (magnitudo momento massima prevista per la Zona sismogenetica 911), $A_{max} = 1,62 \text{ m/s}^2$ e falda a piano campagna.

Nella successive tabelle viene riportato il fattore di sicurezza alla liquefacibilità in funzione della profondità, calcolato con il metodo di Robertson & Write modificato per le prove CPT considerate:

CPT_1_6												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	RI	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	0	0							
0,4	7,4	7,4	1,00	1600	260	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	2000	273	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	1700	153	2,60	0,36	0,60	0,99	0,11	5,64	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1600	113	2,58	0,31	0,52	0,99	0,11	4,92	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1500	127	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1700	133	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1900	133	2,60	0,47	0,79	0,99	0,13	5,92	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	2100	200	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2	37	27	0,98	2400	200	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	2500	187	2,60	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	2900	167	2,49	1,47	2,46	0,98	0,15	15,97	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	2900	127	2,41	1,06	1,77	0,98	0,16	11,23	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	3000	100	2,32	0,42	0,70	0,98	0,16	4,35	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	3100	193	2,54	1,72	2,87	0,98	0,16	17,47	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	2500	173	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT_1_6												
3,4	62,9	38,9	0,97	1900	140	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	1800	107	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	2800	47	2,21	0,15	0,25	0,97	0,17	1,42	non liquefacibile
4	74	44	0,97	1800	93	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	2000	120	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	2100	87	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	2400	107	2,60	0,55	0,91	0,96	0,18	5,09	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	2100	93	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	1500	133	3,00	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	1900	100	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	1700	87	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	1800	133	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	1800	93	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	1900	100	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	2100	87	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	1500	60	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	1400	80	2,97	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	1900	120	2,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	1700	140	3,03	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	1800	107	2,92	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	2200	100	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	2900	100	2,60	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	2700	193	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	2100	153	2,96	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	1900	7	2,28	0,23	0,38	0,94	0,19	1,97	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	2100	93	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	1700	80	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	1600	40	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	1300	47	2,99	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	1100	40	3,07	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	89,9	0,92	1200	40	3,02	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,6	177,6	91,6	0,92	1100	40	3,09	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 11: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT_1_6 (Fontana Fredda NO)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT_AMB_5												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	RI	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	100	60	3,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,4	7,4	7,4	1,00	1400	80	2,31	0,24	0,39	1,00	0,11	3,69	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	1200	80	2,50	0,18	0,30	1,00	0,11	2,79	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	2400	153	2,39	0,87	1,45	0,99	0,11	13,60	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1700	146	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1700	120	2,59	0,36	0,60	0,99	0,12	5,15	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1400	20	2,17	0,10	0,17	0,99	0,13	1,34	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	900	106	2,99	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	1100	86	2,82	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2	37	27	0,98	1100	60	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	900	26	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	1200	53	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	1000	93	2,98	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	1600	73	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	1100	66	2,85	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	900	53	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	1400	60	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	900	86	3,11	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	1600	66	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4	74	44	0,97	1200	66	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	1500	46	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	1600	467	2,60	0,23	0,38	0,97	0,18	2,12	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	2000	66	2,58	0,35	0,58	0,96	0,18	3,26	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	1100	60	2,95	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	1800	46	2,56	0,26	0,43	0,96	0,18	2,37	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	1100	73	3,03	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	1100	46	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	1000	100	3,21	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	1500	100	2,95	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	1300	86	3,02	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	1200	120	3,18	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	1400	120	3,08	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	1600	93	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	1200	120	3,21	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	2000	140	2,92	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	2200	386	3,20	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	12400	580	2,27	2,03	3,38	0,94	0,19	17,77	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	22800	220	1,56	1,79	2,99	0,94	0,19	15,68	non liquefacibile

Tabella 12: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT_AMB_5 (Fontana Fredda S)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT 9 1												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	Ic 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	0	0							
0,4	7,4	7,4	1,00	400	13	2,46	0,08	0,13	1,00	0,11	1,22	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	300	27	3,00	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	1000	67	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	900	53	2,68	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	900	53	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	800	67	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	800	67	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	700	47	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2	37	27	0,98	400	53	3,34	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	1200	67	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	900	20	2,57	0,12	0,20	0,98	0,15	1,32	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	1100	33	2,60	0,16	0,26	0,98	0,16	1,65	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	1300	33	2,51	0,21	0,34	0,98	0,16	2,13	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	1100	20	2,50	0,15	0,26	0,98	0,16	1,56	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	700	73	3,19	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	900	27	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	800	20	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	1100	20	2,57	0,14	0,23	0,97	0,17	1,31	non liquefacibile
4	74	44	0,97	1000	40	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	1400	47	2,68	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	1200	80	2,95	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	600	53	3,31	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	500	47	3,43	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	700	100	3,42	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	800	27	2,97	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	800	20	2,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	1100	27	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	1400	27	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	600	20	3,15	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	400	27	3,57	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	500	20	3,32	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	500	27	3,41	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 13: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT_9_1 (Fontana Fredda centro)

Come si evince dalle tabelle precedenti all'interno dei depositi presenti nel territorio urbanizzato di Fontana Fredda il rischio di liquefazione, di cui peraltro non si ha memoria storica in zona, può essere considerato trascurabile.

A conferma di quanto sopra evidenziato si segnala anche che i profili stratigrafici di alcuni sondaggi a carotaggio continuo realizzati a cavallo della linea ferroviaria che attraversa l'abitato di Roveleto (RER 180030P424, RER 180020P410) e le elaborazioni delle prove penetrometriche effettuate all'interno del territorio non evidenziano la presenza di strati significativi di sabbie e/o limi sabbiosi (v. Allegato 1).

4.4 SALICETO – CONTRADONE – S. ROCCO

4.4.1 Indagini disponibili

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata attingendo dagli archivi del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (SGSS) e dalle elaborazioni di indagini fornite direttamente dall'Ufficio tecnico del Comune di Cadeo.

In considerazione della piccola quantità di dati disponibili, si è ritenuto opportuno integrare i dati pregressi mediante la realizzazione di n. 3 prove penetrometriche statiche CPT.

Complessivamente le indagini raccolte sono costituite da stratigrafie di pozzi per acqua (2), sondaggi a carotaggio continuo (1) con i relativi dati di Standard Penetration Test SPT, prove penetrometriche statiche CPT (4), prove penetrometriche dinamiche DPM30 (2) e indagini geofisiche tipo MASW (2).

L'ubicazione delle indagini disponibili è riportata in Tavola 01 – Carta delle Indagini.

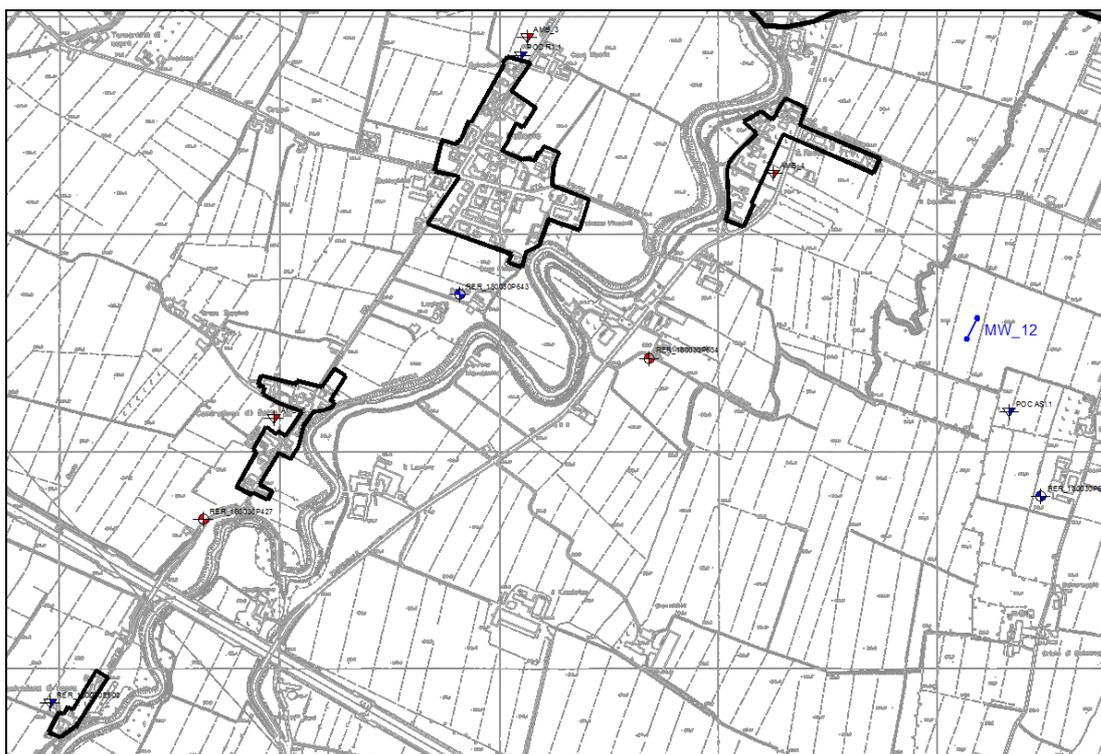


Figura 24: Indagini geognostiche e geofisiche disponibili

4.4.2 Successione stratigrafica

Dall'interpretazione dei dati disponibili risulta che l'assetto stratigrafico in sottosuolo è costituito da una copertura quaternaria continentale di spessore superiore ai 100m m (con spessori che aumentano progressivamente verso la pianura).

Tali depositi appartengono ai cicli sedimentari AES (v. cap.3) e sono costituiti da estesi corpi tabulari di ghiaie sabbiose, sabbie e limi con grado di addensamento, cementazione e spessore molto variabili.

Tali sedimenti appoggiano su depositi di prodelta, piattaforma, piana deltizia e di delta-conoide a litologia prevalentemente sabbiosa e limoso-sabbiosa (CMZ e ATS).

I terreni superficiali sono costituiti da depositi di canale, argine e rotta fluviale, costituiti prevalentemente da materiali a grana fine (argille limose, limi argillosi e limi sabbiosi). Tali depositi presentano al loro interno livelli discontinui di corpi ghiaiosi immersi abbondante matrice sabbiosa e/o sabbioso-limosa, il cui tetto risulta generalmente attestato a profondità variabili dai 10 ai 18 m da p.c.

Quanto sopra detto trova conferma nei grafici di Figura 11 in cui sono riportati i profili di resistenza alla punta (q_c), ottenuti durante prove penetrometriche statiche CPT e dinamiche DPM30 effettuate in diverse aree del territorio.

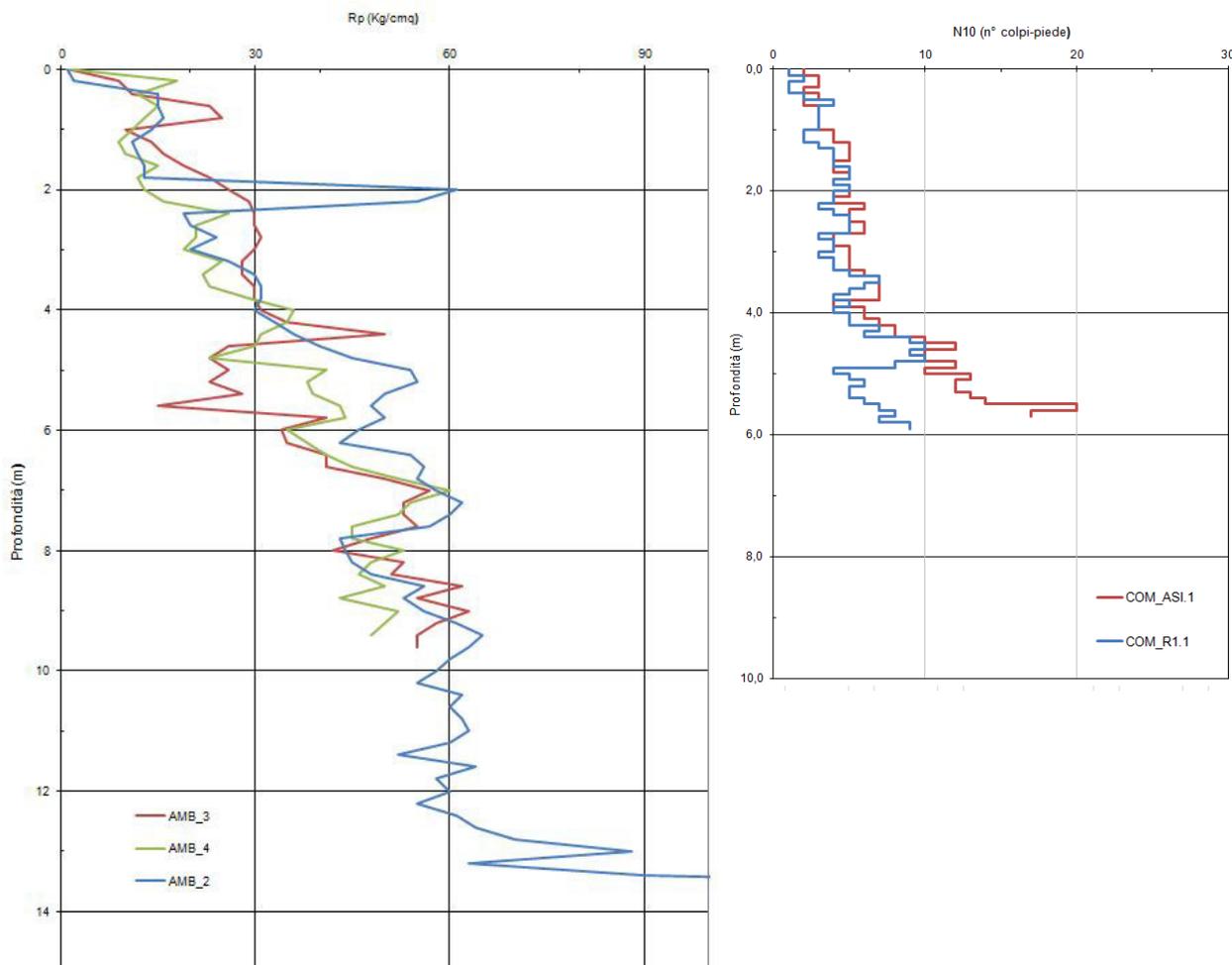


Figura 25: Elaborazione prove penetrometriche disponibili

L'assetto litostratigrafico di riferimento è schematizzato in Tavola 03 - Sezioni litostratigrafiche, ricostruite sulla base dei dati ottenuti dalle indagini disponibili.

Dal punto di vista morfologico l'area è sostanzialmente pianeggiante con quote medie che si attestano tra 60 e 55 m s.l.m, con pendenze comprese tra 0,2 e 0,3% debolmente digradanti verso N.

Dal punto di vista idrogeologico, i depositi porosi-permeabili corrispondenti al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) sono sede del serbatoio acquifero più superficiale (Gruppo Acquifero "A" secondo quanto riportato nel volume "Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna", Di Dio et alii, 1998).

La superficie piezometrica presenta una direzione di flusso verso nord-est, con soggiacenze molto ridotte variabili da 1 a 4 m dal p.c (v. Tav. Q.C.27 "Carta Idrogeologica" del PSC) e oscillazioni stagionali in grado di innalzare il livello freatico sino a quote prossime al piano campagna.

4.4.3 Indagini geofisiche

L'ubicazione delle indagini MASW è riportata in Tav. 01 - Carta delle indagini e in Tav. 04 - Carta delle Velocità delle onde S; in quest'ultima, oltre all'ubicazione della prova, è riportato anche il valore della Vs30 rilevato.

Nell'intorno del territorio urbanizzato di Saliceto, Contradone e S.Rocco e nel suo stretto intorno sono disponibili n. 2 indagini MASW, i cui dati consentono di effettuare alcune considerazioni generali relativamente alle caratteristiche sismo-elastiche dei terreni sub-superficiali (30 - 40 m di profondità di indagine).

La velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità, determinata mediante prove MASW (pregresse e di nuova realizzazione), risulta compresa tra circa 235 - 270 m/s.

Si osserva inoltre come tutte le aree indagate sono caratterizzate dalla presenza in superficie di un primo livello di terreno con spessore compreso tra 9 m e 11 m, caratterizzato da valori modesti di Vs30 compresi tra circa 120 - 265 m/s.

Inferiormente si rileva la presenza di mezzi aventi rigidità più elevata, corrispondenti evidentemente ai corpi prevalentemente ghiaiosi, con valori di Vs 30 compresi tra circa 320 - 470 m/s.

Dai diagrammi si osserva, al di sotto del primo livello ghiaioso, un generale aumento delle velocità delle onde di taglio con la profondità.

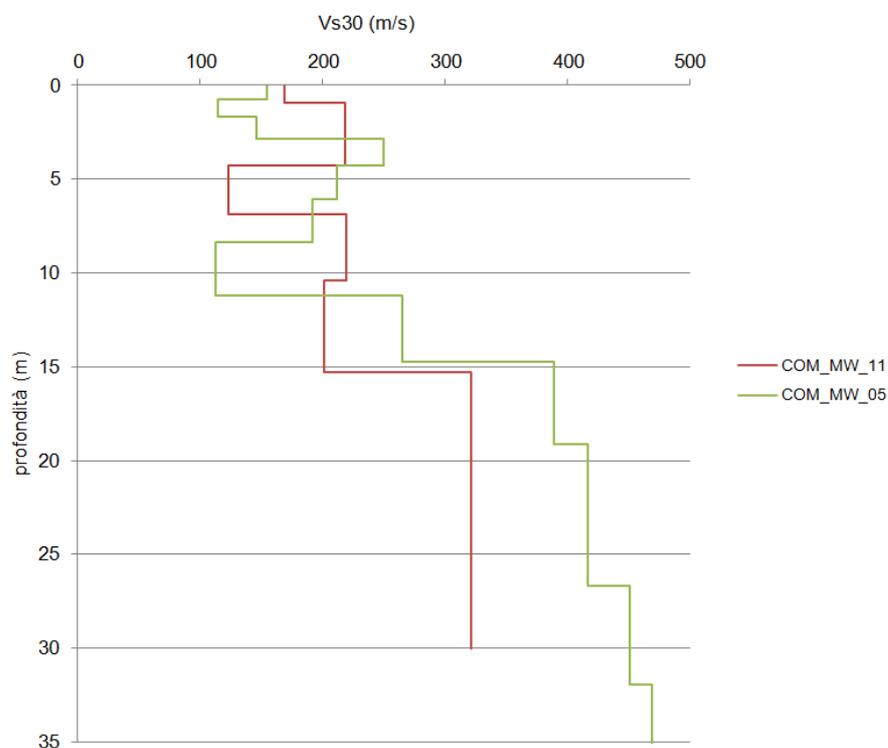


Figura 26: Profili di Vs30 relativi ai siti indagati nella parte settentrionale del territorio comunale

Alla luce dei dati desunti dalle indagini MASW disponibili è possibile effettuare una stima dei fattori di amplificazione sismica dell'area, mediante l'utilizzo degli abachi di riferimento per gli effetti litostratigrafici previsti nell'Allegato A2 della Delibera dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, 112 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Nel caso specifico, per il calcolo dei fattori di amplificazione FA_{PGA} , $FA_{0,1-0,5S}$ e $FA_{0,5-1S}$, sono stati considerati gli abachi relativi all' Ambito Pianura 2 caratterizzato da un profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo ≥ 100 m da p.c. (v. A2.1.2 degli Indirizzi Regionali).

F.A. P.G.A.

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE – $0,1s < T_0 < 0,5s$.

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE – $0,5s < T_0 < 1,0s$.

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0

Figura 27: Fattori di amplificazione per l'Ambito Pianura 2 previsti dalla DAL n.112/2007

Dai risultati ottenuti si evince che tutta l'area studiata è suscettibile di amplificazioni caratterizzate da $FA_{PGA} = 1,5$ - $FA_{0,1-0,5S} = 1,8$ - $FA_{0,5-1S} = 2,3$.

La microzonazione sismica del territorio urbanizzato considerato è riportata in Tavola 05.

4.4.4 Analisi della pericolosità di liquefazione dei terreni

Sulla base dei dati della cartografia geologica regionale, la Tavola A4 del PTCP - Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali alla scala 1:25.000, evidenzia la presenza di depositi sabbiosi potenzialmente liquefacibili, all'interno del territorio urbanizzato di Saliceto, Contradone e S.Rocco (v. Figura 9).

Non essendo noto con precisione il fuso granulometrico caratteristico dei terreni, ma essendo presenti tutti gli altri fattori predisponenti al fenomeno (eventi sismici attesi di magnitudo M maggiore a 5, accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti maggiori di $0,1g$ e profondità media stagionale della falda inferiore a 15 m dal piano campagna), si procede di seguito alla verifica di liquefazione mediante metodi analitici semplificati, attraverso un coefficiente di sicurezza calcolato come rapporto fra la resistenza al taglio mobilabile CRR, funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, e lo sforzo tagliante indotto dal sisma CSR, che dipende dai parametri del sisma di progetto.

Al riguardo sono stati utilizzati i dati ottenuti dalle prove penetrometriche statiche realizzate appositamente per il presente studio: AMB_2, AMB_3 e AMB_4, considerando quali dati di input: Magnitudo $M_W = 6.14$ (magnitudo momento massima prevista per la Zona sismogenetica 911), $A_{max} = 1,62 \text{ m/s}^2$ e falda a piano campagna.

Nella successive tabelle viene riportato il fattore di sicurezza alla liquefacibilità in funzione della profondità, calcolato con il metodo di Robertson & Write modificato per le prove CPT considerate:

CPT AMB 2												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	Ic 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	228	127							non liquefacibile
0,4	7,4	7,4	1,00	1528	80	2,26	0,28	0,47	1,00	0,11	4,42	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	1528	80	2,36	0,28	0,47	1,00	0,11	4,43	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	1628	93	2,45	0,33	0,54	0,99	0,11	5,10	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1441	80	2,53	0,25	0,42	0,99	0,11	3,93	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1141	67	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1241	67	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1341	100	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	1341	107	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2	37	27	0,98	6155	173	2,01	0,48	0,80	0,98	0,14	5,52	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	5555	127	1,98	0,34	0,57	0,98	0,15	3,80	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	1955	207	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	2055	193	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	2455	220	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT AMB 2												
3	55,5	35,5	0,98	2069	213	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	2669	207	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	3069	213	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	3169	233	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	3169	253	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4	74	44	0,97	3083	280	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	3383	313	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	3683	320	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	4083	333	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	4583	347	2,60	3,17	5,29	0,96	0,18	29,26	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	5497	327	2,48	3,02	5,04	0,96	0,18	27,72	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	5597	313	2,46	2,26	3,77	0,96	0,18	20,63	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	5097	333	2,55	3,76	6,28	0,96	0,18	34,13	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	4897	373	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	5097	427	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	4710	387	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	4410	447	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	5510	440	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	5710	467	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	5610	467	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	5924	500	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	6324	467	2,60	4,97	8,30	0,94	0,19	43,74	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	6124	353	2,53	2,94	4,91	0,94	0,19	25,82	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	5824	307	2,52	2,03	3,39	0,94	0,19	17,81	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	4424	293	2,68	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	4538	313	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	4638	280	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	4938	340	2,68	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	5738	353	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	5438	433	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	5752	487	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	6252	400	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	89,9	0,92	6652	427	2,60	4,09	6,83	0,92	0,19	35,64	non liquefacibile
9,6	177,6	91,6	0,92	6452	480	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,8	181,3	93,3	0,91	6152	600	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10	185	95	0,91	6152	480	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,2	188,7	96,7	0,90	5966	600	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,4	192,4	98,4	0,90	5666	600	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,6	196,1	100,1	0,89	6366	680	2,82	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,8	199,8	101,8	0,89	6166	707	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11	203,5	103,5	0,88	6366	680	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,2	207,2	105,2	0,87	6479	640	2,80	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,4	210,9	106,9	0,87	6179	680	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT AMB 2												
11,6	214,6	108,6	0,86	5379	667	2,94	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,8	218,3	110,3	0,86	6579	680	2,82	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12	222	112	0,85	5979	687	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,2	225,7	113,7	0,85	6193	667	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,4	229,4	115,4	0,84	5693	647	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,6	233,1	117,1	0,84	6293	720	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,8	236,8	118,8	0,83	6593	773	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
13	240,5	120,5	0,83	7193	747	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
13,2	244,2	122,2	0,82	9007	707	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
13,4	247,9	123,9	0,82	6507	693	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
13,6	251,6	125,6	0,81	9207	560	2,58	3,44	5,73	0,81	0,17	32,88	non liquefacibile

Tabella 14: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT_AMB_2 (loc. Contradone)

CPT AMB 3												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	928	53	2,25	0,13	0,21	1,00	0,11	1,95	non liquefacibile
0,4	7,4	7,4	1,00	1128	40	2,19	0,13	0,22	1,00	0,11	2,05	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	2328	133	2,29	0,52	0,86	1,00	0,11	8,05	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	2528	67	2,06	0,14	0,23	0,99	0,11	2,18	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1041	40	2,50	0,14	0,24	0,99	0,11	2,26	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1441	53	2,42	0,25	0,42	0,99	0,12	3,58	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1641	87	2,52	0,33	0,55	0,99	0,13	4,42	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1941	113	2,53	0,50	0,83	0,99	0,13	6,25	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	2341	173	2,58	0,81	1,36	0,99	0,14	9,74	non liquefacibile
2	37	27	0,98	2655	180	2,54	1,15	1,92	0,98	0,14	13,24	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	2955	320	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	3055	327	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	3055	340	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	3155	293	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	3069	313	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	2869	313	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	2869	313	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	3069	307	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	3069	300	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4	74	44	0,97	3183	400	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	3583	460	2,82	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	5083	380	2,55	4,76	7,94	0,97	0,18	44,56	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	2683	360	2,94	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	2383	273	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	2697	300	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	2397	127	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	2897	327	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT AMB 3												
5,6	103,6	57,6	0,96	1597	400	3,35	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	4197	380	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	3510	380	2,85	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	3610	393	2,85	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	4210	427	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	4210	507	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	5110	587	2,80	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	5824	560	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	5424	313	2,55	3,17	5,29	0,94	0,19	27,85	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	5424	347	2,60	3,06	5,11	0,94	0,19	26,85	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	5624	407	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	4924	367	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	4338	487	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	5438	500	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	5238	333	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	6338	333	2,52	1,97	3,29	0,93	0,19	17,12	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	5638	333	2,60	2,75	4,58	0,93	0,19	23,85	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	6452	340	2,53	2,01	3,35	0,93	0,19	17,39	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	5952	420	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	89,9	0,92	5652	380	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,6	177,6	91,6	0,92	5652	413	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,8	181,3	93,3	0,91	6552	533	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10	185	95	0,91	6552	413	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,2	188,7	96,7	0,90	6666	533	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,4	192,4	98,4	0,90	7066	840	2,82	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,6	196,1	100,1	0,89	7566	760	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,8	199,8	101,8	0,89	6566	647	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11	203,5	103,5	0,88	6166	553	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,2	207,2	105,2	0,87	5079	600	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,4	210,9	106,9	0,87	6679	667	2,80	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,6	214,6	108,6	0,86	4779	520	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,8	218,3	110,3	0,86	6179	693	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12	222	112	0,85	7479	667	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,2	225,7	113,7	0,85	6593	667	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,4	229,4	115,4	0,84	5893	633	2,88	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 15: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT_AMB_3 (loc. Saliceto)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

AMB CPT 4												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	1828	20	1,48	0,08	0,14	1,00	0,11	1,27	non liquefacibile
0,4	7,4	7,4	1,00	1228	127	2,56	0,19	0,31	1,00	0,11	2,89	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	1528	100	2,44	0,28	0,47	1,00	0,11	4,43	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	1328	60	2,42	0,21	0,36	0,99	0,11	3,34	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1141	60	2,58	0,16	0,28	0,99	0,11	2,58	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	941	47	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1041	47	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1541	120	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	1241	160	2,95	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2	37	27	0,98	1355	120	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	1655	187	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	2655	207	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	2155	207	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	2155	240	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	1969	300	2,98	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	2569	260	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	2269	287	2,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	2369	287	2,88	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	2969	320	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4	74	44	0,97	3683	380	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	3583	387	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	3183	420	2,88	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	3083	393	2,88	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	2383	380	3,04	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	4197	347	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	3897	280	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	3997	347	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	4397	353	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	4497	320	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	3610	313	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	3910	380	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	4210	313	2,68	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	4610	427	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	5310	353	2,59	3,20	5,34	0,95	0,19	28,26	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	6124	413	2,57	4,69	7,82	0,95	0,19	41,32	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	5524	380	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	5324	360	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	4624	360	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	4624	413	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	5438	467	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	4938	360	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile

AMB CPT 4												
8,4	155,4	81,4	0,94	4738	373	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	5138	367	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	4438	367	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	5352	447	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	5152	467	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	89,9	0,92	4952	427	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,6	177,6	91,6	0,92	5152	520	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,8	181,3	93,3	0,91	5652	620	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10	185	95	0,91	5652	520	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,2	188,7	96,7	0,90	4766	620	2,96	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,4	192,4	98,4	0,90	5666	653	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,6	196,1	100,1	0,89	6766	660	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,8	199,8	101,8	0,89	6166	693	2,85	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11	203,5	103,5	0,88	6466	653	2,80	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,2	207,2	105,2	0,87	6179	553	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,4	210,9	106,9	0,87	5579	587	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,6	214,6	108,6	0,86	5679	627	2,88	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,8	218,3	110,3	0,86	5979	627	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12	222	112	0,85	6179	747	2,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,2	225,7	113,7	0,85	6793	713	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,4	229,4	115,4	0,84	5993	647	2,88	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,6	233,1	117,1	0,84	6393	667	2,85	2,48	4,13	0,84	0,18	23,09	non liquefacibile
12,8	236,8	118,8	0,83	6793	820	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
13	240,5	120,5	0,83	7393	600	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
13,2	244,2	122,2	0,82	6507	647	2,84	2,45	4,09	0,82	0,18	23,20	non liquefacibile
13,4	247,9	123,9	0,82	7207	347	2,58	1,53	2,55	0,82	0,18	14,57	non liquefacibile

Tabella 16: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT_AMB_ (loc. S. Rocco)

Come si evince dalle tabelle precedenti all'interno dei depositi presenti nel territorio analizzato il rischio di liquefazione, di cui peraltro non si ha memoria storica in zona, può essere considerato trascurabile.

5 ELABORATI CARTOGRAFICI

5.1 CARTA DELLE INDAGINI

In Tavola 01 è riportata l'ubicazione delle indagini geognostiche pregresse ed ex-novo utilizzate per il presente Studio.

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata per un'area più estesa di quelle oggetto dello studio, allo scopo di comprendere e documentare il modello geologico preliminare e i fenomeni naturali che possono interessare le aree e avere implicazioni nella pericolosità sismica.

1. Indagini pregresse messe a disposizione dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna:
 - n. 15 Pozzi per acqua;
 - n. 10 Sondaggi a carotaggio continuo;
 - n. 1 Prova penetrometriche statiche con punta piezocono CPTU;
 - n. 5 Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT.

2. Indagini pregresse messe a disposizione dall'Ufficio Tecnico del Comune di Cadeo:
 - n. 6 Indagini geofisiche tipo MASW;
 - n. 1 Indagine geofisica tipo REMI;
 - n. 12 Prove penetrometriche dinamiche (DPM30).
 - n. 32 Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT

3. Indagini realizzate ex-novo per il presente Studio:
 - n. 5 Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT;

Le indagini sono rappresentate, in forma simbolica per tipologia; il simbolo di ciascuna indagine è corredata da un suffisso che ne indica la fonte (RER: SGSS della Regione Emilia Romagna, COM: archivio dell'Ufficio Tecnico comunale di Cadeo, AMB: archivio Società Ambiter s.r.l.), l'ubicazione del sito d'indagine e il numero della prova.

I dati provenienti dagli archivi del SGSS della Regione Emilia Romagna sono stati nominati con lo stesso suffisso indicato nella Banca Dati Geognostica della Regione Emilia-Romagna.

5.2 CARTA GEOLOGICO TECNICA

Nella Carta geologico tecnica sono riportate tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, idrogeologia) tratte dalle seguenti cartografie ed elaborati esistenti:

- Carta Geologica in scala 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna;
- Carta Geologica in scala 1:50.000 della Regione Emilia-Romagna;
- Tavola Q.C.23 'Carta Geologico - geolitologica' in scala 1:10.000 del PSC di Cadeo;
- Tavola Q.C.24 'Inquadramento geomorfologico' in scala 1:10.000 del PSC di Cadeo;
- Tavola Q.C.27 'Carta Idrogeologica' del PSC di Cadeo;
- Banca Dati Geognostica della Regione Emilia-Romagna.

La scala di rappresentazione della Carta Geologico tecnica è 1:10.000.

Per la comprensione degli aspetti litostratigrafici nel sottosuolo e schematizzare in forma sintetica i dati disponibili, sono state elaborate n. 4 sezioni litostratigrafiche, ricostruite sulla base delle indagini geognostiche disponibili.

5.3 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA

La Carta di microzonazione sismica (Livello 2) è stata elaborata tenendo conto della simulazione numerica ottenuta mediante l'utilizzo degli abachi di riferimento per gli effetti litostratigrafici previsti nell'Allegato A2 della Delibera dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, 112.

Sulla base dei dati ottenuti, il territorio è stato suddiviso in zone omogenee con uguale fattore di amplificazione FA; i coefficienti di amplificazione sono espressi in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia di Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi.

Come si evince dalla Tavola 05, alla luce dell'omogeneità dei dati ottenuti dalle indagini MASW disponibili, all'interno del territorio urbanizzato del Comune di Cadeo può essere individuata un'unica microzona stabile caratterizzata da depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o indifferenziati poggianti su di un substrato non rigido (Subsistema di Costamezzana) con $V_s < 800$ m/s.

I valori di amplificazione sismica FA, comuni per tutte le aree del territorio urbanizzato sono i seguenti:

$$FA_{PGA} = 1,5 - FA_{0,1-0,5S} = 1,8 - FA_{0,5-1S} = 2,3.$$

6 COMMENTI FINALI E CRITICITA'

Il presente studio sulla pericolosità sismica del territorio urbanizzato del Comune di Cadeo, sulla base delle indagini e delle analisi eseguite, consente di effettuare alcune considerazioni relative al comportamento dei terreni durante un evento sismico:

1. Gli studi effettuati confermano il rischio di amplificazione sismica in tutte le aree considerate dal presente Studio dovuto ai soli effetti stratigrafici.
2. I valori di amplificazione sismica FA, comuni per tutte le aree del territorio urbanizzato sono i seguenti: $FA_{PGA} = 1,5$ - $FA_{0,1-0,5S} = 1,8$ - $FA_{0,5-1S} = 2,3$.
3. Per quanto riguarda possibili fenomeni di liquefazione, in relazione alle stratigrafie desunte dai dati bibliografici esistenti (non sono stati rilevati livelli di depositi sabbiosi o limoso-sabbiosi significativi) ed alle analisi numeriche effettuate, si ritiene che il rischio all'interno del territorio comunale di Cadeo possa essere considerato trascurabile. Occorre tuttavia rilevare margini di incertezza per aree non indagate direttamente in cui potrebbero essere presenti depositi sabbiosi di spessore significativo.
4. In considerazione della ridotta soggiacenza della falda (generalmente compresa tra 1 e 3 m di profondità), dell'accelerazione e della magnitudo massima attesa nell'intero territorio comunale, nell'ambito della progettazione di nuove edificazioni o interventi su manufatti esistenti, è comunque sempre necessario effettuare specifiche verifiche di liquefazione dei terreni.
5. Gli studi geologici e sismici da espletarsi nelle successive fasi di progettazione dovranno essere realizzati in ottemperanza alle indicazioni previste dalla specifica normativa di riferimento (Legge n. 64 del 02/02/1974, DM dell'11/03/1988, D.A.L. 112/2007 della Regione Emilia-Romagna, DM 14/01/2008 e L.R. 19/2008). Tali studi dovranno essere corredati da specifiche indagini geognostiche e geofisiche commisurate all'importanza delle opere di progetto. Qualora, sulla base degli esiti delle indagini effettuate, venisse rilevata la presenza di depositi sabbiosi o limoso sabbiosi di spessore superiore ad 1 metro dovranno essere effettuate analisi speditive di quantificazione della liquefacibilità basate sulla stima del rapporto CRR/CSR. Nel caso gli esiti speditivi riscontrassero intervalli liquefacibili significativi, si dovrà procedere al prelievo di campioni di sedimenti negli intervalli più critici interessati da potenziale liquefazione, per effettuare specifiche prove geotecniche di laboratorio (es. prove triassiali cicliche) finalizzate alla valutazione delle resistenze alla liquefazione (CRR). Dovrà essere inoltre effettuata una specifica procedura per la modellazione numerica della risposta sismica locale, in grado di fornire i parametri necessari per la valutazione del CSR (Cyclic Stress Ratio).

ALLEGATO 1

INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI

ALLEGATO 2

TAVOLE

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	2
1.1	RIFERIMENTI NORMATIVI NAZIONALI.....	4
1.2	RIFERIMENTI NORMATIVI REGIONALI.....	5
2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	6
2.1	EVOLUZIONE DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI CADEO.....	6
2.2	SISMICITA' STORICA.....	10
2.3	ZONAZIONE SISMOGENETICA.....	10
3	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE.....	12
3.1	ASSETTO STRUTTURALE GENERALE.....	14
4	ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA.....	15
4.1	ROVELETO.....	17
4.2	CADEO.....	29
4.3	FONTANA FREDDA.....	40
4.4	SALICETO – CONTRADONE – S. ROCCO.....	50
5	ELABORATI CARTOGRAFICI.....	61
5.1	CARTA DELLE INDAGINI.....	61
5.2	CARTA GEOLOGICO TECNICA.....	62
5.3	CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA.....	62
6	COMMENTI FINALI E CRITICITA'.....	63

ALLEGATI

1. INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI
2. CARTOGRAFIA

1 INTRODUZIONE

Come specificato nell'art. A-2 comma 4 dell'Allegato alla LR 20/2000, gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica *concorrono alla riduzione ed alla prevenzione del rischio sismico, sulla base delle analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione.*

A tal fine, i Comuni hanno l'obbligo di valutare la compatibilità delle previsioni contenute negli strumenti di pianificazione attraverso un approfondimento delle analisi e delle valutazioni che vede in primo luogo l'adeguamento del PTCP e, successivamente il recepimento e l'approfondimento delle indicazioni da esso fornite dal PSC e quindi dal POC.

Con la DAL n.112/2007 ("Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"), la Regione Emilia Romagna ha imposto l'elaborazione degli studi di pericolosità e di Microzonazione sismica nella pianificazione territoriale, che prevedono diverse fasi di realizzazione e differenti livelli di approfondimento in funzione del contesto territoriale e degli obiettivi da perseguire, con complessità ed impegno crescenti, passando dal livello 1 fino al livello 3:

- il livello 1 costituisce un livello propedeutico ai successivi livelli di approfondimento. Consiste nell'elaborazione di un quadro conoscitivo generale, tramite una raccolta di dati preesistenti, in cui le varie parti del territorio vengono suddivise in microzone qualitativamente omogenee rispetto alla suscettibilità ad effetti locali in cui effettuare le successive indagini di MS;
- il livello 2 oltre a definire e confermare le condizioni di pericolosità del precedente livello 1, fornisce quantificazioni numeriche (con metodi semplificati) dei fenomeni di modificazione locale del moto sismico e dei fenomeni di deformazione permanente e definisce la Carta di microzonazione sismica;
- il livello 3 restituisce una Carta di microzonazione sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari, non risolvibili con l'uso di metodologie speditive.

Nel caso di Cadeo, la Relazione geologica (a cura del Dott. Geol. Paolo Mancioffi) elaborata per il Quadro Conoscitivo (QC) del Piano Strutturale approvato con Del. G.C. n. 44 del 08/03/2005, includeva le analisi geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche del territorio studiato e una caratterizzazione geotecnica preliminare delle principali aree urbane.

In adeguamento alla DAL n.112/2007, nell'ambito del Piano Operativo Comunale approvato con Del. G.C. n. 86 del 28/06/2007, è stata elaborata una Relazione Sismica Illustrativa ed una "Carta Comunale delle Aree Suscettibili di effetti locali" (a cura del Dott. Geol. Paolo Mancioffi).

Successivamente agli studi geologici e sismici elaborati per il POC, la Provincia di Piacenza ha approvato, con atto n. 69 del 2 luglio 2010, il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale PTCP,

che, sulla base delle indicazioni della DAL n.112/2007 ha sviluppato il “primo livello” di approfondimento geologico sismico provinciale, dando disposizioni ai Comuni su come e dove effettuare i successivi livelli di approfondimento, che potranno integrare e meglio definire le informazioni elaborate alla scala provinciale.

Il PTCP ha prodotto una specifica cartografia della pericolosità sismica preliminare: Tav. A4 - Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali alla scala 1:25.000 ed una nuova disciplina (art. 33 delle NTA) finalizzata alla riduzione del rischio sismico che definisce e chiarisce i ruoli e gli approfondimenti richiesti nei vari strumenti urbanistici comunali ed il loro rapporto con la pianificazione sovraordinata.

Il presente documento si configura pertanto come adeguamento a quanto previsto dal PTCP ed alla DAL n.112/2007, in particolar modo per quanto riguarda lo svolgimento delle analisi previste ai punti 3 e 4.1 della DAL n.112/2007 e nell'art. 33 delle NTA del PTCP.

La presente relazione descrive le fasi di studio, le indagini pregresse e quelle realizzate ex-novo, i dati acquisiti, le elaborazioni e i risultati dello studio, relativi alle aree appartenenti al territorio urbanizzato del Comune di Cadeo.

A corredo della relazione illustrativa è stata redatta inoltre la seguente cartografia:

- Tav. 01 - Carta delle indagini;
- Tav. 02 - Carta geologico tecnica;
- Tav. 03 - Sezioni litostratigrafiche;
- Tav. 04 - Carta delle velocità delle onde di taglio S;
- Tav. 05 - Carta di microzonazione sismica (Livello 2) - F.A. P.G.A.

1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI NAZIONALI

Legge 2 febbraio 1974, n. 64, Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

Legge 10 dicembre 1981, n. 741, Ulteriori norme per l'accelerazione delle procedure per l'esecuzione di opere pubbliche.

Decreto del Ministro dei lavori pubblici 11 marzo 1988, Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Legge 24 febbraio 1992, n. 225, Istituzione del Servizio nazionale della protezione civile.

Decreto del Ministro dei lavori pubblici 16 gennaio 1996, Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

Decreto del Ministro dell'interno 13 Febbraio 2001, Adozione dei "Criteri di massima per l'organizzazione dei soccorsi sanitari nelle catastrofi" (pubblicati nella G.U. n. 116 del 12 maggio 2001).

Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112, Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle Regioni ed agli Enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59.

Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.

Legge 9 novembre 2001, n. 401, Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 7 settembre 2001, n. 343, recante disposizioni urgenti per assicurare il coordinamento operativo delle strutture preposte alle attività di protezione civile.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274, Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Legge 27 luglio 2004, n. 186, Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 28 maggio 2004, n. 136, "Disposizioni urgenti per garantire la funzionalità di taluni settori della pubblica amministrazione. Disposizioni per la rideterminazione di deleghe legislative e altre disposizioni connesse".

Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 ottobre 2007, Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni.

Decreto del Ministro delle infrastrutture 14 gennaio 2008, Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni.

Dipartimento della Protezione Civile e la Conferenza delle Regioni e Province Autonome 13 novembre 2008; Indirizzi e criteri per la micro zonazione sismica.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 29 febbraio 2012, n. 4007, Attuazione dell'articolo 11 del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77. Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico per l'anno 2011".

1.2 RIFERIMENTI NORMATIVI REGIONALI

Legge Regionale 24 marzo 2000, n. 20, Disciplina generale sulla tutela e uso del territorio.

Delibera dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, 112, Indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica.

Legge Regionale 30 ottobre 2009, n. 19, Norme per la riduzione del rischio sismico.

Delibera della Giunta Regionale 10 settembre 2012, 1302, Approvazione dei criteri per gli studi di micro zonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 4007/2012 a favore degli Enti Locali.

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 EVOLUZIONE DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI CADEO

Nell'ambito della classificazione sismica dell'intero territorio nazionale emanata a partire dal 1909, il Comune di Cadeo, come la gran parte dei territori della Regione Emilia Romagna, è stato classificato sismico solo a partire dal 1998 "Proposta di riclassificazione sismica del territorio italiano (1998) a cura del Gruppo di Lavoro ING-GNDT-SSN costituito dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi".

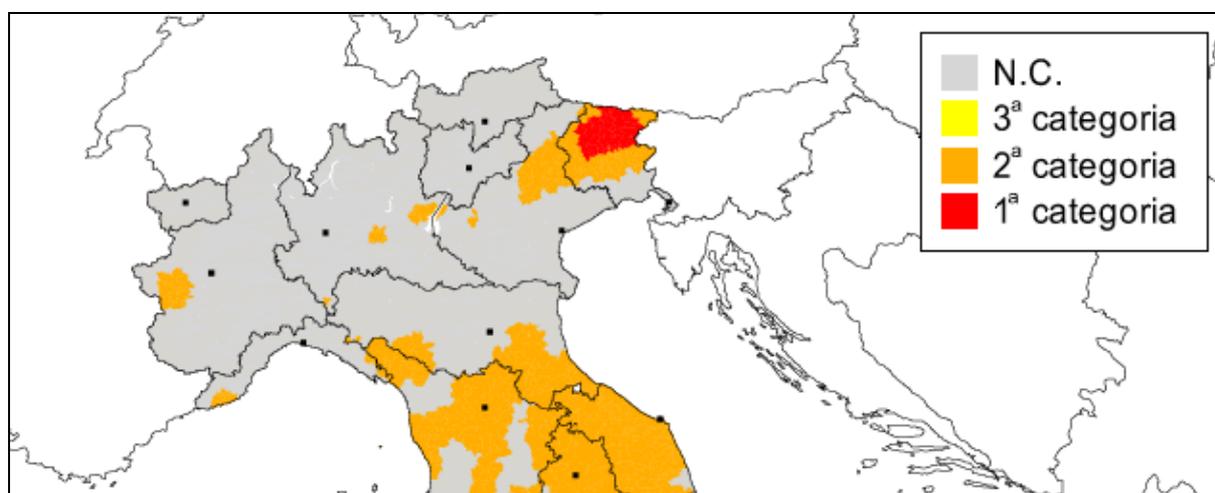


Figura 1: Classificazione sismica del territorio italiano (1984). Decreto MLP del 14/07/1984 e decreti successivi.

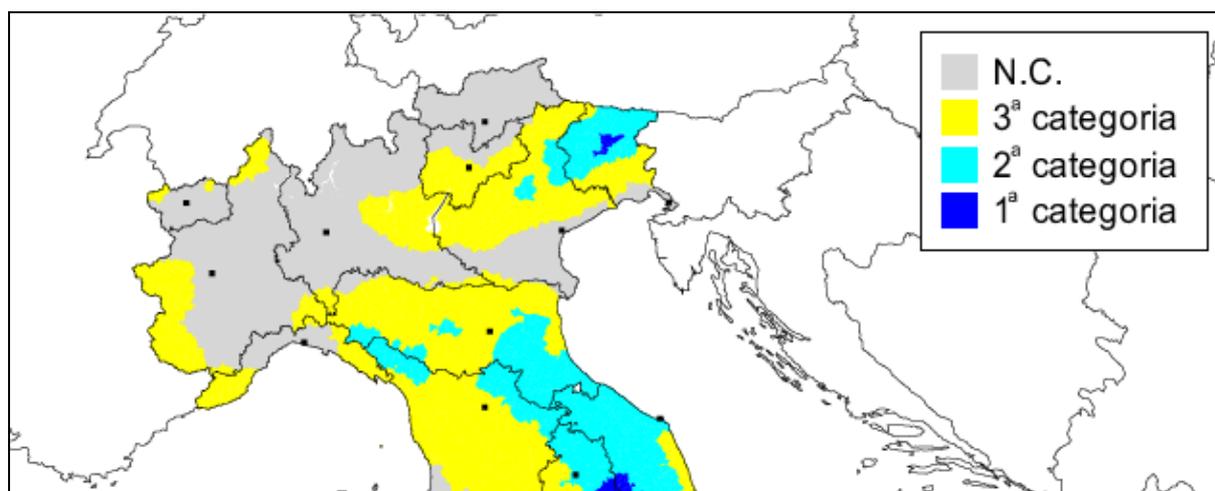


Figura 2: Proposta di riclassificazione sismica del territorio italiano (1998) a cura del Gruppo di Lavoro ING-GNDT-SSN costituito dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi.

La classificazione approvata con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica" suddivide il territorio nazionale in 4 zone con livelli decrescenti di pericolosità sismica in relazione a 4 differenti valori di accelerazione orizzontale (ag/g) d'ancoraggio dello spettro di risposta elastico e a 4 differenti valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag/g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

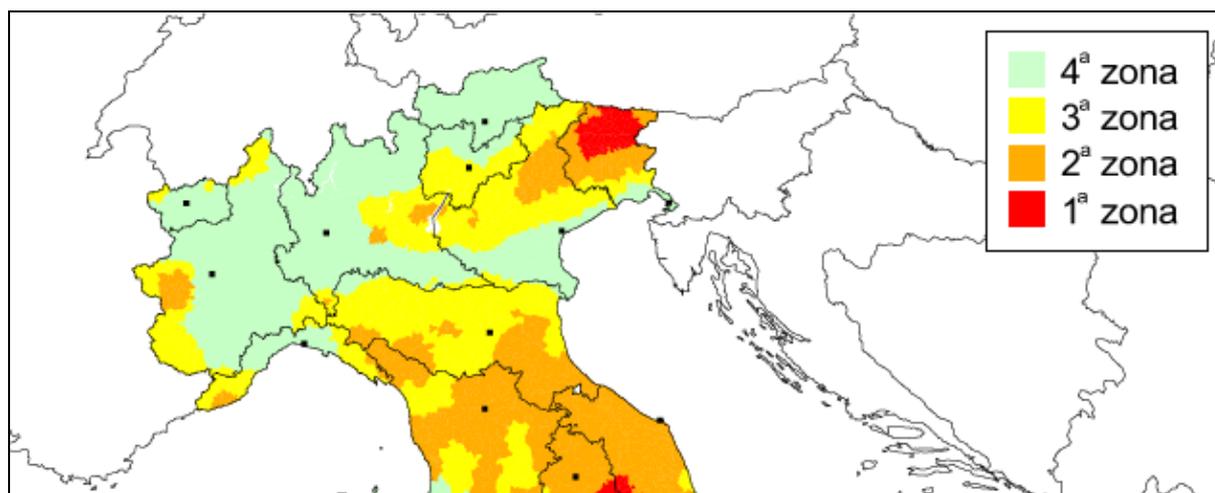


Figura 3: Zone sismiche del territorio italiano (2003). Ordinanza PCM 3274 del 20/03/2003.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1	>0.25
2	0.15-0.25
3	0.05-0.15
4	<0.05

Tabella 1: Valori di PGA per le varie zone

Con Delibera 1435 del 21 luglio 2003 "Prime disposizioni di attuazione dell'ordinanza del PCM n. 3274/2003 recante "primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", la Regione Emilia Romagna sentiti le Province e i Comuni interessati, ha provveduto all'individuazione delle zone sismiche nonché alla formazione e all'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone, ribadendo sostanzialmente quanto riportato nell'OPCM 3274/2003.

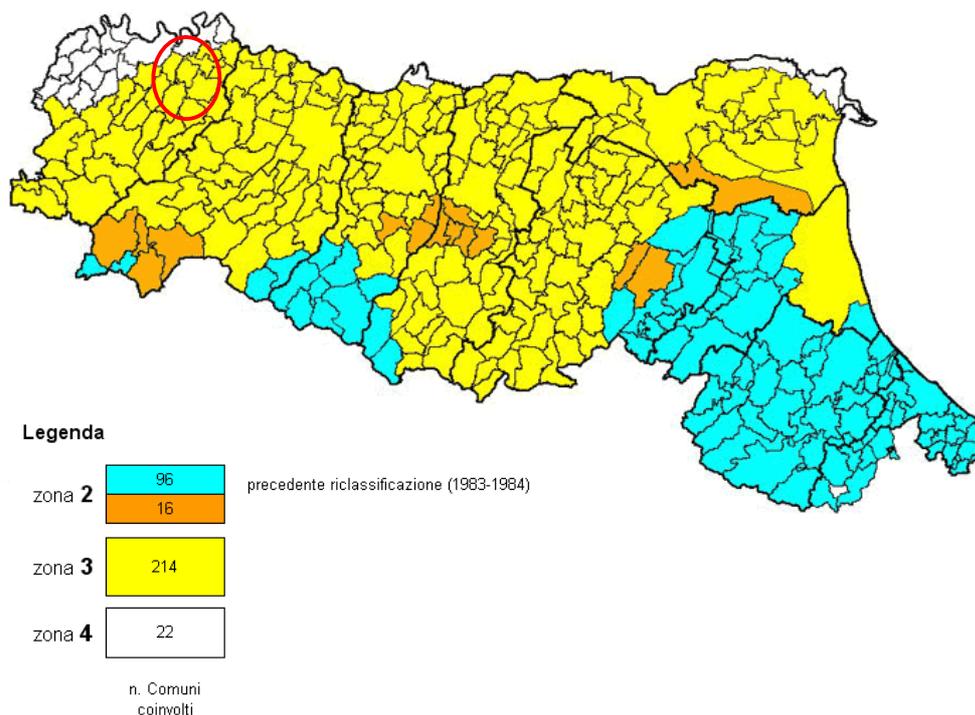


Figura 4: Zone sismiche del territorio italiano con recepimento delle variazioni operate dalle singole Regioni (fino a marzo 2004)

Il territorio comunale di Cadeo è classificato in zona 3, con conseguente accelerazione sismica orizzontale, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compreso tra 0,05 - 0,15. Tali valori d'accelerazione sono relativi al bedrock, ovvero a formazioni litoidi o terreni omogenei molto rigidi.

La Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 2 maggio 2007: *Approvazione dell'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16 comma 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"*, attribuisce al Comune di Cadeo un valore dell'accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per $T=0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}) pari a 0.110.

L'evoluzione normativa in materia sismica, con l'emanazione delle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008), ha fatto sì che i dati e le procedure necessari ai fini strettamente progettuali, siano svincolati dalla classificazione sismica del territorio, con alcune limitate eccezioni, prevedendo l'uso diretto dei parametri sismici del sito in oggetto.

Le norme tecniche forniscono le forme spettrali in funzione di tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento (cfr. Figura 5), i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni).

La pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

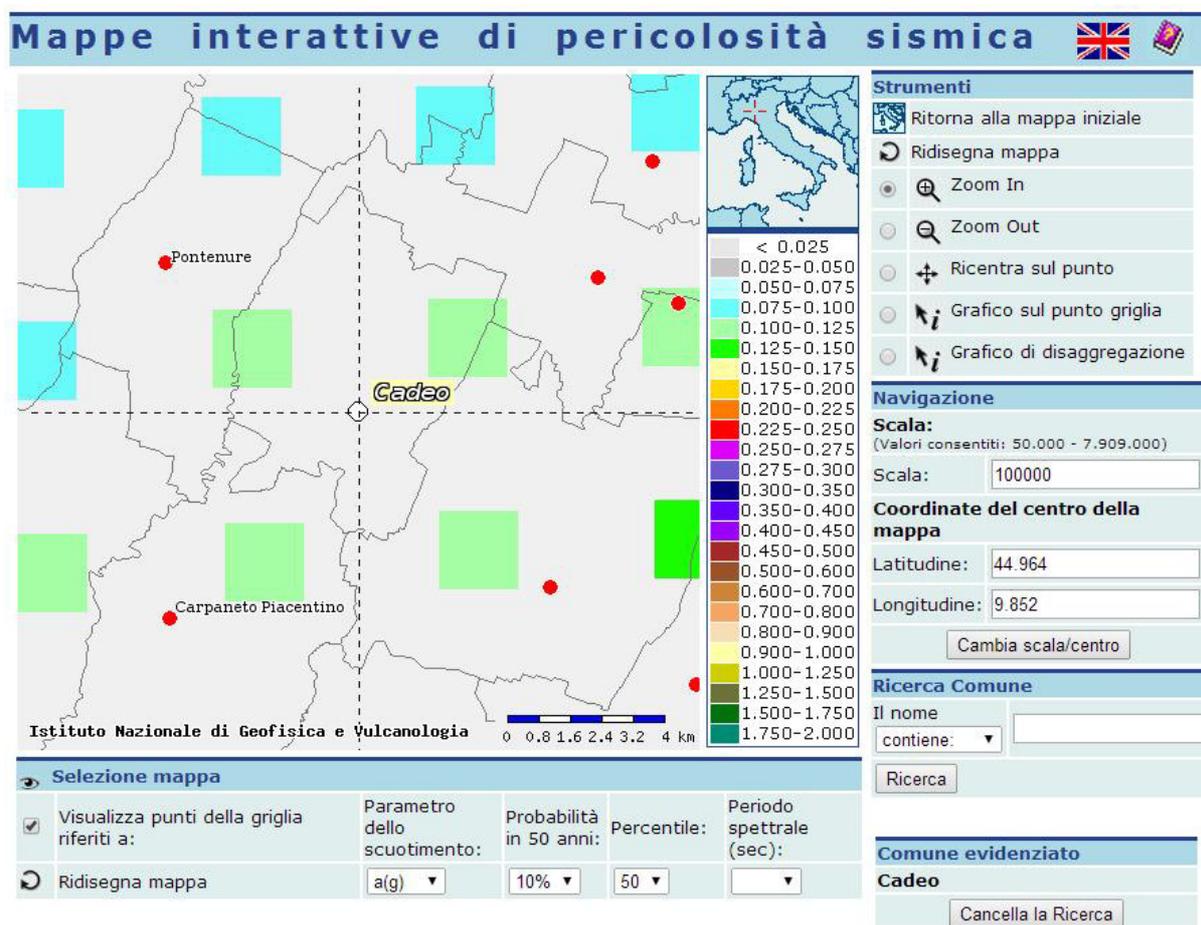


Figura 5: Mappatura dell'accelerazione orizzontale massima del terreno (a_g) con tempi di ritorno di 475 anni

2.2 SISMICITA' STORICA

La distribuzione della sismicità storica italiana degli ultimi mille anni è consultabile tramite il Catalogo parametrico dei terremoti italiani CPTI11 (a cura di A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi, 2011), consultabile al sito <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/>.

La sismicità storica del Comune di Cadeo è stata desunta dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI11. Il database DBMI11, realizzato nell'ambito delle attività del Tema Trasversale Coordinato INGV 5.1 "Banche dati e metodi macrosismici" (a cura di M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi), è consultabile al sito <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>.

Dall'esame del diagramma di Tabella 2, gli episodi più significativi per il Comune di Cadeo sono presumibilmente quelli del 1438 e del 1738, che produssero effetti del VII-VIII grado MCS (Scala Mercalli-Cancani-Sieberg).

Nella successiva Tabella 2 sono elencate le osservazioni, aventi la maggiore intensità al sito, disponibili per il territorio comunale. Nella tabella sono indicate, oltre alla stessa intensità al sito (Is), l'anno, il mese (Me), il giorno (Gi), in cui si è verificato, l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io), e la magnitudo momento (Mw).

Seismic history of Cadeo [44.973, 9.832]					
Total number of earthquakes: 4					
Effects	Is	Data	Area epicentrale, area geografica in cui sono stati riscontrati gli effetti maggiori del terremoto	Intensità macrosismica epicentrale, da CPTI11, espressa in scala MCS	Magnitudo momento, da CPTI11
		NF	1986 12 06 17:07	Bondeno	6
3-4		1991 10 31 09.31	Parmense	5	4.45 ±0.14
NF		2000 06 18 07:42	Parmense	5-6	4.43 ±0.09
NF		2005 04 18 10:59	Valle del Trebbia	5	3.98 ±0.09

Tabella 2: Eventi sismici di maggiore intensità verificatisi nel Comune di Cadeo

2.3 ZONAZIONE SISMOGENETICA

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha prodotto una zonazione sismogenetica (ZS9) del territorio nazionale che tiene conto dell'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale

(“Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’ O.P.C.M. 20-3-2003, n. 3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano - Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici”).

Il modello sismogenetico suddivide il territorio italiano in 36 diverse zone, numerate da 901 a 936, più altre 6 zone, identificate con le lettere da “A” a “F” fuori dal territorio nazionale (A-C) o ritenute di scarsa influenza (D-F).

La zonizzazione è stata condotta tramite l’analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la carta nazionale delle zone sismogenetiche.

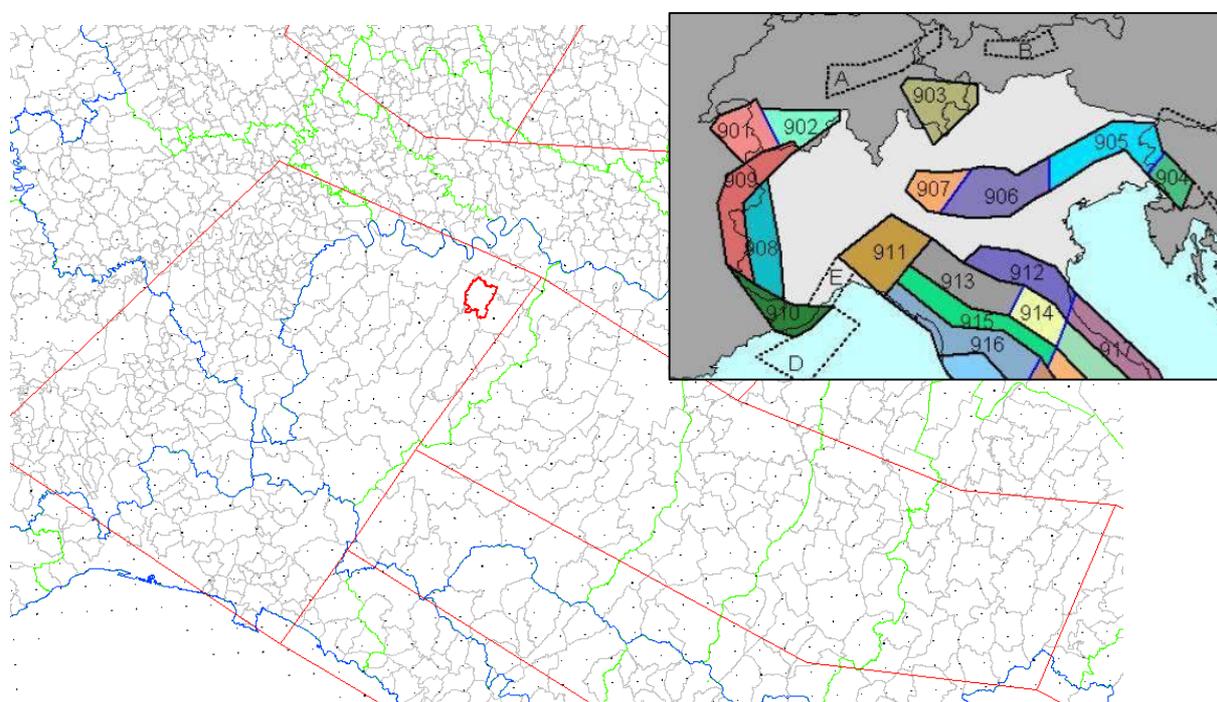


Figura 6: Zonizzazione sismogenetica ZS9 ridisegnata

Dall’esame della Figura 6 si evince che il Comune di Cadeo ricade all’interno della Zona Sismogenetica 911 e dista circa 6 Km dalla Zona 913 che fanno parte del complesso “Appennino settentrionale e centrale” (zone che vanno dalla 911 alla 923).

Tali zone ricadono in una fascia di transizione a carattere misto in cui convivono meccanismi diversi (essenzialmente compressivi a NW e distensivi a SE); si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture.

La zona Sismogenetica 911 rappresenta la porzione più esterna ed occidentale della fascia in compressione dell’Appennino Settentrionale, caratterizzata dallo sprofondamento passivo della

litosfera adriatica (placca tettonica "Adria") sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale (placca tettonica "Northern Apenninic Arc") con cinematismi attesi di sovrascorrimenti e faglie trascorrenti aventi assi SW-NE; i terremoti storici hanno raggiunto il valore massimo pari a $M_d = 4,1$; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 8 e 12 Km con profondità efficace di 8 km; nella Zona Sismogenetica 911 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a $M_{wmax2} = 6,14$.

All'interno della zona sismogenetica 913, i terremoti storici raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo; la massima magnitudo rilevata è $M_d = 4,8$; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 12 e 20 Km con profondità efficace di 13 km; nella zona sismogenetica 913 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a $M_{wmax2} = 6,14$.

3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE

Il territorio comunale di Cadeo si sviluppa nella fascia appartenente all'alta pianura piacentina, caratterizzata da paesaggi morfologici tipici delle piane alluvionali costituiti da depositi di argine/barra/canale che configurano una morfologia pianeggiante con pendenze comprese tra 0,5 e 1% e digradanti verso N.

Dal punto di vista della caratterizzazione geologica il territorio comunale risulta costituito dalla piana alluvionale costruita dagli apparati fluviali appenninici, ed in particolare dai torrenti Chiavenna, Chero e Riglio.

Nello specifico, l'intero territorio comunale è costituito da depositi alluvionali appartenenti al Sintema emiliano-romagnolo Superiore (AES) di età compresa tra il pleistocene medio e l'Olocene. Dal punto di vista litologico è costituita da ghiaie prevalenti in corrispondenza dei principali apparati fluviali (depositi di conoide e intravallivi terrazzati), passanti ad argille e limi prevalenti con locali intercalazioni sabbioso-ghiaiose nelle aree di interconoide.

Tali sedimenti appoggiano su depositi di prodelta, piattaforma, piana deltizia e di delta-conoide a litologia prevalentemente sabbiosa e limoso-sabbiosa (CMZ e ATS), presenti nel sottosuolo della pianura sino a profondità di oltre 150 m e affioranti nelle aree collinari del territorio provinciale assieme ai depositi delle formazioni marine pre-Quaternarie.

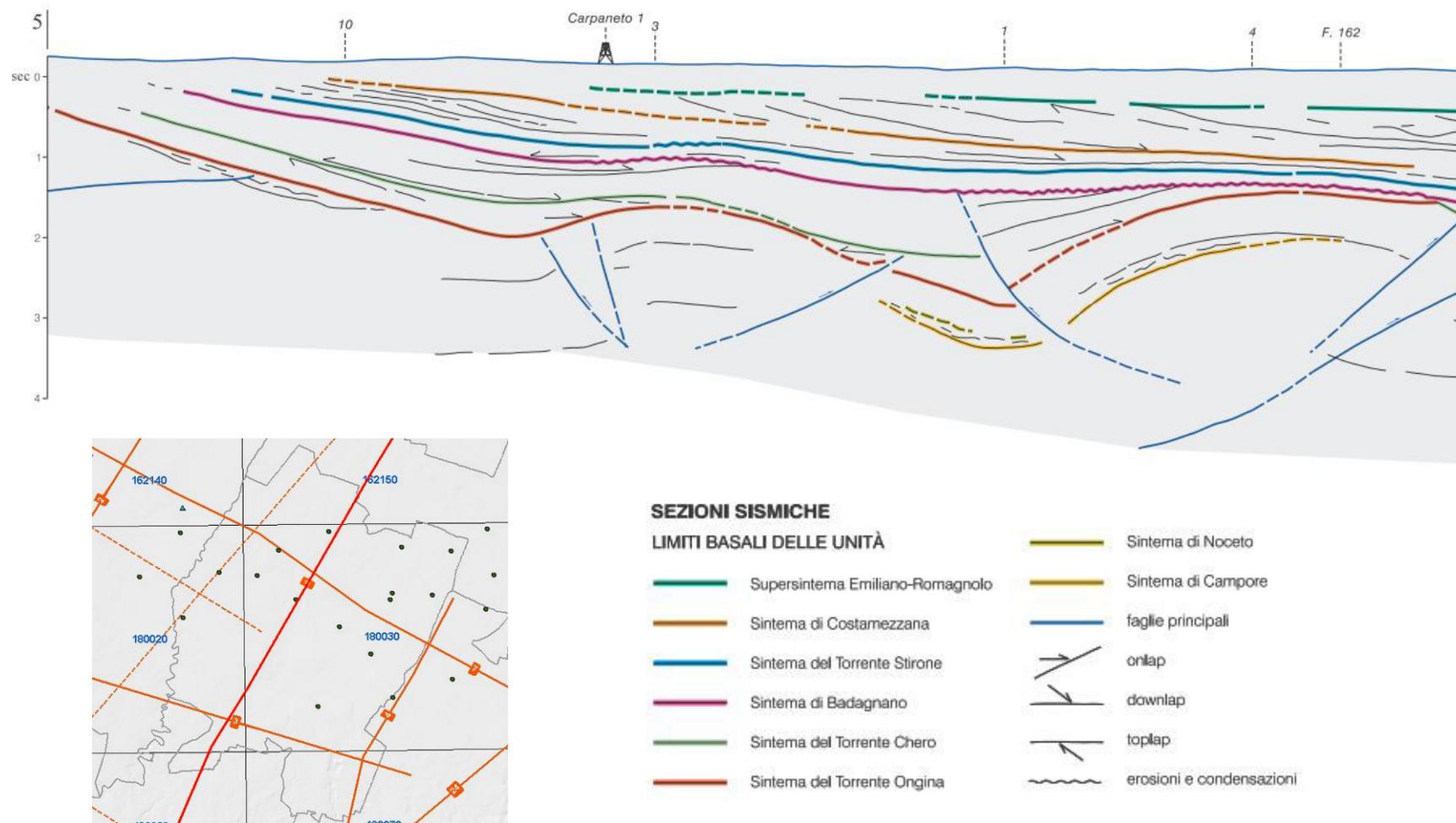


Figura 7: Estratto della sezione pubblicata n. 006 (da "Sezioni geologiche e prove geognostiche della pianura emiliano romagnola" del SGSS della Regione Emilia Romagna)

3.1 ASSETTO STRUTTURALE GENERALE

Il territorio comunale di Cadeo ricade nell'area di raccordo fra la parte esterna della catena appenninica strutturata nel Miocene superiore-Pliocene inferiore e il settore padano-adriatico in cui le deformazioni, sepolte, sono prevalentemente Pliocene superiore-quadernarie, parte delle quali tuttora attive.

L'assetto geostrutturale delle formazioni prequadernarie è caratterizzato da una successione plicativa ad anticlinali e sinclinali spesso fagliate e sovrascorse, con assi a vergenze appenniniche, la cui strutturazione è il frutto di spinte deformative provenienti da Sud-Ovest, che hanno provocato la deformazione secondo un modello a falde sovrapposte ed embrici NE vergenti (Pieri & Groppi, 1982).

Le grandi direttrici strutturali (fronti di accavallamento, pieghe, faglie), hanno pertanto direzione Nord-Ovest/Sud-Est, analogamente a quanto si riscontra in quasi tutto l'Appennino Tosco-Emiliano.

In tale schema la pianura piacentina è compresa nell'arco delle pieghe emiliane caratterizzate da due distinti fasci di thrust: il primo, più meridionale, detto fronte di accavallamento appenninico (Pedeappenninic Thrust Front, PTF), definisce il limite della catena appenninica affiorante; il secondo, detto fronte di accavallamento esterno (External Thrust Front, ETF), definisce il limite dell'appennino sepolto.

L'analisi della sismotettonica dell'Emilia-Romagna, condotta dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione, ha messo in evidenza come parte delle strutture sepolte che interessano il riempimento sedimentario Plio-Pleistocenico siano caratterizzate da attività molto recente ad attuale.

Nello specifico del territorio oggetto del presente Studio risultano attivi i sovrascorrimenti sepolti che danno luogo agli archi di Piacenza-Parma e il fronte coincidente con il margine pedeappenninico tra Salsomaggiore e la Val Taro.

Negli affioramenti lungo il margine piacentino, non sono presenti chiare evidenze di deformazioni recenti; i depositi della successione del margine si presentano pressoché indeformati e si immergono blandamente sotto i depositi alluvionali padani.

Dal punto di vista strutturale l'unica struttura importante che mostra attività tardo-quadernaria è il fronte sepolto dell'alto di Chero-Carpaneto, localizzato in pianura poco a sud di Piacenza tra le valli del Tidone e dello Stirone, prosecuzione verso SE del thrust di Stradella descritto da Benedetti et alii (2003).

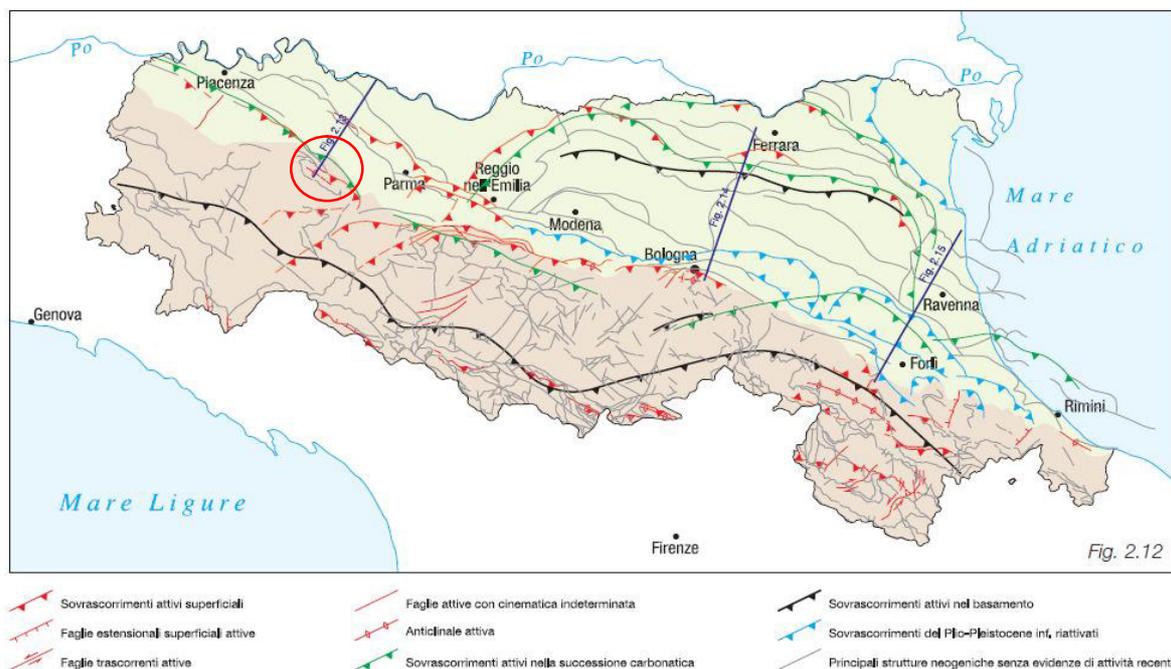


Figura 8: Strutture attive della Regione Emilia Romagna (Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna in scala 1:250.000 – SGSS Regione Emilia Romagna a cura di M. Boccaletti e L. Martelli)

4 ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA

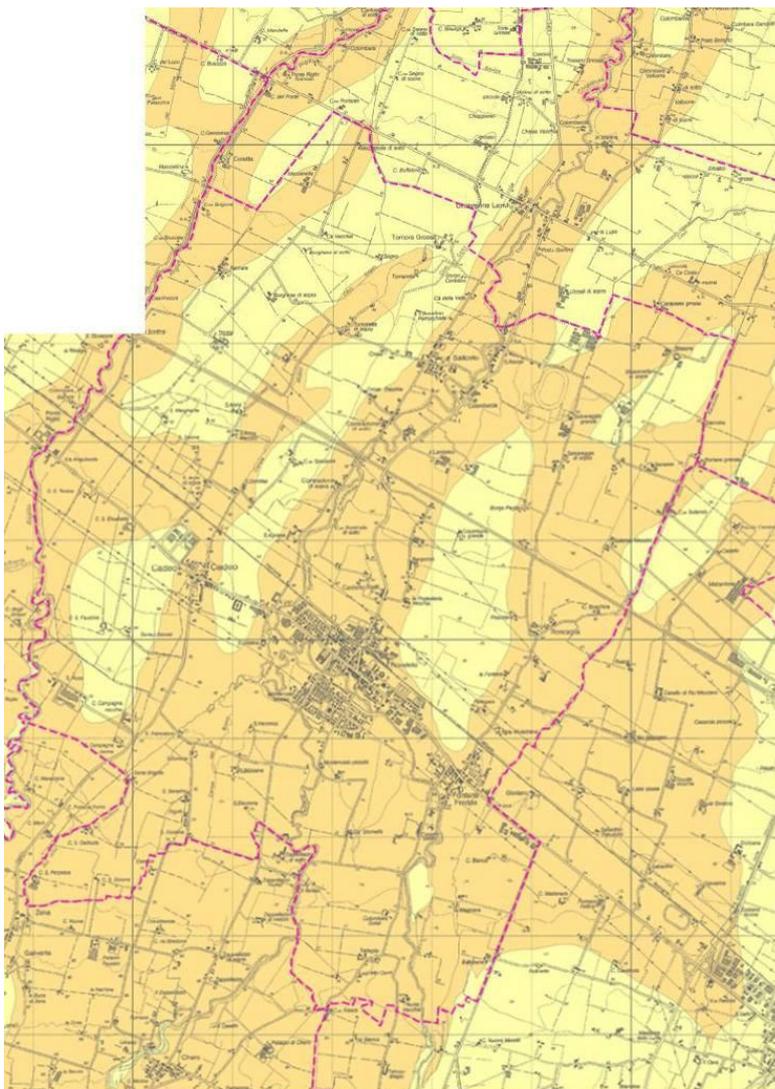
La Tavola A4 “Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali” del PTCP indica, su scala provinciale, le zone caratterizzate da differenti scenari di pericolosità locale con indicazione degli effetti locali attesi e fornisce ai Comuni i criteri su come e dove effettuare i successivi livelli di approfondimento previsti dalla DAL n.112/2007.

Nello specifico del Comune di Cadeo (v. Figura 9), sulla base di osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, sono state suddivise aree in cui sussiste il pericolo di liquefazione in relazione alla possibile presenza di depositi sabbiosi (classe S nella Tav. A4 del PTCP) e depositi detritici, depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o indifferenziati (Classe D nella Tav. A4 del PTCP).

Sulla base degli effetti attesi, il PTCP prevede quindi di effettuare successivi livelli di approfondimento relativi alla pericolosità sismica del territorio, al fine di integrare e meglio definire le informazioni elaborate alla scala provinciale; nello specifico vengono richiesti approfondimenti di II livello per le aree ricadenti in Classe D e di III livello per le aree ricadenti in Classe S (II se si esclude il rischio di liquefazione).

Legenda

- F1i Frane attive con inclinazione critica (pendenza > 15° e dislivello >= 30 m)
- F1 Frane attive
- F2i Frane quiescenti con inclinazione critica (pendenza > 15° e dislivello >= 30 m)
- F2 Frane quiescenti
- Di Depositi detritici, depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o indifferenziati, substrato roccioso con Vs30 < 800 m/s e assimilabili con inclinazione critica (pendenza > 15° e dislivello >= 30 m)
- Si Depositi alluvionali sabbiosi con inclinazione critica (pendenza > 15° e dislivello >= 30 m)
- Ci Depositi alluvionali argillosi con inclinazione critica (pendenza > 15° e dislivello >= 30 m)
- S Depositi alluvionali sabbiosi
- C Depositi alluvionali argillosi
- T Zone di contatto tettonico
- I Aree con inclinazione critica (pendenza > 15° e dislivello >= 30 m)
- D Depositi detritici, depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o indifferenziati, substrato roccioso con Vs30 < 800 m/s e assimilati
- R Substrato roccioso rigido (Vs30 >= 800 m/s)



CLASSE	EFFETTI DI SITO					LIVELLO DI APPROFONDIMENTO (rif. Delib. A.L. n. 112/2007)
	amplificazione litologica	amplificazione topografica	instabilità di versante	cedimenti	liquefazione	
P1i	X	X	X			III
F1	X		X			III
F2i	X	X	X			III
F2	X		X			III
Di	X	X	X			III
Si	X	X	X		X	III (classe Di se si esclude il rischio di liquefazione)
Ci	X	X	X	X		III (classe Di se si esclude il rischio di cedimenti)
S	X				X	III (I, classe D, se si esclude il rischio di liquefazione)
C	X			X		III (I, classe D, se si esclude il rischio di cedimenti)
T	X					II (III, classe Di, in caso di inclinazione critica degli eventuali orizzonti di alterazione/stratificazione di spessore > 5m)
I		X				II (II, classe Di, in caso di orizzonti di alterazione/stratificazione di spessore > 5m)
D	X					II
R						I (I, classe D, in caso di orizzonti di alterazione/stratificazione di spessore > 5m)

Figura 9: Stralcio della Tav. A4 “Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali” del PTCP

Di seguito vengono pertanto descritte le valutazioni di compatibilità geologico sismiche delle aree urbanizzate del Comune di Cadeo, adeguate a quanto previsto dalla DAL n.112/2007 ed alle indicazioni contenute nella Tav. A4 del PTCP e disciplinati dall’art. 33 della NTA.

4.1 ROVELETO

4.1.1 Indagini disponibili

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata attingendo dagli archivi del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (SGSS) e dalle elaborazioni di indagini fornite direttamente dall'Ufficio tecnico del Comune di Cadeo.

Le indagini raccolte sono costituite da stratigrafie di pozzi per acqua (5), sondaggi a carotaggio continuo (3) con i relativi dati di Standard Penetration Test SPT, prove penetrometriche statiche CPT (21), prove penetrometriche dinamiche DPM30 (6) e indagini geofisiche tipo MASW (3).

In considerazione della notevole densità di dati provenienti da indagini geotecniche in sito e della omogeneità delle condizioni geologiche e geotecniche dell'area, nel presente Studio non è stato ritenuto opportuno integrare i dati con ulteriori indagini in sito.

L'ubicazione delle indagini disponibili è riportata in Tavola 01 – Carta delle Indagini.

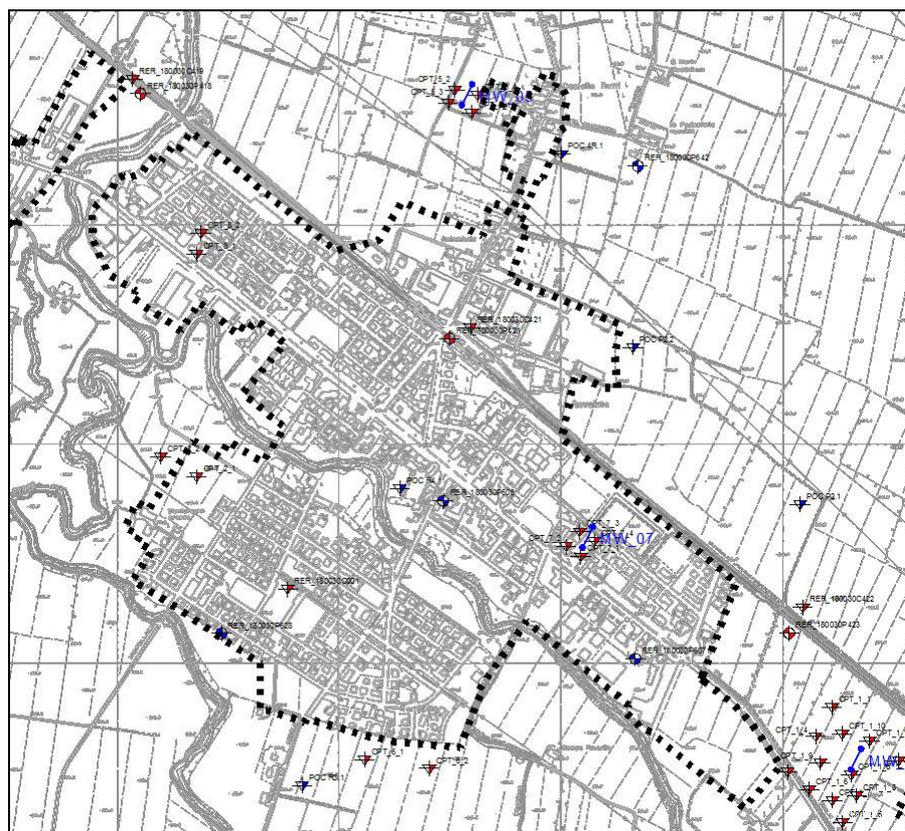


Figura 10: Indagini geognostiche e geofisiche disponibili

4.1.2 Successione stratigrafica

Dall'interpretazione dei dati disponibili risulta che l'assetto stratigrafico in sottosuolo è costituito da una copertura quaternaria continentale di spessore superiore ai 150m m (con spessori che aumentano progressivamente verso la pianura).

Tali depositi appartengono ai cicli sedimentari AES (v. cap.3) e sono costituiti da estesi corpi tabulari di ghiaie sabbiose, sabbie e limi con grado di addensamento, cementazione e spessore molto variabili.

Tali sedimenti appoggiano su depositi di prodelta, piattaforma, piana deltizia e di delta-conoide a litologia prevalentemente sabbiosa e limoso-sabbiosa (CMZ e ATS).

I terreni superficiali sono costituiti da depositi di canale, argine e rotta fluviale, costituiti prevalentemente da materiali a grana fine (argille limose, limi argillosi e localmente limi sabbiosi). Tali depositi presentano al loro interno livelli discontinui di corpi ghiaiosi immersi in abbondante matrice sabbiosa e/o sabbioso-limosa. Il livello ghiaioso più superficiale risulta generalmente attestato a profondità variabili dai 10 ai 15 m da p.c.

Quanto sopra detto trova conferma nei grafici di Figura 11 in cui sono riportati i profili di resistenza alla punta (q_c), ottenuti durante prove penetrometriche statiche CPT e dinamiche DPM30 effettuate in diverse aree del capoluogo.

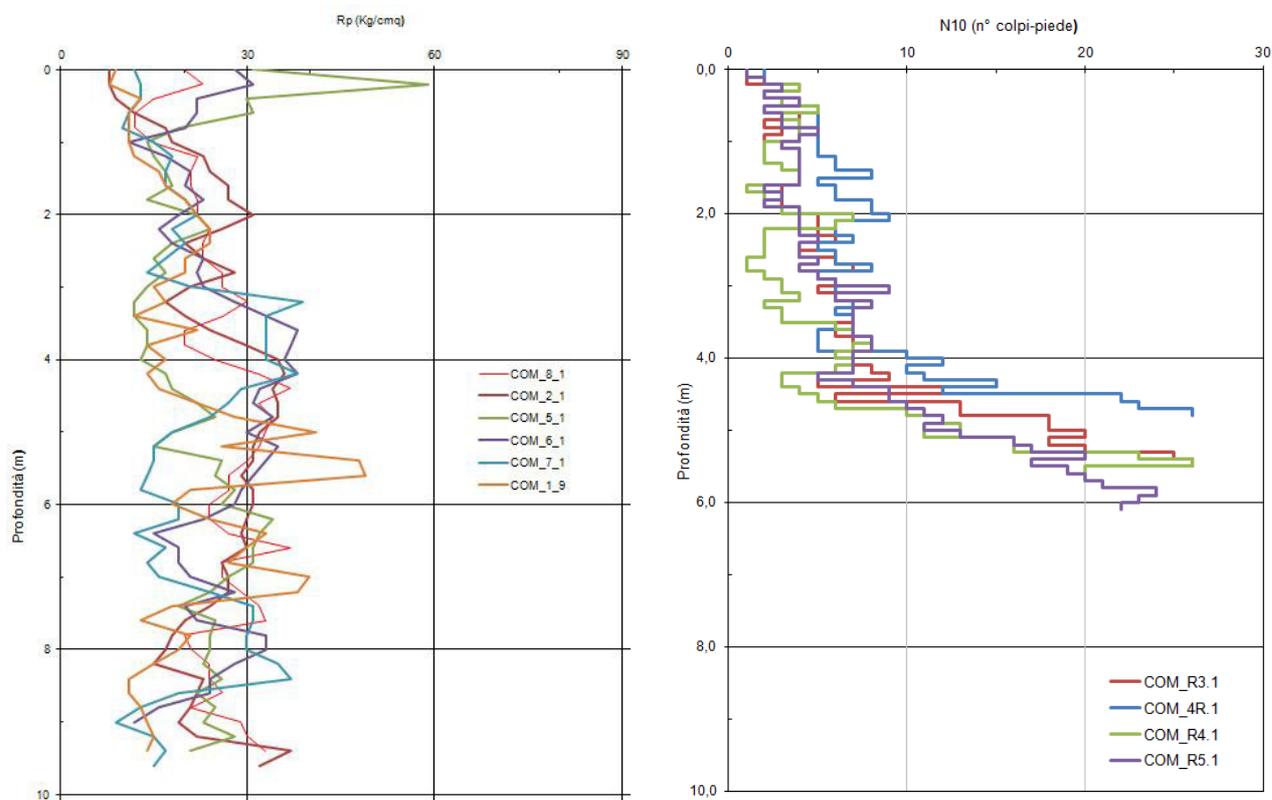


Figura 11: Elaborazione prove penetrometriche disponibili

L'assetto litostratigrafico di riferimento è schematizzato in Tavola 03 - Sezioni litostratigrafiche ricostruite sulla base dei dati ottenuti dalle indagini disponibili.

Dal punto di vista morfologico l'area è sostanzialmente pianeggiante con quote medie che si attestano tra 68 e 63 m s.l.m, con pendenze comprese tra 0,3 e 0,5% debolmente digradanti verso N.

Dal punto di vista idrogeologico, i depositi porosi-permeabili corrispondenti al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) sono sede del serbatoio acquifero più superficiale (Gruppo Acquifero "A" secondo quanto riportato nel volume "Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna", Di Dio et alii, 1998).

La superficie piezometrica presenta una direzione di flusso verso nord-est, con soggiacenze molto ridotte variabili da 1 a 2 m dal p.c (v. Tav. Q.C.27 "Carta Idrogeologica" del PSC) e oscillazioni stagionali in grado di innalzare il livello freatico sino a quote prossime al piano campagna.

4.1.3 Indagini geofisiche

L'ubicazione delle indagini MASW disponibili all'interno del territorio urbanizzato di Roveleto è riportata in Tav. 01 'Carta delle indagini' e in Tav. 04 'Carta delle Velocità delle onde S'; in quest'ultima, oltre all'ubicazione della prova, è riportato anche il valore della Vs30 rilevato.

All'interno del territorio urbanizzato di Roveleto e nel suo stretto intorno sono disponibili n. 4 indagini MASW, i cui dati consentono di effettuare alcune considerazioni generali relativamente alle caratteristiche sismo-elastiche dei terreni sub-superficiali (30 - 40 m di profondità di indagine).

La velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità, determinata mediante prove MASW (pregresse e di nuova realizzazione), risulta molto omogenea compresa tra circa 250 - 270 m/s.

Si osserva inoltre come tutte le aree indagate sono caratterizzate dalla presenza in superficie di un primo livello di terreno con spessore compreso tra 8 m e 15 m, caratterizzato da valori modesti di Vs30 compresi tra circa 100 - 250 m/s.

Inferiormente si rileva la presenza di mezzi aventi rigidità più elevata, corrispondenti evidentemente ai corpi prevalentemente ghiaiosi, con valori di Vs 30 compresi tra circa 310 - 520 m/s.

Dai diagrammi si osserva, al di sotto del primo livello ghiaioso, un generale aumento delle velocità delle onde di taglio con la profondità; solo in corrispondenza della prova MW_01 si registra un'inversione di velocità all'incirca alla profondità di 12÷13 m da p.c.

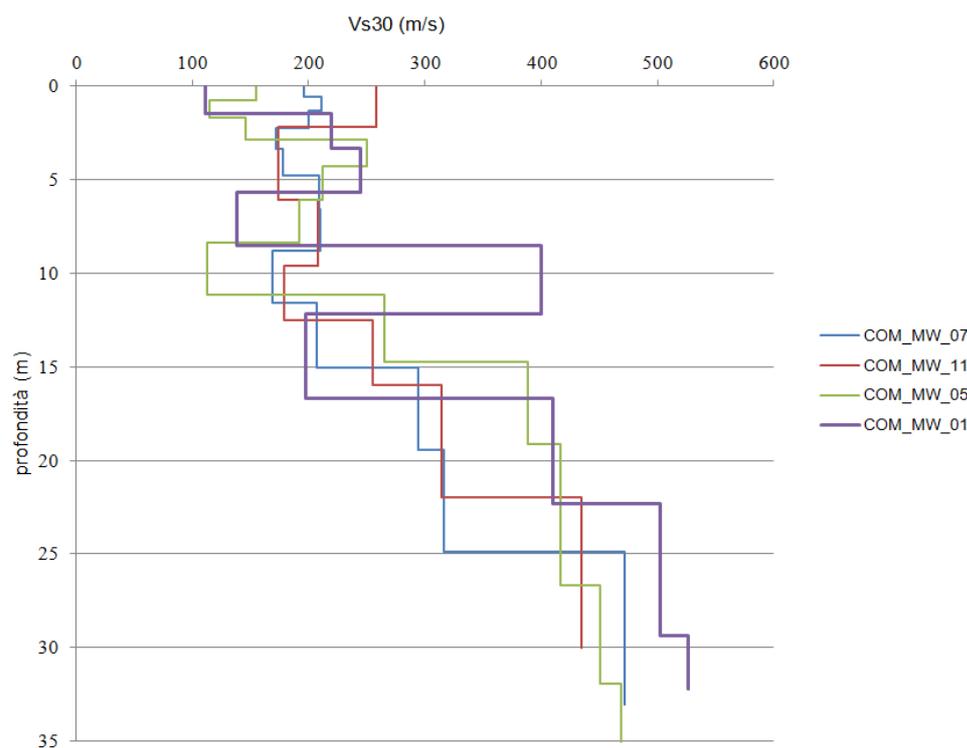


Figura 12: Profili di Vs30 relativi ai siti indagati all'interno dell'area di pertinenza di Roveleto

Alla luce dei dati desunti dalle indagini MASW disponibili è possibile effettuare una stima dei fattori di amplificazione sismica dell'area, mediante l'utilizzo degli abachi di riferimento per gli effetti litostratigrafici previsti nell'Allegato A2 della Delibera dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, 112 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Nel caso specifico, per il calcolo dei fattori di amplificazione FA_{PGA} , $FA_{0.1-0.5S}$ e $FA_{0.5-1S}$, sono stati considerati gli abachi relativi all'Ambito Pianura 2 caratterizzato da un profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo ≥ 100 m da p.c. (v. A2.1.2 degli Indirizzi Regionali).

F.A. P.G.A.

V _{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE – 0,1s<T₀<0,5s.

V _{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE – 0,5s<T₀<1,0s.

V _{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0

Figura 13: Fattori di amplificazione per l'Ambito Pianura 2 previsti dalla DAL n.112/2007

Dai risultati ottenuti si evince che tutta l'area studiata è suscettibile di amplificazioni caratterizzate da $FA_{PGA} = 1,5$ - $FA_{0,1-0,5S} = 1,8$ - $FA_{0,5-1S} = 2,3$.

La microzonazione sismica del territorio urbanizzato di Roveleto è riportata in Tavola 05.

4.1.4 Analisi della pericolosità di liquefazione dei terreni

Sulla base dei dati della cartografia geologica regionale, la Tavola A4 del PTCP - Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali alla scala 1:25.000, evidenzia la presenza di depositi sabbiosi potenzialmente liquefacibili, all'interno dell'intero territorio urbanizzato di Roveleto (v. Figura 9).

Il fenomeno della liquefazione interessa depositi prevalentemente sabbiosi saturi che, durante ed immediatamente dopo una sollecitazione di tipo ciclico, subiscono una drastica riduzione della resistenza al taglio.

La causa principale della liquefazione è il sorgere di un notevole aumento delle pressioni interstiziali, che assumono valori prossimi a quelli delle pressioni totali, realizzando condizioni di resistenza al taglio praticamente nulla: il terreno si comporta come un liquido.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 14(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 14(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

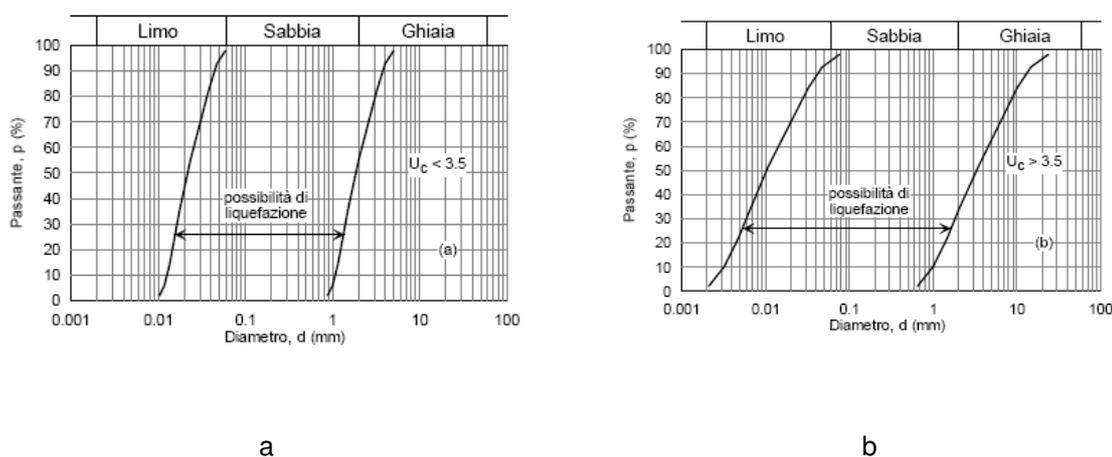


Figura 14: Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione

Non essendo noto con precisione il fuso granulometrico caratteristico dei terreni, ma essendo presenti tutti gli altri fattori predisponenti al fenomeno, si procede di seguito alla verifica di liquefazione mediante metodi analitici semplificati.

Al riguardo sono stati utilizzati i dati ottenuti dalle seguenti prove penetrometriche statiche, ritenuti rappresentativi del territorio in esame: CPT_8_2, CPT_5_1, CPT_7_2, CPT_2_1.

4.1.4.1 Descrizione del metodo di analisi

I metodi analitici semplificati per la verifica di liquefazione si esprimono attraverso coefficiente di sicurezza calcolato come rapporto fra la resistenza al taglio mobilabile CRR, funzione delle

caratteristiche meccaniche dello strato, e lo sforzo tagliante indotto dal sisma CSR, che dipende dai parametri del sisma di progetto.

La suscettibilità alla liquefazione può essere valutata con metodi analitici semplificati attraverso un coefficiente di sicurezza calcolato come rapporto fra la resistenza al taglio mobilabile CRR, funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, e lo sforzo tagliante indotto dal sisma CSR, che dipende dai parametri del sisma di progetto.

Si può escludere la liquefazione quando tale rapporto è maggiore di 1.

$$F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

Il valore di CSR è calcolato come proposto Seed e Idriss (1971) con la seguente espressione:

$$CSR = 0.65 \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \right) \cdot r_d$$

dove:

a_{\max} = accelerazione sismica massima (m/s²);

g = accelerazione di gravità (m/s²);

σ_{v0} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c. (m);

σ'_{v0} = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c. (m);

r_d = coefficiente funzione della profondità dal p.c. calcolabile con le seguenti espressioni proposte dal NCEER:

$$r_d = 1.0 - 0.00765 \cdot z \text{ per } z \leq 9.15 \text{ m}$$

$$r_d = 1.174 - 0.0267 \cdot z \text{ per } 9.15 \text{ m} < z \leq 23 \text{ m}$$

$$r_d = 0.074 - 0.08 \cdot z \text{ per } 23 \text{ m} < z \leq 30 \text{ m}$$

$$r_d = 0.5 \text{ per } z > 30 \text{ m}$$

Alla domanda di resistenza ciclica alla liquefazione è possibile applicare un fattore di sicurezza aggiuntivo, il cui valore tipico è pari a 1.2, per tenere conto delle pressioni interstiziali e delle deformazioni che si verificano durante il sisma:

$$CSR_{fs} = 1.2 \text{ CSR}$$

La capacità di resistenza alla liquefazione può essere ricavata attraverso correlazioni con i dati ottenuti da prove penetrometriche dinamiche, statiche o di sismica a rifrazione.

I valori di CRR ottenuti da tali correlazioni sono solitamente riferiti a eventi sismici di magnitudo pari a 7.5; si utilizza quindi un coefficiente di correzione della magnitudo MSF.

$$CRR_M = CRR_{7.5} \cdot MSF$$

MSF viene valutato diversamente a seconda del tipo di prova utilizzato. Per le prove SPT e CPT ed eventi sismici di magnitudo < 7.5 si utilizza la formula di Youd et al. (2001):

$$MSF = 10^{2.84} / M^{3.24}$$

Valutazione dei depositi argilloso limosi sulla base dei risultati delle prove CPT:

$$CRR_{7.5} = 0.833 * (q_{c1N})_{cs} / 1000 + 0.05 \text{ per } (q_{c1N})_{cs} < 50$$

$$CRR_{7.5} = 93 * ((q_{c1N})_{cs} / 1000)^3 + 0.05 \text{ per } 50 < (q_{c1N})_{cs} < 160$$

Dove $(q_{c1N})_{cs}$ è la resistenza alla punta normalizzata a circa 100 kPa (1 atm) e corretta per il contenuto in materiali fini calcolata secondo il metodo di Robertson & Write modificato.

Si evidenzia che, facendo riferimento alla Carta di Robertson (1990), il tipo di suolo può essere definito per mezzo dell'indice I_c , calcolato secondo la seguente equazione:

$$I_c = [(3,47 - \log Q)^2 + (1,22 + \log F)^2]^{0.5}$$

dove

$$Q = [(qc - \sigma_{v0}) / P_a] * [(P_a / \sigma'_{v0})^n]$$

$$F = [f_s / (qc - \sigma_{v0})] * 100\%$$

Se il calcolo di I_c con esponente $n=1$ risulta > 2,6 il suolo è classificato come argilloso e non è considerato a rischio per la liquefazione.

Zona	Tipo di suolo	Indice I_c
2	Terreni organici (torbe)	$I_c > 3,60$
3	Argilla (da argilla limosa a argilla)	$2,95 < I_c < 3,60$
4	Miscele di limo (da limo argilloso a argilla limosa)	$2,60 < I_c < 3,95$
5	Miscele di sabbia (da sabbia limosa a limo sabbioso)	$2,05 < I_c < 2,60$
6	Sabbie (da pulite a limose)	$1,31 < I_c < 2,05$
7	Sabbia ghiaiosa	$I_c < 1,31$

Figura 15: Classificazione dei terreni in base alla carta di Robertson (1990)

Nella successive tabelle viene riportato il fattore di sicurezza alla liquefacibilità in funzione della profondità, calcolato con il metodo di Robertson & Write modificato per le prove CPT considerate, considerando quali dati di input: Magnitudo $M_w = 6.14$ (magnitudo momento massima prevista per la Zona sismogenetica 911), $A_{max} = 1,62 \text{ m/s}^2$ e falda a piano campagna:

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT_8_2												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	0	0							
0,4	7,4	7,4	1,00	1000	107	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	2100	87	2,19	0,20	0,40	1,00	0,11	3,76	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	2400	100	2,23	0,27	0,54	0,99	0,11	5,07	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1800	80	2,39	0,41	0,84	0,99	0,11	7,90	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1300	67	2,56	0,21	0,42	0,99	0,12	3,58	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1300	60	2,55	0,21	0,42	0,99	0,13	3,33	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1400	53	2,49	0,24	0,48	0,99	0,13	3,63	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	2100	53	2,25	0,18	0,36	0,99	0,14	2,61	non liquefacibile
2	37	27	0,98	2200	67	2,32	0,28	0,57	0,98	0,14	3,94	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	2000	67	2,40	0,53	1,07	0,98	0,15	7,18	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	2100	93	2,49	0,61	1,24	0,98	0,15	8,06	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	2000	80	2,49	0,54	1,09	0,98	0,16	6,94	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	2300	13	1,92	0,10	0,20	0,98	0,16	1,22	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	2500	13	1,89	0,10	0,20	0,98	0,16	1,22	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	2400	60	2,33	0,25	0,50	0,98	0,17	3,02	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	2600	87	2,41	0,55	1,11	0,97	0,17	6,59	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	2500	80	2,43	0,52	1,06	0,97	0,17	6,18	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	2900	87	2,37	0,36	0,73	0,97	0,17	4,22	non liquefacibile
4	74	44	0,97	2800	87	2,41	0,42	0,86	0,97	0,18	4,89	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	2800	87	2,42	0,43	0,88	0,97	0,18	5,00	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	2200	60	2,47	0,46	0,94	0,97	0,18	5,25	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	2600	100	2,53	0,67	1,37	0,96	0,18	7,65	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	3300	107	2,41	0,44	0,91	0,96	0,18	5,01	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	3500	167	2,53	1,39	2,83	0,96	0,18	15,57	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	3500	180	2,56	1,33	2,71	0,96	0,18	14,80	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	3500	180	2,57	1,27	2,59	0,96	0,18	14,09	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	3500	167	2,56	1,22	2,48	0,96	0,18	13,45	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	3600	180	2,57	1,27	2,58	0,96	0,19	13,91	non liquefacibile
6	111	61	0,95	3200	167	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	3000	120	2,58	0,71	1,45	0,95	0,19	7,75	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	2700	140	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	2500	140	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	2500	140	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	2600	120	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	2800	133	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	2400	127	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	2500	167	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	2900	127	2,68	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	2900	100	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	2500	113	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	2100	120	2,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	2100	120	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	2000	127	2,97	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	2500	127	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	2600	140	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	89,9	0,92	3000	153	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,6	177,6	91,6	0,92	3300	173	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 3: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT_8_2 (Roveleto O)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT_5_1												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00									
0,4	7,4	7,4	1,00	5900	73	1,43	0,19	0,38	1,00	0,11	3,59	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	3000	127	2,12	0,23	0,46	1,00	0,11	4,33	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	3100	87	2,03	0,17	0,34	0,99	0,11	3,15	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1900	133	2,53	0,47	0,96	0,99	0,11	9,02	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1400	100	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1500	100	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1700	153	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	1800	153	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2	37	27	0,98	1400	127	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	2200	113	2,51	0,69	1,40	0,98	0,15	9,36	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	2400	67	2,30	0,26	0,52	0,98	0,15	3,39	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	1800	53	2,43	0,41	0,84	0,98	0,16	5,34	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	1500	60	2,60	0,27	0,56	0,98	0,16	3,45	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	1700	53	2,50	0,35	0,71	0,98	0,16	4,35	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	1400	53	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	1200	40	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	1200	20	2,50	0,16	0,32	0,97	0,17	1,87	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	1400	47	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4	74	44	0,97	1400	107	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	1300	133	3,04	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	1700	153	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	1800	187	2,97	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	2200	160	2,80	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	2500	93	2,56	0,56	1,14	0,96	0,18	6,24	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	1800	113	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	1500	107	2,95	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	2600	167	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	2500	147	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	2800	147	2,68	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	2600	180	2,80	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	3400	213	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	3200	227	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	3100	233	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	3100	180	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	2700	153	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	2400	120	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	1900	153	3,01	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	2500	160	2,85	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	2400	153	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	2400	127	2,82	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	2300	147	2,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	2600	153	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	2200	153	2,96	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	2500	133	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	2300	160	2,96	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	89,9	0,92	2800	160	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 4: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT 5_1 (Roveleto N)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT_7_1												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	0	0	-	-	-	-	-	-	-
0,4	7,4	7,4	1,00	1200	47	2,21	0,15	0,31	1,00	0,11	2,94	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	1300	73	2,42	0,21	0,42	1,00	0,11	3,92	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	1300	87	2,56	0,21	0,42	0,99	0,11	3,92	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1100	113	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1000	87	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1500	93	2,60	0,27	0,56	0,99	0,13	4,42	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1800	93	2,51	0,41	0,84	0,99	0,13	6,33	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	1700	113	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2	37	27	0,98	1700	140	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	2000	127	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	2200	127	2,57	0,69	1,40	0,98	0,15	9,11	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	1800	107	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	2000	127	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	1700	100	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	1400	113	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	2100	87	2,55	0,52	1,07	0,97	0,17	6,31	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	3900	33	1,89	0,13	0,26	0,97	0,17	1,55	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	3300	207	2,57	1,60	3,26	0,97	0,17	18,79	non liquefacibile
4	74	44	0,97	3300	227	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	3300	213	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	3800	93	2,26	0,24	0,50	0,97	0,18	2,80	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	2900	213	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	2700	207	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	2400	187	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	1800	153	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	1500	113	2,97	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	1500	100	2,94	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	1400	53	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	1300	60	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	1900	60	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	1900	100	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	1200	80	3,08	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	1700	53	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	1400	67	2,94	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	1600	27	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	2400	80	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	3100	153	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	3100	180	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	3000	173	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	3000	147	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	3500	160	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	3700	73	2,40	0,18	0,36	0,93	0,19	1,89	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	1900	140	3,03	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	1300	107	3,22	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	900	73	3,38	-	-	-	-	-	0,95
9,4	173,9	89,9	0,92	1500	140	3,21	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,6	177,6	91,6	0,92	1700	100	3,03	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,8	181,3	93,3	0,91	1500	100	3,13	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 5: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT 7_1 (Roveleto E)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT_2_1												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	800	33	2,16	0,11	0,22	1,00	0,11	2,08	non liquefacibile
0,4	7,4	7,4	1,00	800	53	2,50	0,11	0,22	1,00	0,11	2,08	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	900	100	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	1200	60	2,48	0,18	0,36	0,99	0,11	3,41	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1700	100	2,50	0,36	0,73	0,99	0,11	6,89	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1800	127	2,57	0,41	0,84	0,99	0,12	7,20	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	2300	140	2,48	0,77	1,58	0,99	0,13	12,57	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	2400	153	2,51	0,87	1,77	0,99	0,13	13,32	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	2700	167	2,48	1,20	2,45	0,99	0,14	17,60	non liquefacibile
2	37	27	0,98	2700	167	2,50	1,20	2,45	0,98	0,14	16,93	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	3100	180	2,46	1,78	3,63	0,98	0,15	24,24	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	2600	100	2,38	0,63	1,29	0,98	0,15	8,36	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	2000	47	2,33	0,21	0,43	0,98	0,16	2,75	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	2300	67	2,36	0,35	0,71	0,98	0,16	4,41	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	2800	87	2,34	0,37	0,76	0,98	0,16	4,65	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	2100	40	2,30	0,16	0,33	0,98	0,17	2,00	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	1700	40	2,45	0,32	0,64	0,97	0,17	3,80	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	2000	80	2,57	0,44	0,90	0,97	0,17	5,23	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	2400	113	2,57	0,66	1,35	0,97	0,17	7,81	non liquefacibile
4	74	44	0,97	3000	87	2,36	0,33	0,67	0,97	0,18	3,81	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	3500	113	2,36	0,41	0,83	0,97	0,18	4,70	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	3600	160	2,47	1,29	2,63	0,97	0,18	14,78	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	3400	167	2,53	1,41	2,87	0,96	0,18	15,97	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	3500	167	2,52	1,46	2,97	0,96	0,18	16,41	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	3500	160	2,52	1,39	2,83	0,96	0,18	15,57	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	3200	173	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	3100	173	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	3100	173	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	2900	160	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	3100	160	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	3100	160	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	3000	173	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	2900	160	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	3000	107	2,57	0,64	1,31	0,95	0,19	6,93	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	2600	100	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	2700	100	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	2700	67	2,53	0,37	0,75	0,94	0,19	3,96	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	2400	93	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	2000	33	2,55	0,22	0,45	0,94	0,19	2,34	non liquefacibile
8	148	78	0,94	1800	53	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	1700	60	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	1500	47	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	1500	33	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	2300	27	2,45	0,12	0,24	0,93	0,19	1,27	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	2200	100	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	2100	113	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	89,9	0,92	1900	47	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,6	177,6	91,6	0,92	2200	140	2,96	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,8	181,3	93,3	0,91	3700	140	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10	185	95	0,91	3200	140	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 6: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT_2_1 (Roveleto S)

Come si evince dalle tabelle precedenti all'interno dei depositi presenti nel territorio urbanizzato di Roveleto il rischio di liquefazione, di cui peraltro non si ha memoria storica in zona, può essere considerato trascurabile.

A conferma di quanto sopra evidenziato si segnala anche che i profili stratigrafici di alcuni sondaggi a carotaggio continuo realizzati a cavallo della linea ferroviaria che attraversa l'abitato di Roveleto (RER 180030P418, RER 180030P421 e RER 180030P423) e le elaborazioni delle prove penetrometriche effettuate all'interno del territorio, non evidenziano la presenza di strati significativi di sabbie e/o limi sabbiosi (v. Allegato 1).

4.2 CADEO

4.2.1 Indagini disponibili

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata attingendo dagli archivi del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (SGSS) e dalle elaborazioni di indagini fornite direttamente dall'Ufficio tecnico del Comune di Cadeo.

Le indagini raccolte sono costituite da stratigrafie di pozzi per acqua (3), sondaggi a carotaggio continuo (2) con i relativi dati di Standard Penetration Test SPT, prove penetrometriche statiche CPT (6), prove penetrometriche dinamiche DPM30 (2) e indagini geofisiche tipo MASW (2).

L'ubicazione delle indagini disponibili è riportata in Tavola 01 – Carta delle Indagini.

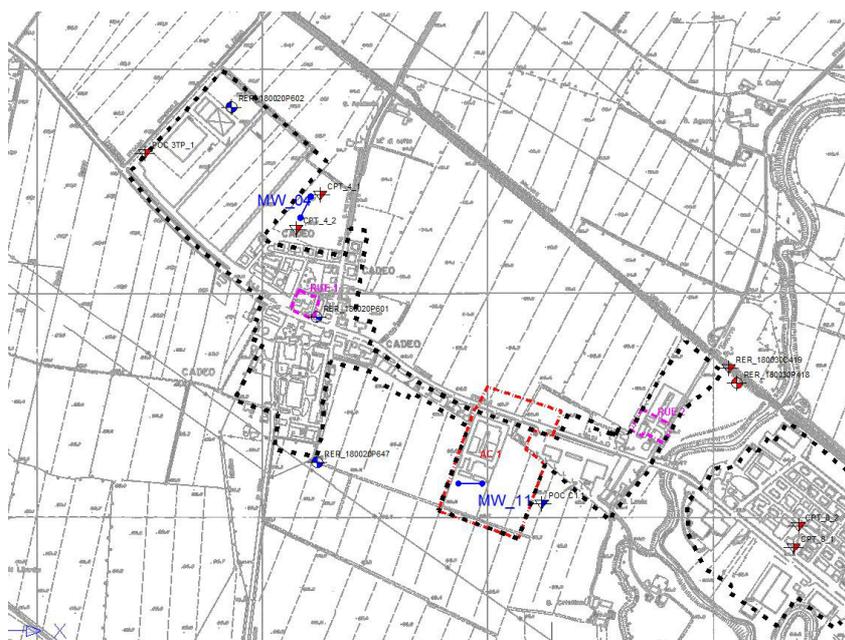


Figura 16: Indagini geognostiche e geofisiche disponibili

4.2.2 Successione stratigrafica

Dall'interpretazione dei dati disponibili risulta che l'assetto stratigrafico in sottosuolo è costituito da una copertura quaternaria continentale di spessore superiore ai 150m m (con spessori che aumentano progressivamente verso la pianura).

Tali depositi appartengono ai cicli sedimentari AES (v. cap.3) e sono costituiti da estesi corpi tabulari di ghiaie sabbiose, sabbie e limi con grado di addensamento, cementazione e spessore molto variabili.

Tali sedimenti appoggiano su depositi di prodelta, piattaforma, piana deltizia e di delta-conoide a litologia prevalentemente sabbiosa e limoso-sabbiosa (CMZ e ATS).

I terreni superficiali sono costituiti da depositi di canale, argine e rotta fluviale, costituiti prevalentemente da materiali a grana fine (argille limose, limi argillosi e limi sabbiosi). Tali depositi presentano al loro interno livelli discontinui di corpi ghiaiosi immersi abbondante matrice sabbiosa e/o sabbioso-limoso; il livello ghiaioso più superficiale risulta generalmente attestato a profondità variabili dai 7 ai 12 m da p.c.

Quanto sopra detto trova conferma nei grafici di Figura 11 in cui sono riportati i profili di resistenza alla punta (q_c), ottenuti durante prove penetrometriche statiche CPT e dinamiche DPM30 effettuate in diverse aree del capoluogo.

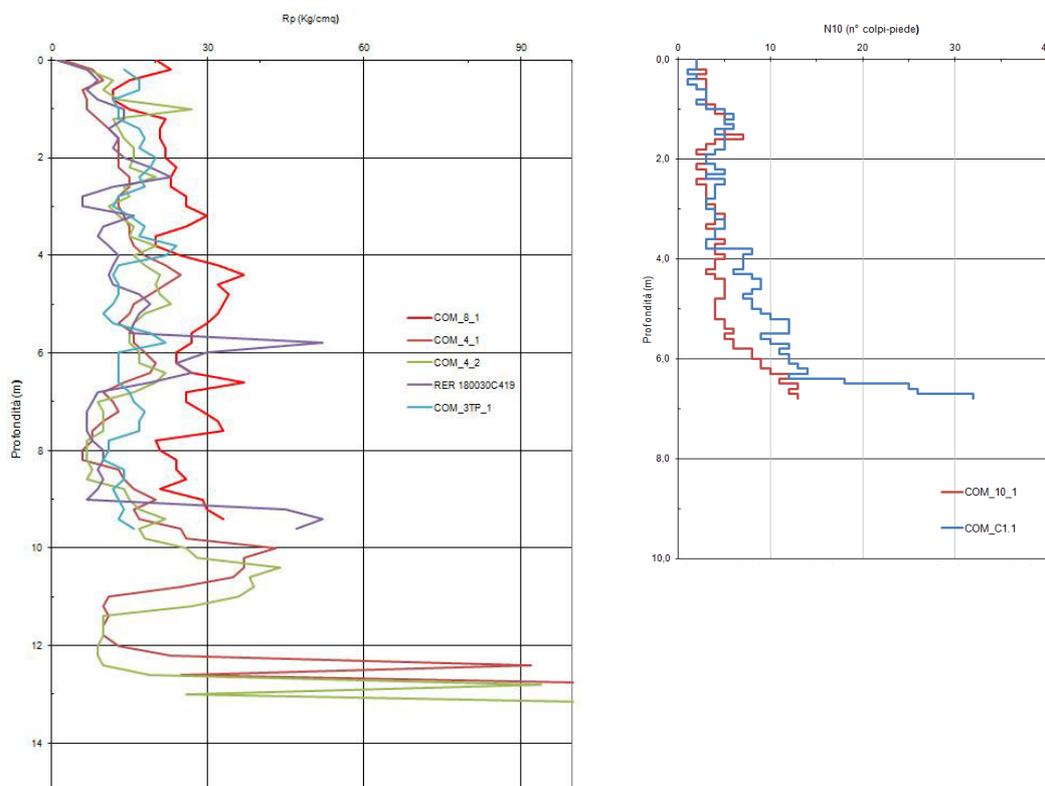


Figura 17: Elaborazione prove penetrometriche disponibili

L'assetto litostratigrafico di riferimento è schematizzato in Tavola 03 - Sezioni litostratigrafiche ricostruite sulla base dei dati ottenuti dalle indagini disponibili.

Dal punto di vista morfologico l'area è sostanzialmente pianeggiante con quote medie che si attestano tra 68 e 62 m s.l.m, con pendenze comprese tra 0,3 e 0,5% debolmente digradanti verso N.

Dal punto di vista idrogeologico, i depositi porosi-permeabili corrispondenti al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) sono sede del serbatoio acquifero più superficiale (Gruppo Acquifero "A" secondo quanto riportato nel volume "Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna", Di Dio et alii, 1998).

La superficie piezometrica presenta una direzione di flusso verso nord-est, con soggiacenze molto ridotte variabili da 1 a 2 m dal p.c (v. Tav. Q.C.27 "Carta Idrogeologica" del PSC) e oscillazioni stagionali in grado di innalzare il livello freatico sino a quote prossime al piano campagna.

4.2.3 Indagini geofisiche

L'ubicazione delle indagini MASW è riportata in Tav. 01 - Carta delle indagini e in Tav. 04 - Carta delle Velocità delle onde S; in quest'ultima, oltre all'ubicazione della prova, è riportato anche il valore della Vs30 rilevato.

All'interno del territorio urbanizzato di Cadeo e nel suo stretto intorno sono disponibili n. 2 indagini MASW, i cui dati consentono di effettuare alcune considerazioni generali relativamente alle caratteristiche sismo-elastiche dei terreni sub-superficiali (30 - 40 m di profondità di indagine).

La velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità, determinata mediante prove MASW (pregresse e di nuova realizzazione), risulta compresa tra circa 240 - 260 m/s.

Si osserva inoltre come tutte le aree indagate sono caratterizzate dalla presenza in superficie di un primo livello di terreno con spessore compreso tra 12 m e 15 m, caratterizzato da valori modesti di Vs30 compresi tra circa 140 - 250 m/s.

Inferiormente si rileva la presenza di mezzi aventi rigidità più elevata, corrispondenti evidentemente ai corpi prevalentemente ghiaiosi, con valori di Vs 30 compresi tra circa 310 - 470 m/s.

Dai diagrammi si osserva, al di sotto del primo livello ghiaioso, un generale aumento delle velocità delle onde di taglio con la profondità.

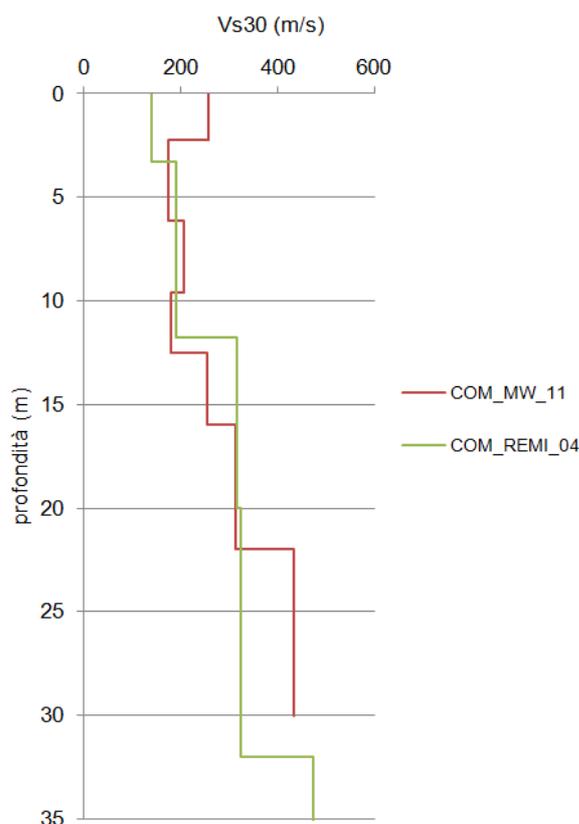


Figura 18: Profili di Vs30 relativi ai siti indagati all'interno dell'area di pertinenza di Cadeo

Alla luce dei dati desunti dalle indagini MASW disponibili è possibile effettuare una stima dei fattori di amplificazione sismica dell'area, mediante l'utilizzo degli abachi di riferimento per gli effetti litostratigrafici previsti nell'Allegato A2 della Delibera dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, 112 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Nel caso specifico, per il calcolo dei fattori di amplificazione FA_{PGA} , $FA_{0.1-0.5S}$ e $FA_{0.5-1S}$, sono stati considerati gli abachi relativi all' Ambito Pianura 2 caratterizzato da un profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo ≥ 100 m da p.c. (v. A2.1.2 degli Indirizzi Regionali).

F.A. P.G.A.

V _{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE – 0,1s<T₀<0,5s.

V _{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE – 0,5s<T₀<1,0s.

V _{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0

Figura 19: Fattori di amplificazione per l'Ambito Pianura 2 previsti dalla DAL n.112/2007

Dai risultati ottenuti si evince che tutta l'area studiata è suscettibile di amplificazioni caratterizzate da $FA_{PGA} = 1,5$ - $FA_{0,1-0,5S} = 1,8$ - $FA_{0,5-1S} = 2,3$.

La microzonazione sismica del territorio urbanizzato di Roveleto è riportata in Tavola 05.

4.2.4 Analisi della pericolosità di liquefazione dei terreni

Sulla base dei dati della cartografia geologica regionale, la Tavola A4 del PTCP - Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali alla scala 1:25.000, evidenzia la presenza di depositi sabbiosi potenzialmente liquefacibili, all'interno dell'intero territorio urbanizzato di Cadeo (v. Figura 9).

Non essendo noto con precisione il fuso granulometrico caratteristico dei terreni, ma essendo presenti tutti gli altri fattori predisponenti al fenomeno (eventi sismici attesi di magnitudo M maggiore a 5, accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti maggiori di 0,1g e profondità media stagionale della falda inferiore a 15 m dal piano campagna), si procede di seguito alla verifica di liquefazione mediante metodi analitici semplificati.

Al riguardo sono stati utilizzati i dati ottenuti dalle seguenti prove penetrometriche statiche: CPT_8_2, CPT_4_1, CPT_3TP, CPT_RER_180030C419, considerando quali dati di input: Magnitudo $M_w = 6.14$ (magnitudo momento massima prevista per la Zona sismogenetica 911), $A_{max} = 1,62 \text{ m/s}^2$ e falda a piano campagna:

Nella successive tabelle viene riportato il fattore di sicurezza alla liquefacibilità in funzione della profondità, calcolato con il metodo di Robertson & Write modificato per le prove CPT considerate:

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT_8_2												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	0	0							
0,4	7,4	7,4	1,00	1000	107	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	2100	87	2,19	0,20	0,40	1,00	0,11	3,76	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	2400	100	2,23	0,27	0,54	0,99	0,11	5,07	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1800	80	2,39	0,41	0,84	0,99	0,11	7,90	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1300	67	2,56	0,21	0,42	0,99	0,12	3,58	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1300	60	2,55	0,21	0,42	0,99	0,13	3,33	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1400	53	2,49	0,24	0,48	0,99	0,13	3,63	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	2100	53	2,25	0,18	0,36	0,99	0,14	2,61	non liquefacibile
2	37	27	0,98	2200	67	2,32	0,28	0,57	0,98	0,14	3,94	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	2000	67	2,40	0,53	1,07	0,98	0,15	7,18	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	2100	93	2,49	0,61	1,24	0,98	0,15	8,06	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	2000	80	2,49	0,54	1,09	0,98	0,16	6,94	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	2300	13	1,92	0,10	0,20	0,98	0,16	1,22	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	2500	13	1,89	0,10	0,20	0,98	0,16	1,22	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	2400	60	2,33	0,25	0,50	0,98	0,17	3,02	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	2600	87	2,41	0,55	1,11	0,97	0,17	6,59	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	2500	80	2,43	0,52	1,06	0,97	0,17	6,18	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	2900	87	2,37	0,36	0,73	0,97	0,17	4,22	non liquefacibile
4	74	44	0,97	2800	87	2,41	0,42	0,86	0,97	0,18	4,89	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	2800	87	2,42	0,43	0,88	0,97	0,18	5,00	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	2200	60	2,47	0,46	0,94	0,97	0,18	5,25	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	2600	100	2,53	0,67	1,37	0,96	0,18	7,65	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	3300	107	2,41	0,44	0,91	0,96	0,18	5,01	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	3500	167	2,53	1,39	2,83	0,96	0,18	15,57	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	3500	180	2,56	1,33	2,71	0,96	0,18	14,80	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	3500	180	2,57	1,27	2,59	0,96	0,18	14,09	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	3500	167	2,56	1,22	2,48	0,96	0,18	13,45	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	3600	180	2,57	1,27	2,58	0,96	0,19	13,91	non liquefacibile
6	111	61	0,95	3200	167	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	3000	120	2,58	0,71	1,45	0,95	0,19	7,75	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	2700	140	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	2500	140	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	2500	140	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	2600	120	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	2800	133	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	2400	127	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	2500	167	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	2900	127	2,68	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	2900	100	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	2500	113	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	2100	120	2,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	2100	120	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	2000	127	2,97	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	2500	127	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	2600	140	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 7: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT 8_2 (Roveleto O)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT 4 1												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	0	0							
0,4	7,4	7,4	1,00	200	13	2,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	800	47	2,57	0,11	0,22	1,00	0,11	2,08	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	1000	67	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	600	13	2,52	0,09	0,19	0,99	0,11	1,77	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	700	33	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	700	47	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	900	47	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	1100	33	2,52	0,16	0,32	0,99	0,14	2,28	non liquefacibile
2	37	27	0,98	1300	67	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	1300	87	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	1300	93	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	1300	100	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	1500	87	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	1500	100	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	1300	113	2,92	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	1300	113	2,94	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	1400	107	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	1500	113	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4	74	44	0,97	1500	120	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	1600	133	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	1800	133	2,85	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	2200	147	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	2500	147	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	2200	133	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	1900	160	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	1600	127	2,96	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	1500	133	3,03	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	1300	100	3,05	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	1600	113	2,96	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	1600	107	2,95	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	1800	120	2,92	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	2000	133	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	1900	113	2,88	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	1400	107	3,08	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	1000	87	3,26	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	1200	73	3,09	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	1300	93	3,12	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	1000	80	3,26	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	800	60	3,36	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	800	40	3,25	-	-	-	-	-	non liquefacibile

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT 4 1												
8,4	155,4	81,4	0,94	600	47	3,54	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	600	47	3,55	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	1300	47	2,98	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	1400	47	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	1600	47	2,85	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	89,9	0,92	2000	80	2,85	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,6	177,6	91,6	0,92	1600	73	2,99	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,8	181,3	93,3	0,91	1700	73	2,95	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10	185	95	0,91	2500	93	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,2	188,7	96,7	0,90	2600	47	2,56	0,23	0,46	0,90	0,19	2,44	non liquefacibile
10,4	192,4	98,4	0,90	4300	87	2,41	0,19	0,38	0,90	0,19	2,02	non liquefacibile
10,6	196,1	100,1	0,89	3700	80	2,49	0,22	0,44	0,89	0,19	2,34	non liquefacibile
10,8	199,8	101,8	0,89	3700	107	2,58	0,50	1,02	0,89	0,19	5,49	non liquefacibile
11	203,5	103,5	0,88	3500	33	2,31	0,11	0,22	0,88	0,19	1,17	non liquefacibile
11,2	207,2	105,2	0,87	2500	47	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,4	210,9	106,9	0,87	1100	100	3,41	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,6	214,6	108,6	0,86	1000	67	3,38	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,8	218,3	110,3	0,86	1100	73	3,34	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12	222	112	0,85	1000	80	3,45	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,2	225,7	113,7	0,85	1000	67	3,41	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,4	229,4	115,4	0,84	1300	47	3,12	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,6	233,1	117,1	0,84	2300	140	3,02	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,8	236,8	118,8	0,83	9200	180	2,20	0,29	0,58	0,83	0,18	3,27	non liquefacibile
13	240,5	120,5	0,83	2500	120	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
13,2	244,2	122,2	0,82	12300	220	2,09	0,39	0,80	0,82	0,18	4,54	non liquefacibile
13,4	247,9	123,9	0,82	14800	113	1,79	0,34	0,69	0,82	0,18	3,95	non liquefacibile
13,6	251,6	125,6	0,81	30000	233	1,56	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 8: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT COM_4_1 (Cadeo NO)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT 3TP												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	RI	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	1,7	1,00	0	0							
0,4	7,4	3,4	1,00	1400	5300	3,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,6	11,1	5,1	1,00	1700	127	2,30	0,36	0,60	1,00	0,23	2,59	non liquefacibile
0,8	14,8	6,8	0,99	1700	80	2,18	0,17	0,29	0,99	0,23	1,24	non liquefacibile
1	18,5	8,5	0,99	1200	53	2,29	0,18	0,30	0,99	0,23	1,29	non liquefacibile
1,2	22,2	10,2	0,99	1300	73	2,41	0,21	0,34	0,99	0,23	1,48	non liquefacibile
1,4	25,9	11,9	0,99	1300	93	2,53	0,21	0,34	0,99	0,23	1,48	non liquefacibile
1,6	29,6	13,6	0,99	1700	107	2,45	0,36	0,60	0,99	0,23	2,61	non liquefacibile
1,8	33,3	15,3	0,99	1800	107	2,45	0,41	0,69	0,99	0,23	2,99	non liquefacibile
2	37	17	0,98	1700	120	2,55	0,36	0,60	0,98	0,23	2,62	non liquefacibile
2,2	40,7	18,7	0,98	2000	127	2,50	0,54	0,90	0,98	0,23	3,90	non liquefacibile
2,4	44,4	20,4	0,98	1900	113	2,51	0,47	0,79	0,98	0,23	3,43	non liquefacibile
2,6	48,1	22,1	0,98	1700	107	2,58	0,36	0,60	0,98	0,23	2,63	non liquefacibile
2,8	51,8	23,8	0,98	1800	87	2,50	0,41	0,69	0,98	0,23	3,01	non liquefacibile
3	55,5	25,5	0,98	1300	73	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,2	59,2	27,2	0,98	1200	67	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	28,9	0,97	1500	67	2,59	0,27	0,46	0,97	0,23	2,00	non liquefacibile
3,6	66,6	30,6	0,97	1800	100	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	32,3	0,97	1700	100	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4	74	34	0,97	2400	113	2,51	0,87	1,45	0,97	0,23	6,41	non liquefacibile
4,2	77,7	35,7	0,97	2200	87	2,50	0,66	1,10	0,97	0,23	4,87	non liquefacibile
4,4	81,4	37,4	0,97	1300	60	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,6	85,1	39,1	0,96	1200	67	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	40,8	0,96	1300	53	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	42,5	0,96	1300	47	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,2	96,2	44,2	0,96	1200	40	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	45,9	0,96	1000	73	3,05	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	47,6	0,96	1200	40	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	49,3	0,96	1900	100	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	51	0,95	2200	47	2,43	0,24	0,40	0,95	0,22	1,80	non liquefacibile
6,2	114,7	52,7	0,95	1300	47	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	54,4	0,95	1300	60	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	56,1	0,95	1300	73	2,94	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	57,8	0,95	1300	80	2,98	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	59,5	0,95	1500	87	2,92	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	61,2	0,94	1600	87	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	62,9	0,94	1800	93	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	64,6	0,94	1700	67	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	66,3	0,94	1700	73	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	68	0,94	1100	53	3,04	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	69,7	0,94	1100	67	3,12	-	-	-	-	-	non liquefacibile

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT 3TP												
8,4	155,4	71,4	0,94	1000	67	3,20	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	73,1	0,93	1400	73	3,00	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	74,8	0,93	1400	87	3,06	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	76,5	0,93	1200	47	3,00	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	78,2	0,93	1300	73	3,08	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	79,9	0,92	1400	53	2,94	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 9: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT 3TP (Cadeo O)

CPT_RER 180030C419												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	0	0							
0,4	7,4	7,4	1,00	700	33	2,42	0,10	0,17	1,00	0,11	1,55	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	900	40	2,44	0,12	0,20	1,00	0,11	1,90	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	700	40	2,68	0,10	0,17	0,99	0,11	1,56	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	900	40	2,59	0,12	0,20	0,99	0,11	1,91	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1400	33	2,29	0,15	0,26	0,99	0,12	2,21	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1400	47	2,42	0,24	0,39	0,99	0,13	3,14	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1100	53	2,64	0,16	0,26	0,99	0,13	1,96	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	1300	40	2,47	0,21	0,34	0,99	0,14	2,46	non liquefacibile
2	37	27	0,98	1200	33	2,48	0,18	0,30	0,98	0,14	2,06	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	1400	27	2,35	0,17	0,29	0,98	0,15	1,95	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	1900	20	2,10	0,10	0,17	0,98	0,15	1,11	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	2300	40	2,19	0,14	0,23	0,98	0,16	1,49	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	1200	47	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	600	27	2,98	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	600	13	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	1600	13	2,20	0,10	0,16	0,97	0,17	0,95	0,95
3,6	66,6	40,6	0,97	1000	27	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	900	20	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4	74	44	0,97	1100	60	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	1300	73	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	1200	93	3,00	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	1100	87	3,05	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	1200	67	2,92	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	1700	60	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	1900	73	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	1700	73	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	1600	87	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	1500	73	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	5200	60	2,02	0,16	0,26	0,95	0,19	1,40	non liquefacibile

CPT_RER 180030C419												
6,2	114,7	62,7	0,95	3000	33	2,21	0,11	0,19	0,95	0,19	1,01	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	2400	47	2,46	0,20	0,34	0,95	0,19	1,79	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	2700	73	2,52	0,44	0,73	0,95	0,19	3,90	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	1900	47	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	900	53	3,18	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	800	33	3,15	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	700	20	3,13	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	700	20	3,14	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	700	13	3,05	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	800	20	3,07	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	1000	27	2,99	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	1000	40	3,10	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	900	27	3,09	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	1000	33	3,07	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	900	33	3,16	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	700	20	3,24	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	177,6	91,6	0,92	5200	53	2,13	0,13	0,22	0,92	0,19	1,13	non liquefacibile
9,6	181,3	93,3	0,91	4700	53	2,20	0,13	0,21	0,91	0,19	1,11	non liquefacibile

Tabella 10: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della RER 180030C419 (Cadeo E)

Come si evince dalle tabelle precedenti all'interno dei depositi presenti nel territorio urbanizzato di Cadeo il rischio di liquefazione, di cui peraltro non si ha memoria storica in zona, può essere considerato trascurabile.

A conferma di quanto sopra evidenziato si segnala anche che i profili stratigrafici di alcuni sondaggi a carotaggio continuo realizzati a cavallo della linea ferroviaria che attraversa gli abitati di Cadeo e Roveleto (RER 180030P418, RER 180020P404) e le elaborazioni delle prove penetrometriche effettuate all'interno del territorio, non evidenziano la presenza di strati significativi di sabbie e/o limi sabbiosi (v. Allegato 1).

4.3 FONTANA FREDDA

4.3.1 Indagini disponibili

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata attingendo dagli archivi del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (SGSS) e dalle elaborazioni di indagini fornite direttamente dall'Ufficio tecnico del Comune di Cadeo.

Le indagini raccolte sono costituite da stratigrafie di pozzi per acqua (2), sondaggi a carotaggio continuo (3) con i relativi dati di Standard Penetration Test SPT, prove penetrometriche statiche CPT (15), prove penetrometriche dinamiche DPM30 (3) e indagini geofisiche tipo MASW (2).

Ad integrazione dei dati disponibili, si è ritenuto opportuno effettuare una prova penetrometrica statica CPT (AMB_5) nel settore meridionale del nucleo abitato.

L'ubicazione delle indagini disponibili è riportata in Tavola 01 – Carta delle Indagini.

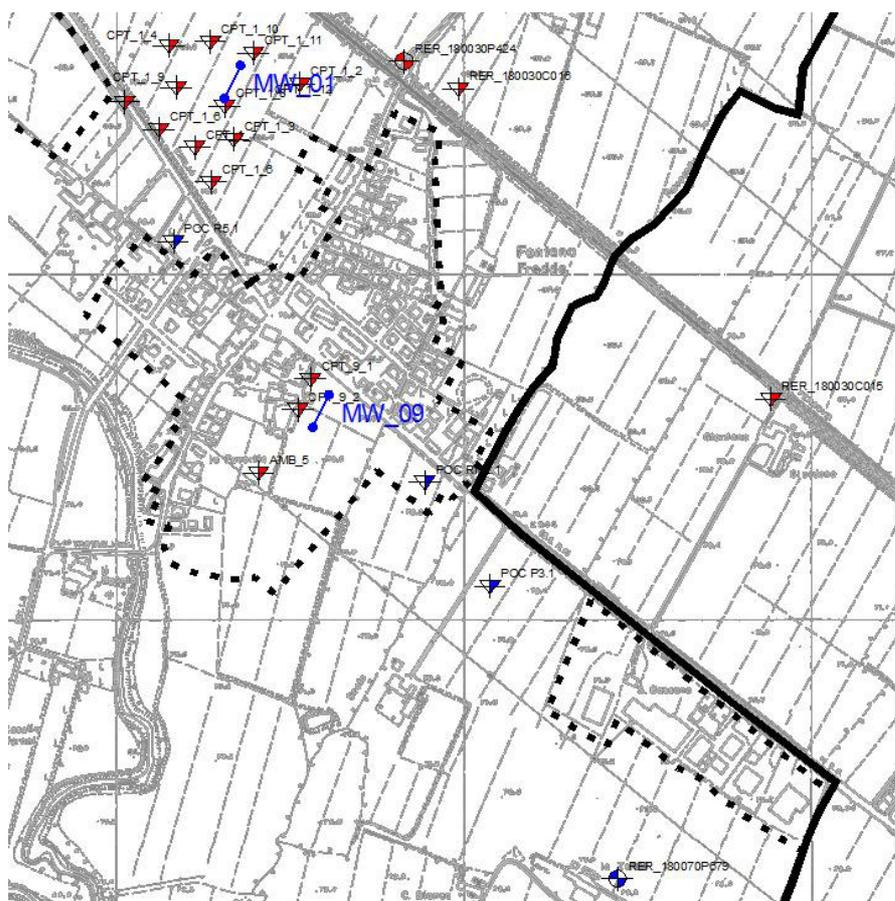


Figura 20: Indagini geognostiche e geofisiche disponibili

4.3.2 Successione stratigrafica

Dall'interpretazione dei dati disponibili risulta che l'assetto stratigrafico in sottosuolo è costituito da una copertura quaternaria continentale di spessore superiore ai 150m (con spessori che aumentano progressivamente verso la pianura).

Tali depositi appartengono ai cicli sedimentari AES (v. cap.3) e sono costituiti da estesi corpi tabulari di ghiaie sabbiose, sabbie e limi con grado di addensamento, cementazione e spessore molto variabili.

Tali sedimenti appoggiano su depositi di prodelta, piattaforma, piana deltizia e di delta-conoide a litologia prevalentemente sabbiosa e limoso-sabbiosa (CMZ e ATS).

I terreni superficiali sono costituiti da depositi di canale, argine e rotta fluviale, costituiti prevalentemente da materiali a grana fine (argille limose, limi argillosi e limi sabbiosi). Tali depositi presentano al loro interno livelli discontinui di corpi ghiaiosi immersi abbondante matrice sabbiosa e/o sabbioso-limosa, il cui tetto risulta generalmente attestato a profondità variabili dai 7 ai 12 m da p.c.

Quanto sopra detto trova conferma nei grafici di Figura 11 in cui sono riportati i profili di resistenza alla punta (q_c), ottenuti durante prove penetrometriche statiche CPT e dinamiche DPM30 effettuate in diverse aree del capoluogo.

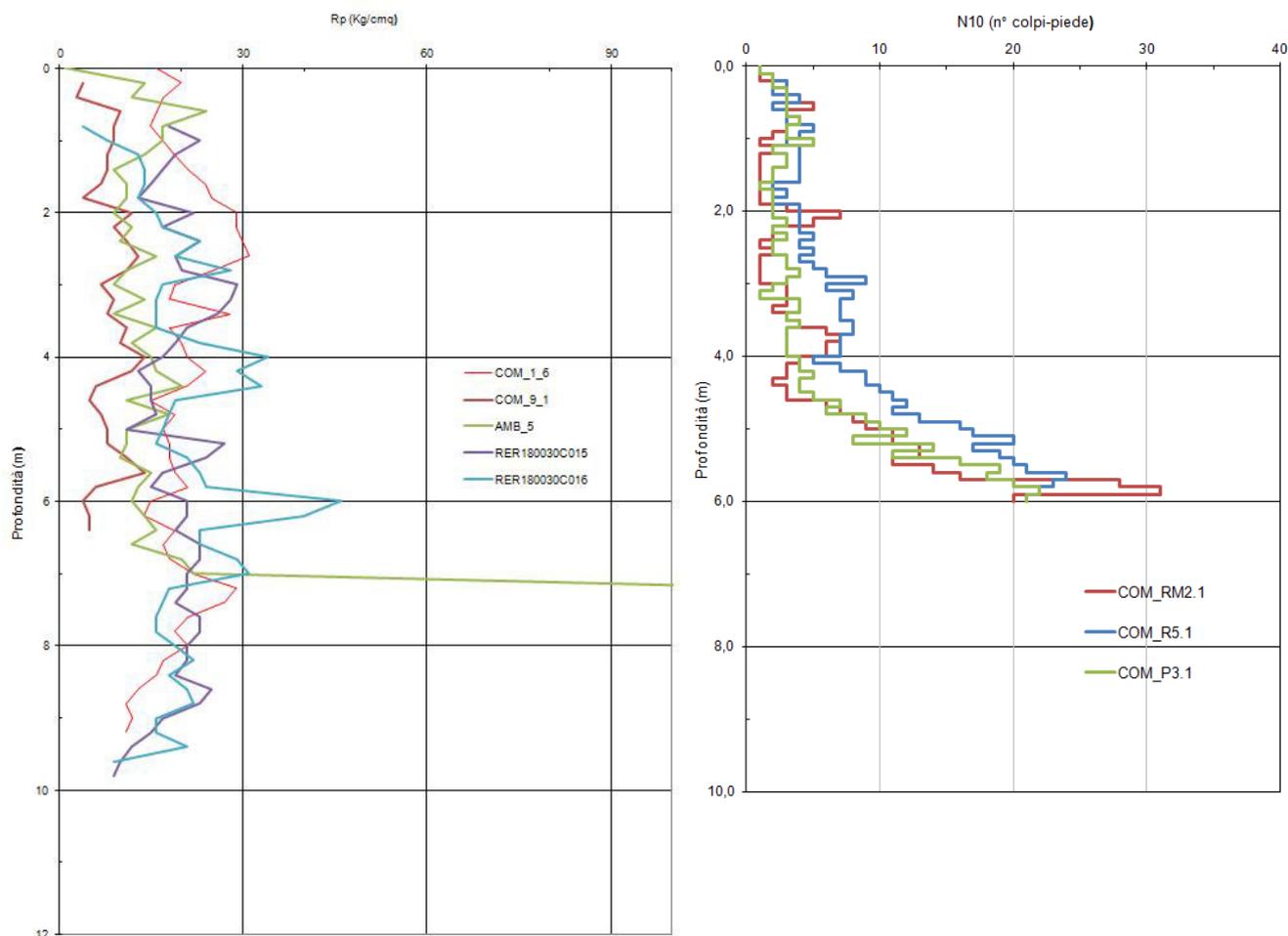


Figura 21: Elaborazione prove penetrometriche disponibili

L'assetto litostratigrafico di riferimento è schematizzato in Tavola 03 - Sezioni litostratigrafiche ricostruite sulla base dei dati ottenuti dalle indagini disponibili.

Dal punto di vista morfologico l'area è sostanzialmente pianeggiante con quote medie che si attestano tra 73 e 68 m s.l.m, con pendenze comprese tra 0,2 e 0,5% debolmente digradanti verso N.

Dal punto di vista idrogeologico, i depositi porosi-permeabili corrispondenti al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) sono sede del serbatoio acquifero più superficiale (Gruppo Acquifero "A" secondo quanto riportato nel volume "Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna", Di Dio et alii, 1998).

La superficie piezometrica presenta una direzione di flusso verso nord-est, con soggiacenze molto ridotte variabili da 1 a 3 m dal p.c (v. Tav. Q.C.27 "Carta Idrogeologica" del PSC) e oscillazioni stagionali in grado di innalzare il livello freatico sino a quote prossime al piano campagna.

4.3.3 Indagini geofisiche

L'ubicazione delle indagini MASW è riportata in Tav. 01 - Carta delle indagini e in Tav. 04 - Carta delle Velocità delle onde S; in quest'ultima, oltre all'ubicazione della prova, è riportato anche il valore della Vs30 rilevato.

All'interno del territorio urbanizzato di Fontana Fredda e nel suo stretto intorno sono disponibili n. 2 indagini MASW, i cui dati consentono di effettuare alcune considerazioni generali relativamente alle caratteristiche sismo-elastiche dei terreni sub-superficiali (30 - 40 m di profondità di indagine).

La velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità, determinata mediante prove MASW (pregresse e di nuova realizzazione), risulta compresa tra circa 240 - 265 m/s.

Si osserva inoltre come tutte le aree indagate sono caratterizzate dalla presenza in superficie di un primo livello di terreno con spessore compreso tra 9 m e 11 m, caratterizzato da valori modesti di Vs30 compresi tra circa 100 - 240 m/s.

Inferiormente si rileva la presenza di mezzi aventi rigidità più elevata, corrispondenti evidentemente ai corpi prevalentemente ghiaiosi, con valori di Vs 30 compresi tra circa 340 - 530 m/s.

Dai diagrammi si osserva, al di sotto del primo livello ghiaioso, un generale aumento delle velocità delle onde di taglio con la profondità; solo in corrispondenza della prova MW_01 si registra un'inversione di velocità all'incirca alla profondità di 12÷13 m da p.c.

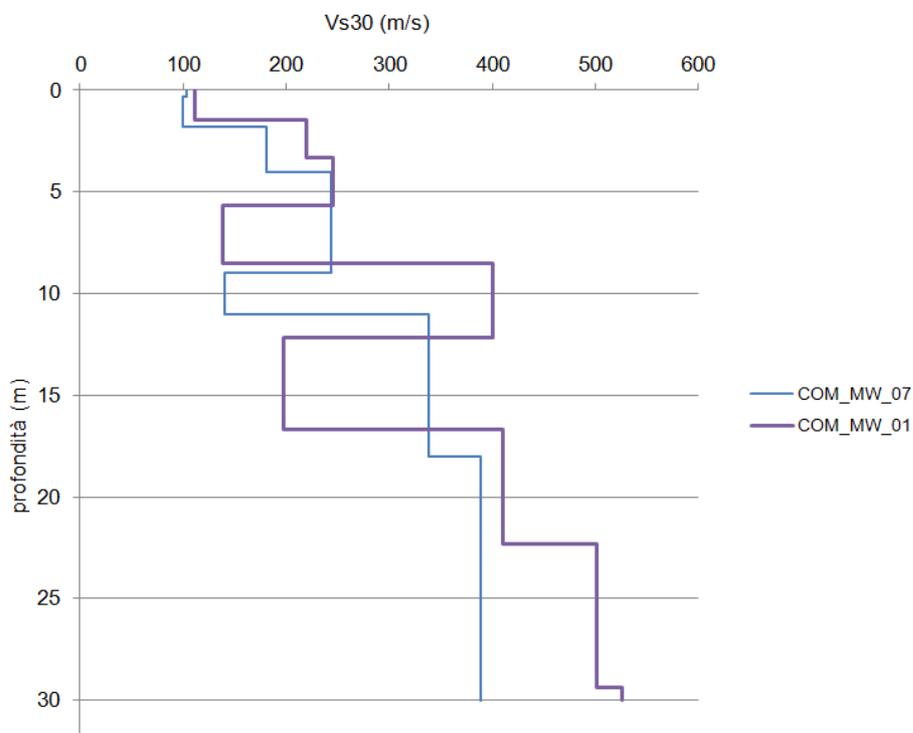


Figura 22: Profili di Vs30 relativi ai siti indagati all'interno dell'area di pertinenza di Fontana Fredda

Alla luce dei dati desunti dalle indagini MASW disponibili è possibile effettuare una stima dei fattori di amplificazione sismica dell'area, mediante l'utilizzo degli abachi di riferimento per gli effetti litostratigrafici previsti nell'Allegato A2 della Delibera dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, 112 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Nel caso specifico, per il calcolo dei fattori di amplificazione FA_{PGA} , $FA_{0,1-0,5S}$ e $FA_{0,5-1S}$, sono stati considerati gli abachi relativi all' Ambito Pianura 2 caratterizzato da un profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo ≥ 100 m da p.c. (v. A2.1.2 degli Indirizzi Regionali).

F.A. P.G.A.

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE – $0,1s < T_0 < 0,5s$.

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE – $0,5s < T_0 < 1,0s$.

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0

Figura 23: Fattori di amplificazione per l'Ambito Pianura 2 previsti dalla DAL n.112/2007

Dai risultati ottenuti si evince che tutta l'area studiata è suscettibile di amplificazioni caratterizzate da $FA_{PGA} = 1,5$ - $FA_{0,1-0,5S} = 1,8$ - $FA_{0,5-1S} = 2,3$.

La microzonazione sismica del territorio urbanizzato di Fontana Fredda è riportata in Tavola 05.

4.3.4 Analisi della pericolosità di liquefazione dei terreni

Sulla base dei dati della cartografia geologica regionale, la Tavola A4 del PTCP - Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali alla scala 1:25.000, evidenzia la presenza di depositi sabbiosi potenzialmente liquefacibili, all'interno dell'intero territorio urbanizzato di Fontana Fredda (v. Figura 9).

Non essendo noto con precisione il fuso granulometrico caratteristico dei terreni, ma essendo presenti tutti gli altri fattori predisponenti al fenomeno (eventi sismici attesi di magnitudo M maggiore a 5, accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti maggiori di $0,1g$ e profondità media stagionale della falda inferiore a 15 m dal piano campagna), si procede di seguito alla verifica di liquefazione mediante metodi analitici semplificati, attraverso un coefficiente di sicurezza calcolato come rapporto fra la resistenza al taglio mobilabile CRR, funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, e lo sforzo tagliante indotto dal sisma CSR, che dipende dai parametri del sisma di progetto.

Al riguardo sono stati utilizzati i dati ottenuti dalle seguenti prove penetrometriche statiche CPT_1_6, CPT_9_1 e AMB_5, considerando quali dati di input: Magnitudo $M_w = 6.14$ (magnitudo momento massima prevista per la Zona sismogenetica 911), $A_{max} = 1,62 \text{ m/s}^2$ e falda a piano campagna.

Nella successive tabelle viene riportato il fattore di sicurezza alla liquefacibilità in funzione della profondità, calcolato con il metodo di Robertson & Write modificato per le prove CPT considerate:

CPT_1_6												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	RI	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	0	0							
0,4	7,4	7,4	1,00	1600	260	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	2000	273	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	1700	153	2,60	0,36	0,60	0,99	0,11	5,64	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1600	113	2,58	0,31	0,52	0,99	0,11	4,92	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1500	127	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1700	133	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1900	133	2,60	0,47	0,79	0,99	0,13	5,92	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	2100	200	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2	37	27	0,98	2400	200	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	2500	187	2,60	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	2900	167	2,49	1,47	2,46	0,98	0,15	15,97	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	2900	127	2,41	1,06	1,77	0,98	0,16	11,23	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	3000	100	2,32	0,42	0,70	0,98	0,16	4,35	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	3100	193	2,54	1,72	2,87	0,98	0,16	17,47	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	2500	173	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT_1_6												
3,4	62,9	38,9	0,97	1900	140	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	1800	107	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	2800	47	2,21	0,15	0,25	0,97	0,17	1,42	non liquefacibile
4	74	44	0,97	1800	93	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	2000	120	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	2100	87	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	2400	107	2,60	0,55	0,91	0,96	0,18	5,09	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	2100	93	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	1500	133	3,00	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	1900	100	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	1700	87	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	1800	133	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	1800	93	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	1900	100	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	2100	87	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	1500	60	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	1400	80	2,97	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	1900	120	2,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	1700	140	3,03	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	1800	107	2,92	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	2200	100	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	2900	100	2,60	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	2700	193	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	2100	153	2,96	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	1900	7	2,28	0,23	0,38	0,94	0,19	1,97	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	2100	93	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	1700	80	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	1600	40	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	1300	47	2,99	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	1100	40	3,07	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	89,9	0,92	1200	40	3,02	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,6	177,6	91,6	0,92	1100	40	3,09	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 11: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT_1_6 (Fontana Fredda NO)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT_AMB_5												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	RI	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	100	60	3,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,4	7,4	7,4	1,00	1400	80	2,31	0,24	0,39	1,00	0,11	3,69	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	1200	80	2,50	0,18	0,30	1,00	0,11	2,79	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	2400	153	2,39	0,87	1,45	0,99	0,11	13,60	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1700	146	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1700	120	2,59	0,36	0,60	0,99	0,12	5,15	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1400	20	2,17	0,10	0,17	0,99	0,13	1,34	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	900	106	2,99	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	1100	86	2,82	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2	37	27	0,98	1100	60	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	900	26	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	1200	53	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	1000	93	2,98	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	1600	73	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	1100	66	2,85	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	900	53	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	1400	60	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	900	86	3,11	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	1600	66	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4	74	44	0,97	1200	66	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	1500	46	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	1600	467	2,60	0,23	0,38	0,97	0,18	2,12	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	2000	66	2,58	0,35	0,58	0,96	0,18	3,26	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	1100	60	2,95	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	1800	46	2,56	0,26	0,43	0,96	0,18	2,37	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	1100	73	3,03	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	1100	46	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	1000	100	3,21	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	1500	100	2,95	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	1300	86	3,02	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	1200	120	3,18	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	1400	120	3,08	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	1600	93	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	1200	120	3,21	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	2000	140	2,92	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	2200	386	3,20	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	12400	580	2,27	2,03	3,38	0,94	0,19	17,77	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	22800	220	1,56	1,79	2,99	0,94	0,19	15,68	non liquefacibile

Tabella 12: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT_AMB_5 (Fontana Fredda S)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT 9 1												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	Ic 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	0	0							
0,4	7,4	7,4	1,00	400	13	2,46	0,08	0,13	1,00	0,11	1,22	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	300	27	3,00	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	1000	67	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	900	53	2,68	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	900	53	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	800	67	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	800	67	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	700	47	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2	37	27	0,98	400	53	3,34	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	1200	67	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	900	20	2,57	0,12	0,20	0,98	0,15	1,32	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	1100	33	2,60	0,16	0,26	0,98	0,16	1,65	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	1300	33	2,51	0,21	0,34	0,98	0,16	2,13	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	1100	20	2,50	0,15	0,26	0,98	0,16	1,56	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	700	73	3,19	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	900	27	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	800	20	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	1100	20	2,57	0,14	0,23	0,97	0,17	1,31	non liquefacibile
4	74	44	0,97	1000	40	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	1400	47	2,68	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	1200	80	2,95	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	600	53	3,31	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	500	47	3,43	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	700	100	3,42	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	800	27	2,97	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	800	20	2,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	1100	27	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	1400	27	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	600	20	3,15	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	400	27	3,57	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	500	20	3,32	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	500	27	3,41	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 13: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT_9_1 (Fontana Fredda centro)

Come si evince dalle tabelle precedenti all'interno dei depositi presenti nel territorio urbanizzato di Fontana Fredda il rischio di liquefazione, di cui peraltro non si ha memoria storica in zona, può essere considerato trascurabile.

A conferma di quanto sopra evidenziato si segnala anche che i profili stratigrafici di alcuni sondaggi a carotaggio continuo realizzati a cavallo della linea ferroviaria che attraversa l'abitato di Roveleto (RER 180030P424, RER 180020P410) e le elaborazioni delle prove penetrometriche effettuate all'interno del territorio non evidenziano la presenza di strati significativi di sabbie e/o limi sabbiosi (v. Allegato 1).

4.4 SALICETO – CONTRADONE – S. ROCCO

4.4.1 Indagini disponibili

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata attingendo dagli archivi del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (SGSS) e dalle elaborazioni di indagini fornite direttamente dall'Ufficio tecnico del Comune di Cadeo.

In considerazione della piccola quantità di dati disponibili, si è ritenuto opportuno integrare i dati pregressi mediante la realizzazione di n. 3 prove penetrometriche statiche CPT.

Complessivamente le indagini raccolte sono costituite da stratigrafie di pozzi per acqua (2), sondaggi a carotaggio continuo (1) con i relativi dati di Standard Penetration Test SPT, prove penetrometriche statiche CPT (4), prove penetrometriche dinamiche DPM30 (2) e indagini geofisiche tipo MASW (2).

L'ubicazione delle indagini disponibili è riportata in Tavola 01 – Carta delle Indagini.

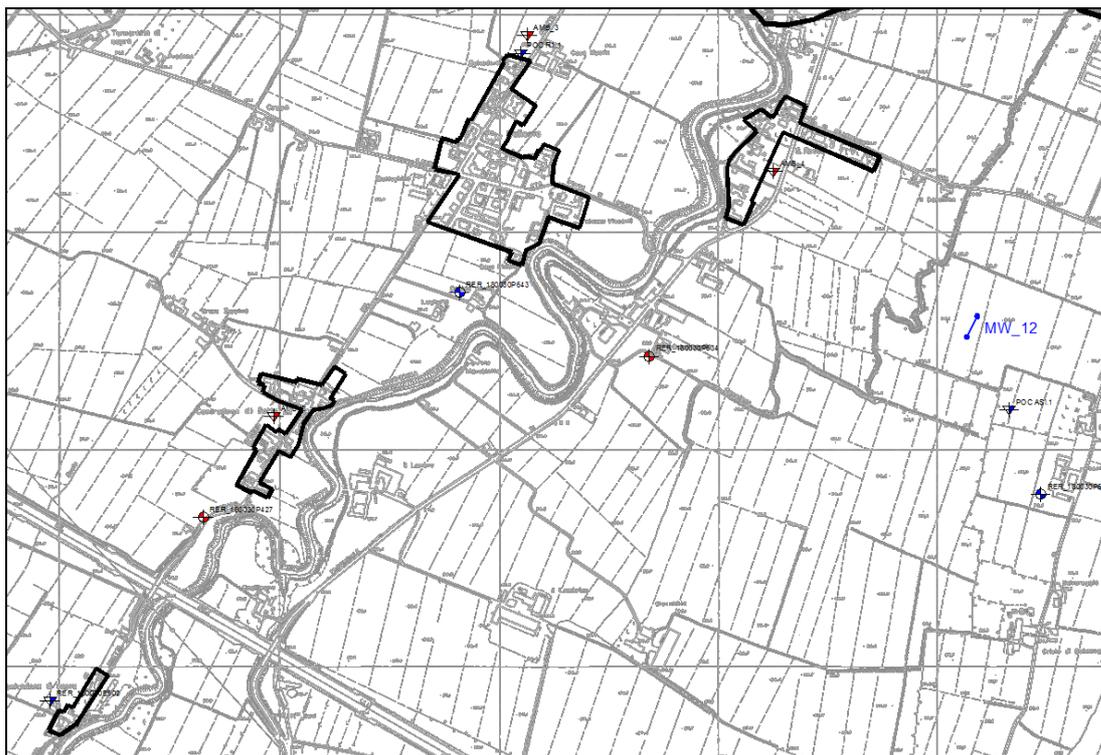


Figura 24: Indagini geognostiche e geofisiche disponibili

4.4.2 Successione stratigrafica

Dall'interpretazione dei dati disponibili risulta che l'assetto stratigrafico in sottosuolo è costituito da una copertura quaternaria continentale di spessore superiore ai 100m m (con spessori che aumentano progressivamente verso la pianura).

Tali depositi appartengono ai cicli sedimentari AES (v. cap.3) e sono costituiti da estesi corpi tabulari di ghiaie sabbiose, sabbie e limi con grado di addensamento, cementazione e spessore molto variabili.

Tali sedimenti appoggiano su depositi di prodelta, piattaforma, piana deltizia e di delta-conoide a litologia prevalentemente sabbiosa e limoso-sabbiosa (CMZ e ATS).

I terreni superficiali sono costituiti da depositi di canale, argine e rotta fluviale, costituiti prevalentemente da materiali a grana fine (argille limose, limi argillosi e limi sabbiosi). Tali depositi presentano al loro interno livelli discontinui di corpi ghiaiosi immersi abbondante matrice sabbiosa e/o sabbioso-limosa, il cui tetto risulta generalmente attestato a profondità variabili dai 10 ai 18 m da p.c.

Quanto sopra detto trova conferma nei grafici di Figura 11 in cui sono riportati i profili di resistenza alla punta (q_c), ottenuti durante prove penetrometriche statiche CPT e dinamiche DPM30 effettuate in diverse aree del territorio.

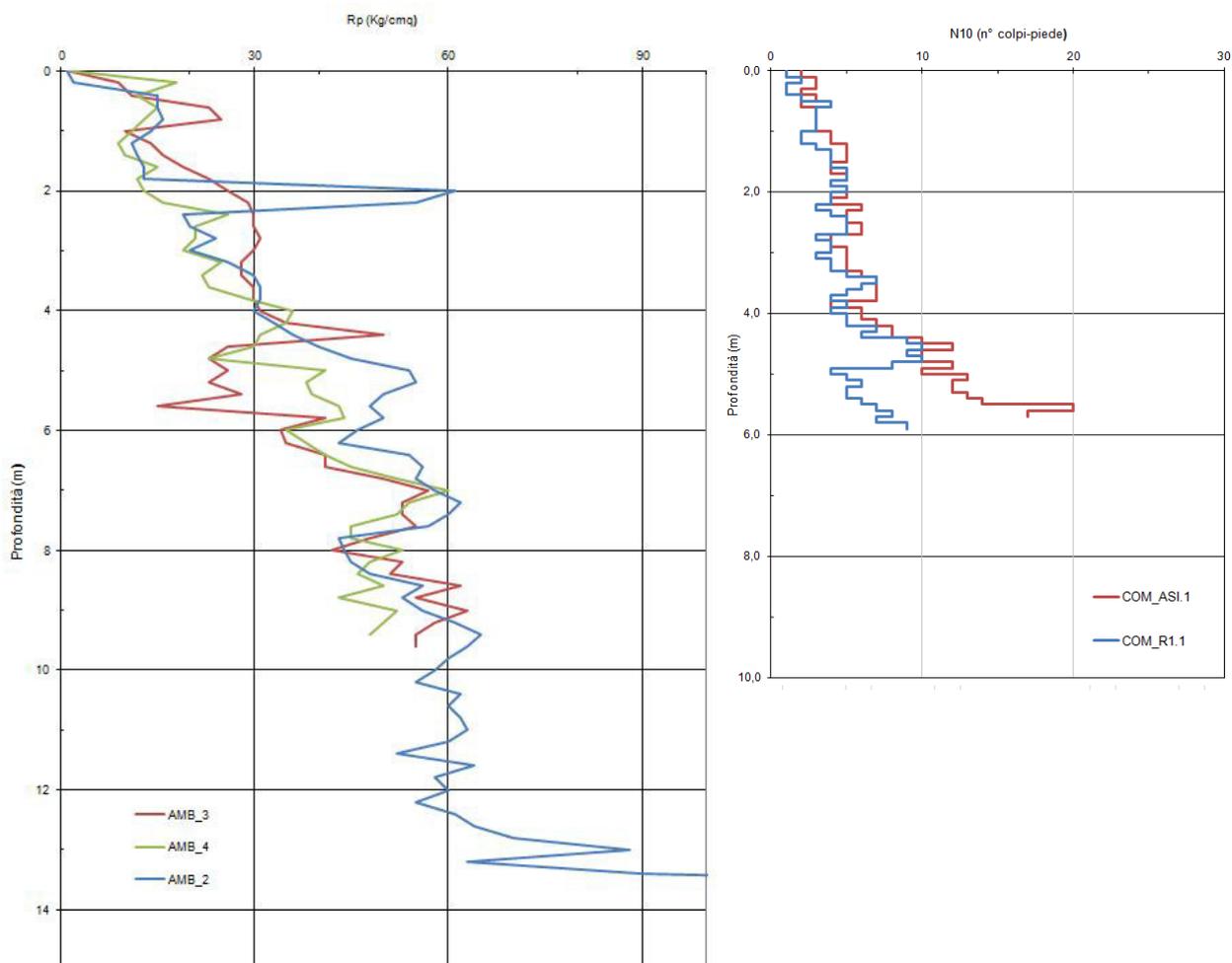


Figura 25: Elaborazione prove penetrometriche disponibili

L'assetto litostratigrafico di riferimento è schematizzato in Tavola 03 - Sezioni litostratigrafiche, ricostruite sulla base dei dati ottenuti dalle indagini disponibili.

Dal punto di vista morfologico l'area è sostanzialmente pianeggiante con quote medie che si attestano tra 60 e 55 m s.l.m, con pendenze comprese tra 0,2 e 0,3% debolmente digradanti verso N.

Dal punto di vista idrogeologico, i depositi porosi-permeabili corrispondenti al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) sono sede del serbatoio acquifero più superficiale (Gruppo Acquifero "A" secondo quanto riportato nel volume "Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna", Di Dio et alii, 1998).

La superficie piezometrica presenta una direzione di flusso verso nord-est, con soggiacenze molto ridotte variabili da 1 a 4 m dal p.c (v. Tav. Q.C.27 "Carta Idrogeologica" del PSC) e oscillazioni stagionali in grado di innalzare il livello freatico sino a quote prossime al piano campagna.

4.4.3 Indagini geofisiche

L'ubicazione delle indagini MASW è riportata in Tav. 01 - Carta delle indagini e in Tav. 04 - Carta delle Velocità delle onde S; in quest'ultima, oltre all'ubicazione della prova, è riportato anche il valore della Vs30 rilevato.

Nell'intorno del territorio urbanizzato di Saliceto, Contradone e S.Rocco e nel suo stretto intorno sono disponibili n. 2 indagini MASW, i cui dati consentono di effettuare alcune considerazioni generali relativamente alle caratteristiche sismo-elastiche dei terreni sub-superficiali (30 - 40 m di profondità di indagine).

La velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità, determinata mediante prove MASW (pregresse e di nuova realizzazione), risulta compresa tra circa 235 - 270 m/s.

Si osserva inoltre come tutte le aree indagate sono caratterizzate dalla presenza in superficie di un primo livello di terreno con spessore compreso tra 9 m e 11 m, caratterizzato da valori modesti di Vs30 compresi tra circa 120 - 265 m/s.

Inferiormente si rileva la presenza di mezzi aventi rigidità più elevata, corrispondenti evidentemente ai corpi prevalentemente ghiaiosi, con valori di Vs 30 compresi tra circa 320 - 470 m/s.

Dai diagrammi si osserva, al di sotto del primo livello ghiaioso, un generale aumento delle velocità delle onde di taglio con la profondità.

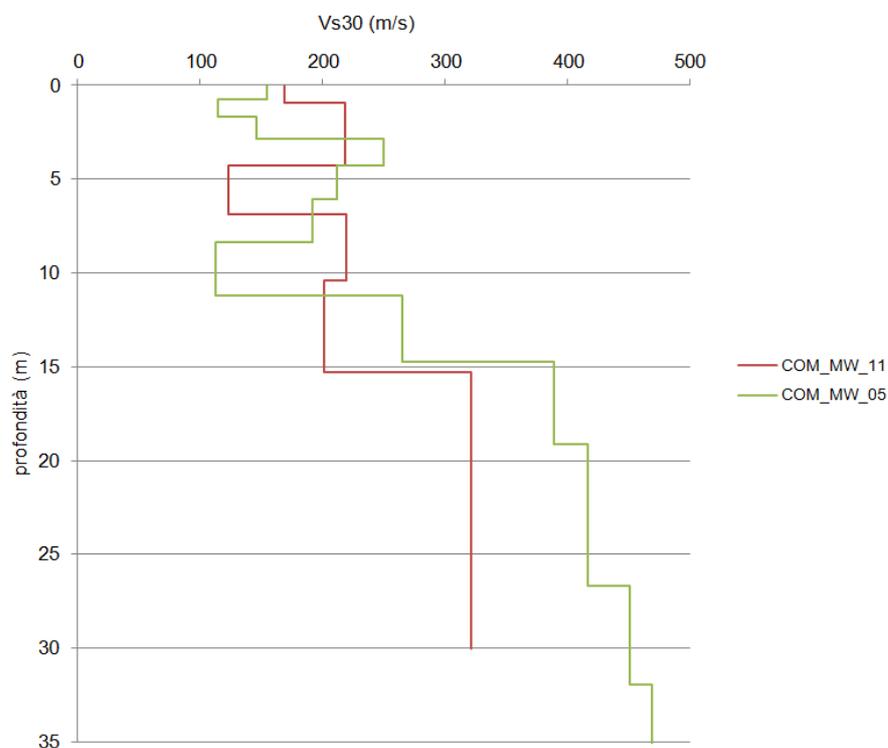


Figura 26: Profili di Vs30 relativi ai siti indagati nella parte settentrionale del territorio comunale

Alla luce dei dati desunti dalle indagini MASW disponibili è possibile effettuare una stima dei fattori di amplificazione sismica dell'area, mediante l'utilizzo degli abachi di riferimento per gli effetti litostratigrafici previsti nell'Allegato A2 della Delibera dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, 112 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Nel caso specifico, per il calcolo dei fattori di amplificazione FA_{PGA} , $FA_{0.1-0.5S}$ e $FA_{0.5-1S}$, sono stati considerati gli abachi relativi all' Ambito Pianura 2 caratterizzato da un profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo ≥ 100 m da p.c. (v. A2.1.2 degli Indirizzi Regionali).

F.A. P.G.A.

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE – $0,1s < T_0 < 0,5s$.

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE – $0,5s < T_0 < 1,0s$.

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0

Figura 27: Fattori di amplificazione per l'Ambito Pianura 2 previsti dalla DAL n.112/2007

Dai risultati ottenuti si evince che tutta l'area studiata è suscettibile di amplificazioni caratterizzate da $FA_{PGA} = 1,5$ - $FA_{0.1-0.5S} = 1,8$ - $FA_{0.5-1S} = 2,3$.

La microzonazione sismica del territorio urbanizzato considerato è riportata in Tavola 05.

4.4.4 Analisi della pericolosità di liquefazione dei terreni

Sulla base dei dati della cartografia geologica regionale, la Tavola A4 del PTCP - Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali alla scala 1:25.000, evidenzia la presenza di depositi sabbiosi potenzialmente liquefacibili, all'interno del territorio urbanizzato di Saliceto, Contradone e S.Rocco (v. Figura 9).

Non essendo noto con precisione il fuso granulometrico caratteristico dei terreni, ma essendo presenti tutti gli altri fattori predisponenti al fenomeno (eventi sismici attesi di magnitudo M maggiore a 5, accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti maggiori di $0,1g$ e profondità media stagionale della falda inferiore a 15 m dal piano campagna), si procede di seguito alla verifica di liquefazione mediante metodi analitici semplificati, attraverso un coefficiente di sicurezza calcolato come rapporto fra la resistenza al taglio mobilabile CRR, funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, e lo sforzo tagliante indotto dal sisma CSR, che dipende dai parametri del sisma di progetto.

Al riguardo sono stati utilizzati i dati ottenuti dalle prove penetrometriche statiche realizzate appositamente per il presente studio: AMB_2, AMB_3 e AMB_4, considerando quali dati di input: Magnitudo $M_w = 6.14$ (magnitudo momento massima prevista per la Zona sismogenetica 911), $A_{max} = 1,62 \text{ m/s}^2$ e falda a piano campagna.

Nella successive tabelle viene riportato il fattore di sicurezza alla liquefacibilità in funzione della profondità, calcolato con il metodo di Robertson & Write modificato per le prove CPT considerate:

CPT AMB 2												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	Ic 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	228	127							non liquefacibile
0,4	7,4	7,4	1,00	1528	80	2,26	0,28	0,47	1,00	0,11	4,42	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	1528	80	2,36	0,28	0,47	1,00	0,11	4,43	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	1628	93	2,45	0,33	0,54	0,99	0,11	5,10	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1441	80	2,53	0,25	0,42	0,99	0,11	3,93	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1141	67	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1241	67	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1341	100	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	1341	107	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2	37	27	0,98	6155	173	2,01	0,48	0,80	0,98	0,14	5,52	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	5555	127	1,98	0,34	0,57	0,98	0,15	3,80	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	1955	207	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	2055	193	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	2455	220	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT AMB 2												
3	55,5	35,5	0,98	2069	213	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	2669	207	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	3069	213	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	3169	233	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	3169	253	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4	74	44	0,97	3083	280	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	3383	313	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	3683	320	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	4083	333	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	4583	347	2,60	3,17	5,29	0,96	0,18	29,26	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	5497	327	2,48	3,02	5,04	0,96	0,18	27,72	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	5597	313	2,46	2,26	3,77	0,96	0,18	20,63	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	5097	333	2,55	3,76	6,28	0,96	0,18	34,13	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	4897	373	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	5097	427	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	4710	387	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	4410	447	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	5510	440	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	5710	467	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	5610	467	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	5924	500	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	6324	467	2,60	4,97	8,30	0,94	0,19	43,74	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	6124	353	2,53	2,94	4,91	0,94	0,19	25,82	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	5824	307	2,52	2,03	3,39	0,94	0,19	17,81	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	4424	293	2,68	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	4538	313	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	4638	280	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	4938	340	2,68	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	5738	353	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	5438	433	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	5752	487	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	6252	400	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	89,9	0,92	6652	427	2,60	4,09	6,83	0,92	0,19	35,64	non liquefacibile
9,6	177,6	91,6	0,92	6452	480	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,8	181,3	93,3	0,91	6152	600	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10	185	95	0,91	6152	480	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,2	188,7	96,7	0,90	5966	600	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,4	192,4	98,4	0,90	5666	600	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,6	196,1	100,1	0,89	6366	680	2,82	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,8	199,8	101,8	0,89	6166	707	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11	203,5	103,5	0,88	6366	680	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,2	207,2	105,2	0,87	6479	640	2,80	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,4	210,9	106,9	0,87	6179	680	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT AMB 2												
11,6	214,6	108,6	0,86	5379	667	2,94	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,8	218,3	110,3	0,86	6579	680	2,82	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12	222	112	0,85	5979	687	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,2	225,7	113,7	0,85	6193	667	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,4	229,4	115,4	0,84	5693	647	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,6	233,1	117,1	0,84	6293	720	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,8	236,8	118,8	0,83	6593	773	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
13	240,5	120,5	0,83	7193	747	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
13,2	244,2	122,2	0,82	9007	707	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
13,4	247,9	123,9	0,82	6507	693	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
13,6	251,6	125,6	0,81	9207	560	2,58	3,44	5,73	0,81	0,17	32,88	non liquefacibile

Tabella 14: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT_AMB_2 (loc. Contradone)

CPT AMB 3												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	928	53	2,25	0,13	0,21	1,00	0,11	1,95	non liquefacibile
0,4	7,4	7,4	1,00	1128	40	2,19	0,13	0,22	1,00	0,11	2,05	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	2328	133	2,29	0,52	0,86	1,00	0,11	8,05	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	2528	67	2,06	0,14	0,23	0,99	0,11	2,18	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1041	40	2,50	0,14	0,24	0,99	0,11	2,26	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1441	53	2,42	0,25	0,42	0,99	0,12	3,58	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1641	87	2,52	0,33	0,55	0,99	0,13	4,42	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1941	113	2,53	0,50	0,83	0,99	0,13	6,25	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	2341	173	2,58	0,81	1,36	0,99	0,14	9,74	non liquefacibile
2	37	27	0,98	2655	180	2,54	1,15	1,92	0,98	0,14	13,24	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	2955	320	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	3055	327	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	3055	340	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	3155	293	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	3069	313	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	2869	313	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	2869	313	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	3069	307	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	3069	300	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4	74	44	0,97	3183	400	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	3583	460	2,82	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	5083	380	2,55	4,76	7,94	0,97	0,18	44,56	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	2683	360	2,94	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	2383	273	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	2697	300	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	2397	127	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	2897	327	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT AMB 3												
5,6	103,6	57,6	0,96	1597	400	3,35	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	4197	380	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	3510	380	2,85	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	3610	393	2,85	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	4210	427	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	4210	507	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	5110	587	2,80	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	5824	560	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	5424	313	2,55	3,17	5,29	0,94	0,19	27,85	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	5424	347	2,60	3,06	5,11	0,94	0,19	26,85	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	5624	407	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	4924	367	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	4338	487	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	5438	500	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	5238	333	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	6338	333	2,52	1,97	3,29	0,93	0,19	17,12	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	5638	333	2,60	2,75	4,58	0,93	0,19	23,85	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	6452	340	2,53	2,01	3,35	0,93	0,19	17,39	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	5952	420	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	89,9	0,92	5652	380	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,6	177,6	91,6	0,92	5652	413	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,8	181,3	93,3	0,91	6552	533	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10	185	95	0,91	6552	413	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,2	188,7	96,7	0,90	6666	533	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,4	192,4	98,4	0,90	7066	840	2,82	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,6	196,1	100,1	0,89	7566	760	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,8	199,8	101,8	0,89	6566	647	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11	203,5	103,5	0,88	6166	553	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,2	207,2	105,2	0,87	5079	600	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,4	210,9	106,9	0,87	6679	667	2,80	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,6	214,6	108,6	0,86	4779	520	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,8	218,3	110,3	0,86	6179	693	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12	222	112	0,85	7479	667	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,2	225,7	113,7	0,85	6593	667	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,4	229,4	115,4	0,84	5893	633	2,88	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 15: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT_AMB_3 (loc. Saliceto)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

AMB CPT 4												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	1828	20	1,48	0,08	0,14	1,00	0,11	1,27	non liquefacibile
0,4	7,4	7,4	1,00	1228	127	2,56	0,19	0,31	1,00	0,11	2,89	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	1528	100	2,44	0,28	0,47	1,00	0,11	4,43	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	1328	60	2,42	0,21	0,36	0,99	0,11	3,34	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1141	60	2,58	0,16	0,28	0,99	0,11	2,58	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	941	47	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1041	47	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1541	120	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	1241	160	2,95	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2	37	27	0,98	1355	120	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	1655	187	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	2655	207	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	2155	207	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	2155	240	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	1969	300	2,98	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	2569	260	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	2269	287	2,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	2369	287	2,88	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	2969	320	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4	74	44	0,97	3683	380	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	3583	387	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	3183	420	2,88	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	3083	393	2,88	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	2383	380	3,04	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	4197	347	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	3897	280	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	3997	347	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	4397	353	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	4497	320	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	3610	313	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	3910	380	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	4210	313	2,68	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	4610	427	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	5310	353	2,59	3,20	5,34	0,95	0,19	28,26	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	6124	413	2,57	4,69	7,82	0,95	0,19	41,32	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	5524	380	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	5324	360	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	4624	360	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	4624	413	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	5438	467	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	4938	360	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile

AMB CPT 4												
8,4	155,4	81,4	0,94	4738	373	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	5138	367	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	4438	367	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	5352	447	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	5152	467	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	89,9	0,92	4952	427	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,6	177,6	91,6	0,92	5152	520	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,8	181,3	93,3	0,91	5652	620	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10	185	95	0,91	5652	520	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,2	188,7	96,7	0,90	4766	620	2,96	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,4	192,4	98,4	0,90	5666	653	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,6	196,1	100,1	0,89	6766	660	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,8	199,8	101,8	0,89	6166	693	2,85	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11	203,5	103,5	0,88	6466	653	2,80	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,2	207,2	105,2	0,87	6179	553	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,4	210,9	106,9	0,87	5579	587	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,6	214,6	108,6	0,86	5679	627	2,88	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,8	218,3	110,3	0,86	5979	627	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12	222	112	0,85	6179	747	2,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,2	225,7	113,7	0,85	6793	713	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,4	229,4	115,4	0,84	5993	647	2,88	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,6	233,1	117,1	0,84	6393	667	2,85	2,48	4,13	0,84	0,18	23,09	non liquefacibile
12,8	236,8	118,8	0,83	6793	820	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
13	240,5	120,5	0,83	7393	600	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
13,2	244,2	122,2	0,82	6507	647	2,84	2,45	4,09	0,82	0,18	23,20	non liquefacibile
13,4	247,9	123,9	0,82	7207	347	2,58	1,53	2,55	0,82	0,18	14,57	non liquefacibile

Tabella 16: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT_AMB_ (loc. S. Rocco)

Come si evince dalle tabelle precedenti all'interno dei depositi presenti nel territorio analizzato il rischio di liquefazione, di cui peraltro non si ha memoria storica in zona, può essere considerato trascurabile.

5 ELABORATI CARTOGRAFICI

5.1 CARTA DELLE INDAGINI

In Tavola 01 è riportata l'ubicazione delle indagini geognostiche pregresse ed ex-novo utilizzate per il presente Studio.

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata per un'area più estesa di quelle oggetto dello studio, allo scopo di comprendere e documentare il modello geologico preliminare e i fenomeni naturali che possono interessare le aree e avere implicazioni nella pericolosità sismica.

1. Indagini pregresse messe a disposizione dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna:
 - n. 15 Pozzi per acqua;
 - n. 10 Sondaggi a carotaggio continuo;
 - n. 1 Prova penetrometriche statiche con punta piezocono CPTU;
 - n. 5 Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT.

2. Indagini pregresse messe a disposizione dall'Ufficio Tecnico del Comune di Cadeo:
 - n. 6 Indagini geofisiche tipo MASW;
 - n. 1 Indagine geofisica tipo REMI;
 - n. 12 Prove penetrometriche dinamiche (DPM30).
 - n. 32 Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT

3. Indagini realizzate ex-novo per il presente Studio:
 - n. 5 Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT;

Le indagini sono rappresentate, in forma simbolica per tipologia; il simbolo di ciascuna indagine è corredata da un suffisso che ne indica la fonte (RER: SGSS della Regione Emilia Romagna, COM: archivio dell'Ufficio Tecnico comunale di Cadeo, AMB: archivio Società Ambiter s.r.l.), l'ubicazione del sito d'indagine e il numero della prova.

I dati provenienti dagli archivi del SGSS della Regione Emilia Romagna sono stati nominati con lo stesso suffisso indicato nella Banca Dati Geognostica della Regione Emilia-Romagna.

5.2 CARTA GEOLOGICO TECNICA

Nella Carta geologico tecnica sono riportate tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, idrogeologia) tratte dalle seguenti cartografie ed elaborati esistenti:

- Carta Geologica in scala 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna;
- Carta Geologica in scala 1:50.000 della Regione Emilia-Romagna;
- Tavola Q.C.23 'Carta Geologico - geolitologica' in scala 1:10.000 del PSC di Cadeo;
- Tavola Q.C.24 'Inquadramento geomorfologico' in scala 1:10.000 del PSC di Cadeo;
- Tavola Q.C.27 'Carta Idrogeologica' del PSC di Cadeo;
- Banca Dati Geognostica della Regione Emilia-Romagna.

La scala di rappresentazione della Carta Geologico tecnica è 1:10.000.

Per la comprensione degli aspetti litostratigrafici nel sottosuolo e schematizzare in forma sintetica i dati disponibili, sono state elaborate n. 4 sezioni litostratigrafiche, ricostruite sulla base delle indagini geognostiche disponibili.

5.3 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA

La Carta di microzonazione sismica (Livello 2) è stata elaborata tenendo conto della simulazione numerica ottenuta mediante l'utilizzo degli abachi di riferimento per gli effetti litostratigrafici previsti nell'Allegato A2 della Delibera dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, 112.

Sulla base dei dati ottenuti, il territorio è stato suddiviso in zone omogenee con uguale fattore di amplificazione FA; i coefficienti di amplificazione sono espressi in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia di Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi.

Come si evince dalla Tavola 05, alla luce dell'omogeneità dei dati ottenuti dalle indagini MASW disponibili, all'interno del territorio urbanizzato del Comune di Cadeo può essere individuata un'unica microzona stabile caratterizzata da depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o indifferenziati poggianti su di un substrato non rigido (Subsistema di Costamezzana) con $V_s < 800$ m/s.

I valori di amplificazione sismica FA, comuni per tutte le aree del territorio urbanizzato sono i seguenti:

$$FA_{PGA} = 1,5 - FA_{0,1-0,5S} = 1,8 - FA_{0,5-1S} = 2,3.$$

6 COMMENTI FINALI E CRITICITA'

Il presente studio sulla pericolosità sismica del territorio urbanizzato del Comune di Cadeo, sulla base delle indagini e delle analisi eseguite, consente di effettuare alcune considerazioni relative al comportamento dei terreni durante un evento sismico:

1. Gli studi effettuati confermano il rischio di amplificazione sismica in tutte le aree considerate dal presente Studio dovuto ai soli effetti stratigrafici.
2. I valori di amplificazione sismica FA, comuni per tutte le aree del territorio urbanizzato sono i seguenti: $FA_{PGA} = 1,5$ - $FA_{0,1-0,5S} = 1,8$ - $FA_{0,5-1S} = 2,3$.
3. Per quanto riguarda possibili fenomeni di liquefazione, in relazione alle stratigrafie desunte dai dati bibliografici esistenti (non sono stati rilevati livelli di depositi sabbiosi o limoso-sabbiosi significativi) ed alle analisi numeriche effettuate, si ritiene che il rischio all'interno del territorio comunale di Cadeo possa essere considerato trascurabile. Occorre tuttavia rilevare margini di incertezza per aree non indagate direttamente in cui potrebbero essere presenti depositi sabbiosi di spessore significativo.
4. In considerazione della ridotta soggiacenza della falda (generalmente compresa tra 1 e 3 m di profondità), dell'accelerazione e della magnitudo massima attesa nell'intero territorio comunale, nell'ambito della progettazione di nuove edificazioni o interventi su manufatti esistenti, è comunque sempre necessario effettuare specifiche verifiche di liquefazione dei terreni.
5. Gli studi geologici e sismici da espletarsi nelle successive fasi di progettazione dovranno essere realizzati in ottemperanza alle indicazioni previste dalla specifica normativa di riferimento (Legge n. 64 del 02/02/1974, DM dell'11/03/1988, D.A.L. 112/2007 della Regione Emilia-Romagna, DM 14/01/2008 e L.R. 19/2008). Tali studi dovranno essere corredati da specifiche indagini geognostiche e geofisiche commisurate all'importanza delle opere di progetto. Qualora, sulla base degli esiti delle indagini effettuate, venisse rilevata la presenza di depositi sabbiosi o limoso sabbiosi di spessore superiore ad 1 metro dovranno essere effettuate analisi speditive di quantificazione della liquefacibilità basate sulla stima del rapporto CRR/CSR. Nel caso gli esiti speditivi riscontrassero intervalli liquefacibili significativi, si dovrà procedere al prelievo di campioni di sedimenti negli intervalli più critici interessati da potenziale liquefazione, per effettuare specifiche prove geotecniche di laboratorio (es. prove triassiali cicliche) finalizzate alla valutazione delle resistenze alla liquefazione (CRR). Dovrà essere inoltre effettuata una specifica procedura per la modellazione numerica della risposta sismica locale, in grado di fornire i parametri necessari per la valutazione del CSR (Cyclic Stress Ratio).

ALLEGATO 1

INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI

ALLEGATO 2

TAVOLE

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	2
1.1	RIFERIMENTI NORMATIVI NAZIONALI.....	4
1.2	RIFERIMENTI NORMATIVI REGIONALI.....	5
2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	6
2.1	EVOLUZIONE DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI CADEO.....	6
2.2	SISMICITA' STORICA.....	10
2.3	ZONAZIONE SISMOGENETICA.....	10
3	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE.....	12
3.1	ASSETTO STRUTTURALE GENERALE.....	14
4	ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA.....	15
4.1	ROVELETO.....	17
4.2	CADEO.....	29
4.3	FONTANA FREDDA.....	40
4.4	SALICETO – CONTRADONE – S. ROCCO.....	50
5	ELABORATI CARTOGRAFICI.....	61
5.1	CARTA DELLE INDAGINI.....	61
5.2	CARTA GEOLOGICO TECNICA.....	62
5.3	CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA.....	62
6	COMMENTI FINALI E CRITICITA'.....	63

ALLEGATI

1. INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI
2. CARTOGRAFIA

1 INTRODUZIONE

Come specificato nell'art. A-2 comma 4 dell'Allegato alla LR 20/2000, gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica *concorrono alla riduzione ed alla prevenzione del rischio sismico, sulla base delle analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione.*

A tal fine, i Comuni hanno l'obbligo di valutare la compatibilità delle previsioni contenute negli strumenti di pianificazione attraverso un approfondimento delle analisi e delle valutazioni che vede in primo luogo l'adeguamento del PTCP e, successivamente il recepimento e l'approfondimento delle indicazioni da esso fornite dal PSC e quindi dal POC.

Con la DAL n.112/2007 ("Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"), la Regione Emilia Romagna ha imposto l'elaborazione degli studi di pericolosità e di Microzonazione sismica nella pianificazione territoriale, che prevedono diverse fasi di realizzazione e differenti livelli di approfondimento in funzione del contesto territoriale e degli obiettivi da perseguire, con complessità ed impegno crescenti, passando dal livello 1 fino al livello 3:

- il livello 1 costituisce un livello propedeutico ai successivi livelli di approfondimento. Consiste nell'elaborazione di un quadro conoscitivo generale, tramite una raccolta di dati preesistenti, in cui le varie parti del territorio vengono suddivise in microzone qualitativamente omogenee rispetto alla suscettibilità ad effetti locali in cui effettuare le successive indagini di MS;
- il livello 2 oltre a definire e confermare le condizioni di pericolosità del precedente livello 1, fornisce quantificazioni numeriche (con metodi semplificati) dei fenomeni di modificazione locale del moto sismico e dei fenomeni di deformazione permanente e definisce la Carta di microzonazione sismica;
- il livello 3 restituisce una Carta di microzonazione sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari, non risolvibili con l'uso di metodologie speditive.

Nel caso di Cadeo, la Relazione geologica (a cura del Dott. Geol. Paolo Mancioffi) elaborata per il Quadro Conoscitivo (QC) del Piano Strutturale approvato con Del. G.C. n. 44 del 08/03/2005, includeva le analisi geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche del territorio studiato e una caratterizzazione geotecnica preliminare delle principali aree urbane.

In adeguamento alla DAL n.112/2007, nell'ambito del Piano Operativo Comunale approvato con Del. G.C. n. 86 del 28/06/2007, è stata elaborata una Relazione Sismica Illustrativa ed una "Carta Comunale delle Aree Suscettibili di effetti locali" (a cura del Dott. Geol. Paolo Mancioffi).

Successivamente agli studi geologici e sismici elaborati per il POC, la Provincia di Piacenza ha approvato, con atto n. 69 del 2 luglio 2010, il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale PTCP,

che, sulla base delle indicazioni della DAL n.112/2007 ha sviluppato il “primo livello” di approfondimento geologico sismico provinciale, dando disposizioni ai Comuni su come e dove effettuare i successivi livelli di approfondimento, che potranno integrare e meglio definire le informazioni elaborate alla scala provinciale.

Il PTCP ha prodotto una specifica cartografia della pericolosità sismica preliminare: Tav. A4 - Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali alla scala 1:25.000 ed una nuova disciplina (art. 33 delle NTA) finalizzata alla riduzione del rischio sismico che definisce e chiarisce i ruoli e gli approfondimenti richiesti nei vari strumenti urbanistici comunali ed il loro rapporto con la pianificazione sovraordinata.

Il presente documento si configura pertanto come adeguamento a quanto previsto dal PTCP ed alla DAL n.112/2007, in particolar modo per quanto riguarda lo svolgimento delle analisi previste ai punti 3 e 4.1 della DAL n.112/2007 e nell'art. 33 delle NTA del PTCP.

La presente relazione descrive le fasi di studio, le indagini pregresse e quelle realizzate ex-novo, i dati acquisiti, le elaborazioni e i risultati dello studio, relativi alle aree appartenenti al territorio urbanizzato del Comune di Cadeo.

A corredo della relazione illustrativa è stata redatta inoltre la seguente cartografia:

- Tav. 01 - Carta delle indagini;
- Tav. 02 - Carta geologico tecnica;
- Tav. 03 - Sezioni litostratigrafiche;
- Tav. 04 - Carta delle velocità delle onde di taglio S;
- Tav. 05 - Carta di microzonazione sismica (Livello 2) - F.A. P.G.A.

1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI NAZIONALI

Legge 2 febbraio 1974, n. 64, Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

Legge 10 dicembre 1981, n. 741, Ulteriori norme per l'accelerazione delle procedure per l'esecuzione di opere pubbliche.

Decreto del Ministro dei lavori pubblici 11 marzo 1988, Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Legge 24 febbraio 1992, n. 225, Istituzione del Servizio nazionale della protezione civile.

Decreto del Ministro dei lavori pubblici 16 gennaio 1996, Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

Decreto del Ministro dell'interno 13 Febbraio 2001, Adozione dei "Criteri di massima per l'organizzazione dei soccorsi sanitari nelle catastrofi" (pubblicati nella G.U. n. 116 del 12 maggio 2001).

Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112, Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle Regioni ed agli Enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59.

Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.

Legge 9 novembre 2001, n. 401, Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 7 settembre 2001, n. 343, recante disposizioni urgenti per assicurare il coordinamento operativo delle strutture preposte alle attività di protezione civile.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274, Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Legge 27 luglio 2004, n. 186, Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 28 maggio 2004, n. 136, "Disposizioni urgenti per garantire la funzionalità di taluni settori della pubblica amministrazione. Disposizioni per la rideterminazione di deleghe legislative e altre disposizioni connesse".

Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 ottobre 2007, Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni.

Decreto del Ministro delle infrastrutture 14 gennaio 2008, Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni.

Dipartimento della Protezione Civile e la Conferenza delle Regioni e Province Autonome 13 novembre 2008; Indirizzi e criteri per la micro zonazione sismica.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 29 febbraio 2012, n. 4007, Attuazione dell'articolo 11 del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77. Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico per l'anno 2011".

1.2 RIFERIMENTI NORMATIVI REGIONALI

Legge Regionale 24 marzo 2000, n. 20, Disciplina generale sulla tutela e uso del territorio.

Delibera dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, 112, Indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica.

Legge Regionale 30 ottobre 2009, n. 19, Norme per la riduzione del rischio sismico.

Delibera della Giunta Regionale 10 settembre 2012, 1302, Approvazione dei criteri per gli studi di micro zonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 4007/2012 a favore degli Enti Locali.

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 EVOLUZIONE DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI CADEO

Nell'ambito della classificazione sismica dell'intero territorio nazionale emanata a partire dal 1909, il Comune di Cadeo, come la gran parte dei territori della Regione Emilia Romagna, è stato classificato sismico solo a partire dal 1998 "Proposta di riclassificazione sismica del territorio italiano (1998) a cura del Gruppo di Lavoro ING-GNDT-SSN costituito dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi".

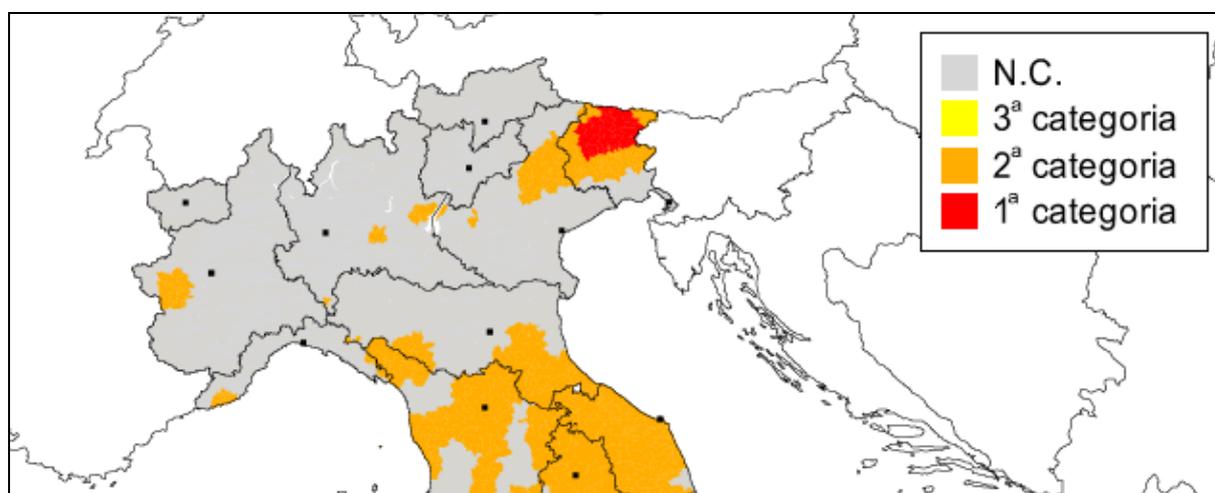


Figura 1: Classificazione sismica del territorio italiano (1984). Decreto MLP del 14/07/1984 e decreti successivi.

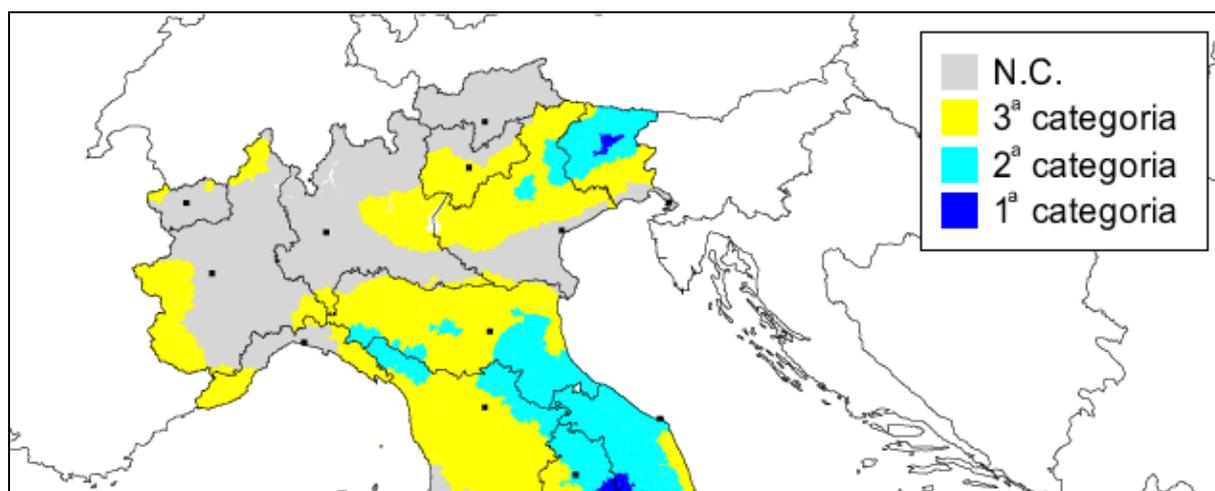


Figura 2: Proposta di riclassificazione sismica del territorio italiano (1998) a cura del Gruppo di Lavoro ING-GNDT-SSN costituito dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi.

La classificazione approvata con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica" suddivide il territorio nazionale in 4 zone con livelli decrescenti di pericolosità sismica in relazione a 4 differenti valori di accelerazione orizzontale (ag/g) d'ancoraggio dello spettro di risposta elastico e a 4 differenti valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag/g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

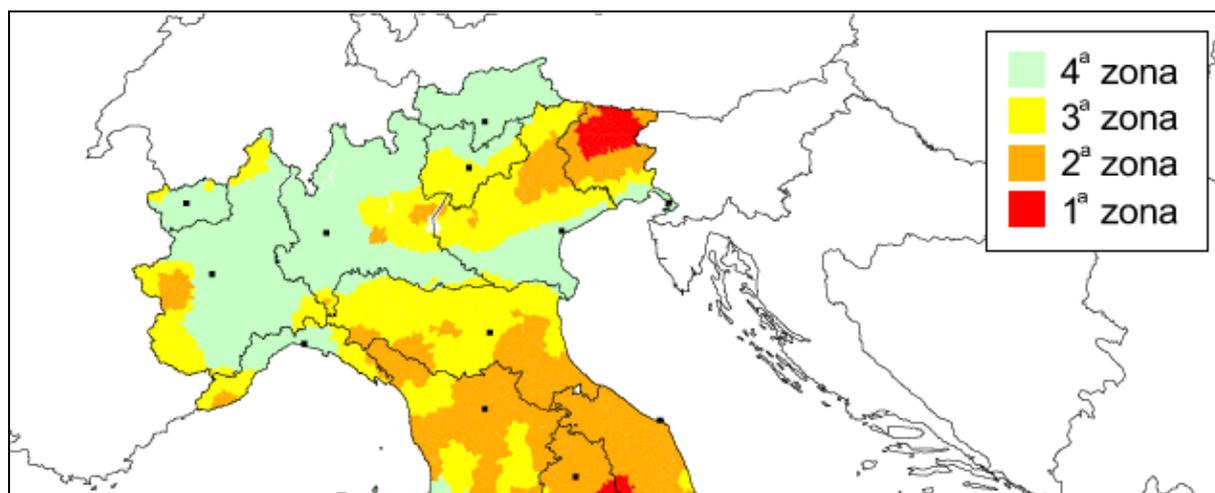


Figura 3: Zone sismiche del territorio italiano (2003). Ordinanza PCM 3274 del 20/03/2003.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1	>0.25
2	0.15-0.25
3	0.05-0.15
4	<0.05

Tabella 1: Valori di PGA per le varie zone

Con Delibera 1435 del 21 luglio 2003 "Prime disposizioni di attuazione dell'ordinanza del PCM n. 3274/2003 recante "primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", la Regione Emilia Romagna sentiti le Province e i Comuni interessati, ha provveduto all'individuazione delle zone sismiche nonché alla formazione e all'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone, ribadendo sostanzialmente quanto riportato nell'OPCM 3274/2003.

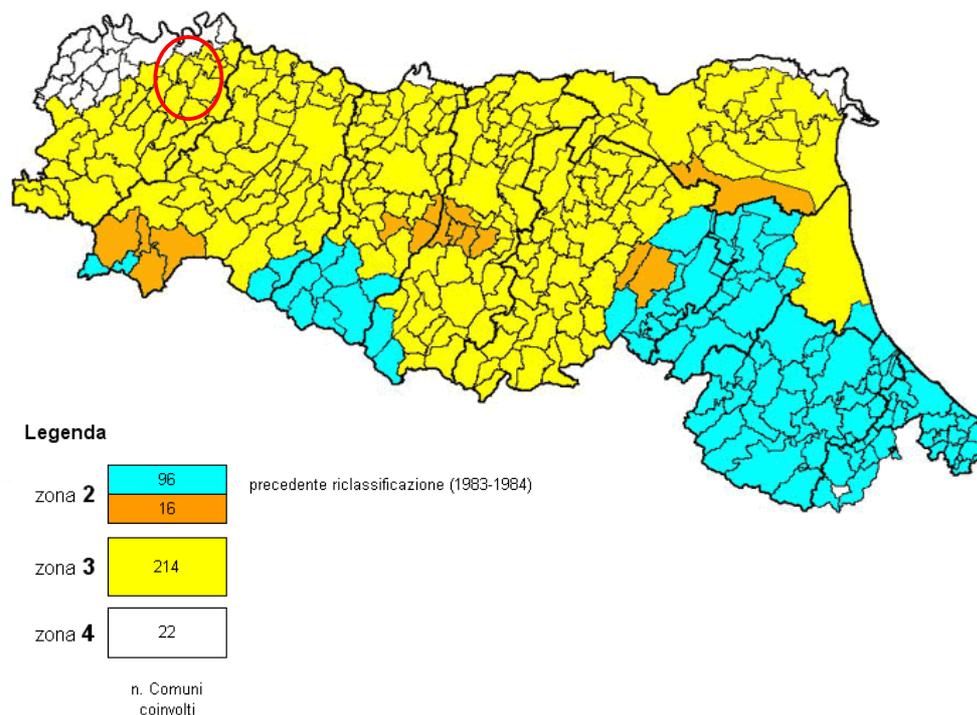


Figura 4: Zone sismiche del territorio italiano con recepimento delle variazioni operate dalle singole Regioni (fino a marzo 2004)

Il territorio comunale di Cadeo è classificato in zona 3, con conseguente accelerazione sismica orizzontale, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compreso tra 0,05 - 0,15. Tali valori d'accelerazione sono relativi al bedrock, ovvero a formazioni litoidi o terreni omogenei molto rigidi.

La Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 2 maggio 2007: *Approvazione dell'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16 comma 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"*, attribuisce al Comune di Cadeo un valore dell'accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per $T=0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}) pari a 0.110.

L'evoluzione normativa in materia sismica, con l'emanazione delle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008), ha fatto sì che i dati e le procedure necessari ai fini strettamente progettuali, siano svincolati dalla classificazione sismica del territorio, con alcune limitate eccezioni, prevedendo l'uso diretto dei parametri sismici del sito in oggetto.

Le norme tecniche forniscono le forme spettrali in funzione di tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento (cfr. Figura 5), i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni).

La pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

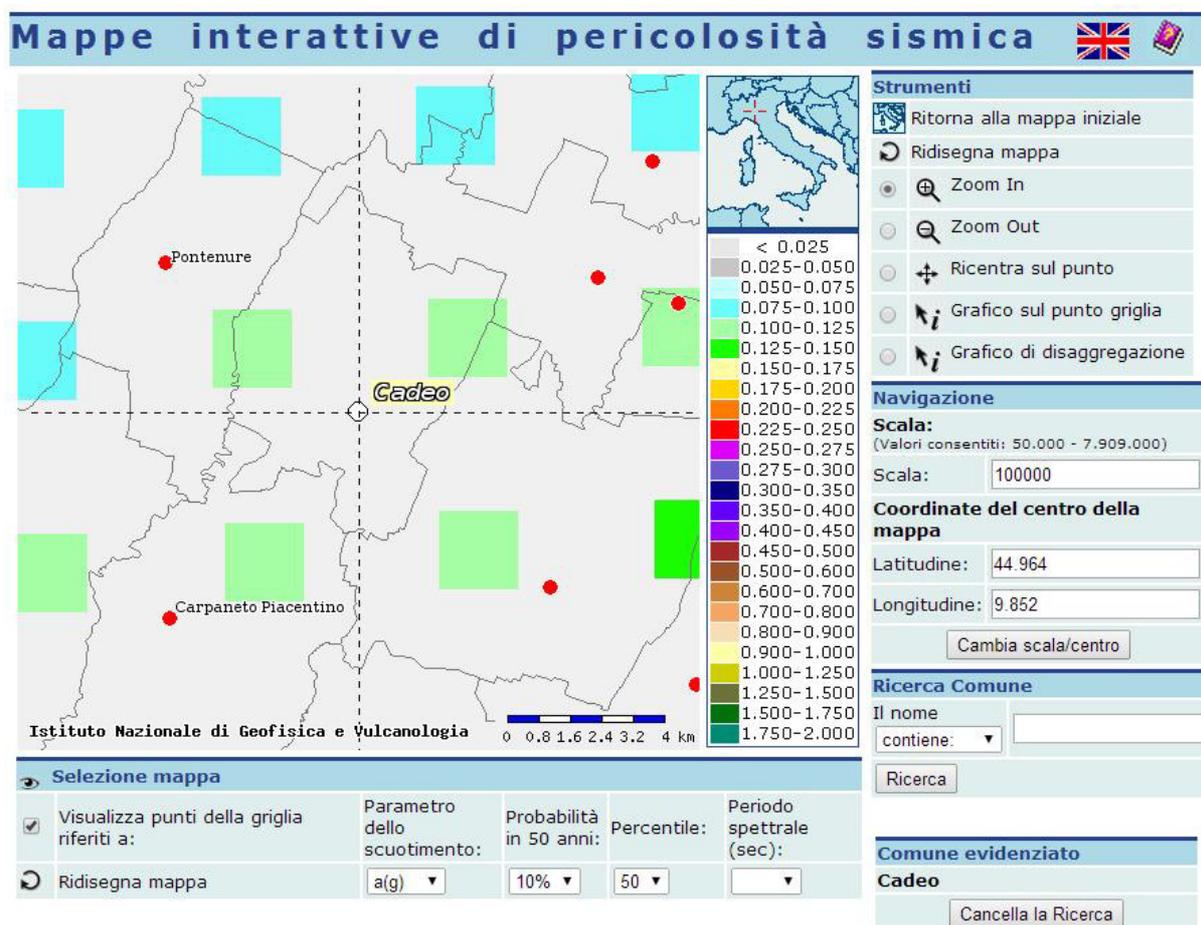


Figura 5: Mappatura dell'accelerazione orizzontale massima del terreno (a_g) con tempi di ritorno di 475 anni

2.2 SISMICITA' STORICA

La distribuzione della sismicità storica italiana degli ultimi mille anni è consultabile tramite il Catalogo parametrico dei terremoti italiani CPTI11 (a cura di A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi, 2011), consultabile al sito <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/>.

La sismicità storica del Comune di Cadeo è stata desunta dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI11. Il database DBMI11, realizzato nell'ambito delle attività del Tema Trasversale Coordinato INGV 5.1 "Banche dati e metodi macrosismici" (a cura di M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi), è consultabile al sito <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>.

Dall'esame del diagramma di Tabella 2, gli episodi più significativi per il Comune di Cadeo sono presumibilmente quelli del 1438 e del 1738, che produssero effetti del VII-VIII grado MCS (Scala Mercalli-Cancani-Sieberg).

Nella successiva Tabella 2 sono elencate le osservazioni, aventi la maggiore intensità al sito, disponibili per il territorio comunale. Nella tabella sono indicate, oltre alla stessa intensità al sito (Is), l'anno, il mese (Me), il giorno (Gi), in cui si è verificato, l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io), e la magnitudo momento (Mw).

Seismic history of Cadeo [44.973, 9.832]					
Total number of earthquakes: 4					
Effects	Is	Data	Area epicentrale, area geografica in cui sono stati riscontrati gli effetti maggiori del terremoto	Intensità macrosismica epicentrale, da CPTI11, espressa in scala MCS	Magnitudo momento, da CPTI11
		NF	1986 12 06 17:07	Bondeno	6
3-4		1991 10 31 09.31	Parmense	5	4.45 ±0.14
NF		2000 06 18 07:42	Parmense	5-6	4.43 ±0.09
NF		2005 04 18 10:59	Valle del Trebbia	5	3.98 ±0.09

Tabella 2: Eventi sismici di maggiore intensità verificatisi nel Comune di Cadeo

2.3 ZONAZIONE SISMOGENETICA

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha prodotto una zonazione sismogenetica (ZS9) del territorio nazionale che tiene conto dell'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale

(“Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’ O.P.C.M. 20-3-2003, n. 3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano - Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici”).

Il modello sismogenetico suddivide il territorio italiano in 36 diverse zone, numerate da 901 a 936, più altre 6 zone, identificate con le lettere da “A” a “F” fuori dal territorio nazionale (A-C) o ritenute di scarsa influenza (D-F).

La zonizzazione è stata condotta tramite l’analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la carta nazionale delle zone sismogenetiche.

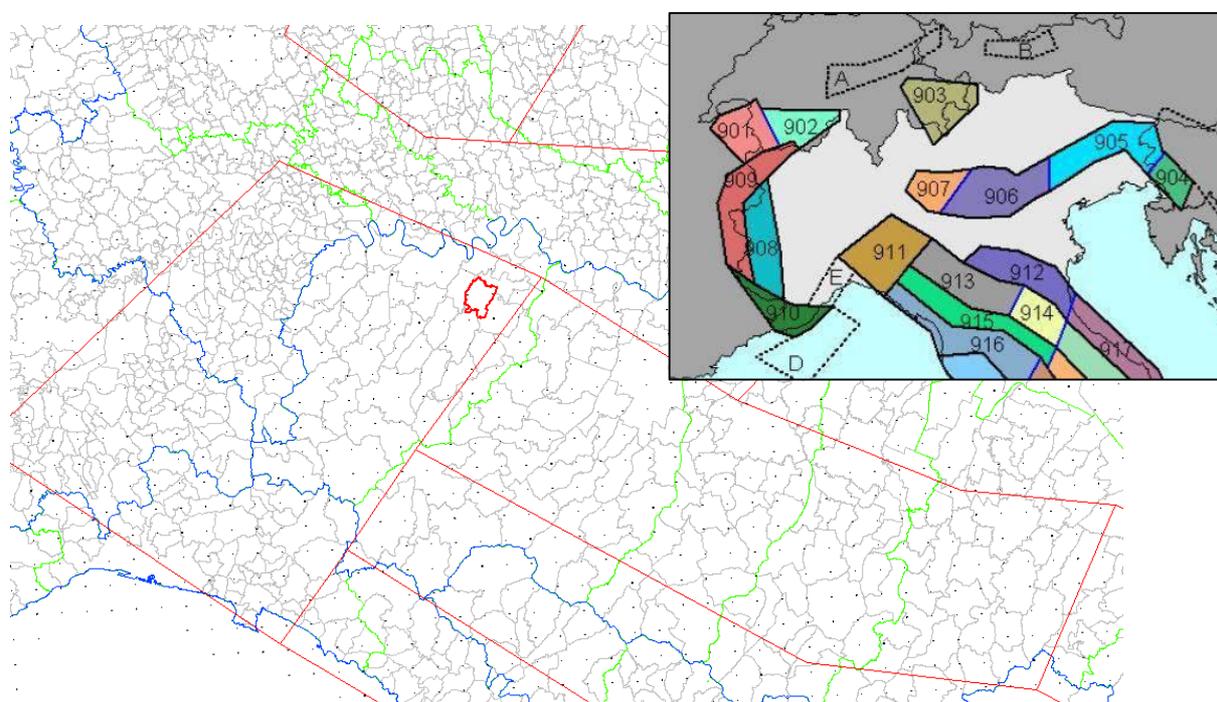


Figura 6: Zonizzazione sismogenetica ZS9 ridisegnata

Dall’esame della Figura 6 si evince che il Comune di Cadeo ricade all’interno della Zona Sismogenetica 911 e dista circa 6 Km dalla Zona 913 che fanno parte del complesso “Appennino settentrionale e centrale” (zone che vanno dalla 911 alla 923).

Tali zone ricadono in una fascia di transizione a carattere misto in cui convivono meccanismi diversi (essenzialmente compressivi a NW e distensivi a SE); si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture.

La zona Sismogenetica 911 rappresenta la porzione più esterna ed occidentale della fascia in compressione dell’Appennino Settentrionale, caratterizzata dallo sprofondamento passivo della

litosfera adriatica (placca tettonica "Adria") sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale (placca tettonica "Northern Apenninic Arc") con cinematismi attesi di sovrascorrimenti e faglie trascorrenti aventi assi SW-NE; i terremoti storici hanno raggiunto il valore massimo pari a $M_d = 4,1$; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 8 e 12 Km con profondità efficace di 8 km; nella Zona Sismogenetica 911 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a $M_{wmax2} = 6,14$.

All'interno della zona sismogenetica 913, i terremoti storici raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo; la massima magnitudo rilevata è $M_d = 4,8$; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 12 e 20 Km con profondità efficace di 13 km; nella zona sismogenetica 913 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a $M_{wmax2} = 6,14$.

3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE

Il territorio comunale di Cadeo si sviluppa nella fascia appartenente all'alta pianura piacentina, caratterizzata da paesaggi morfologici tipici delle piane alluvionali costituiti da depositi di argine/barra/canale che configurano una morfologia pianeggiante con pendenze comprese tra 0,5 e 1% e digradanti verso N.

Dal punto di vista della caratterizzazione geologica il territorio comunale risulta costituito dalla piana alluvionale costruita dagli apparati fluviali appenninici, ed in particolare dai torrenti Chiavenna, Chero e Riglio.

Nello specifico, l'intero territorio comunale è costituito da depositi alluvionali appartenenti al Sintema emiliano-romagnolo Superiore (AES) di età compresa tra il pleistocene medio e l'Olocene. Dal punto di vista litologico è costituita da ghiaie prevalenti in corrispondenza dei principali apparati fluviali (depositi di conoide e intravallivi terrazzati), passanti ad argille e limi prevalenti con locali intercalazioni sabbioso-ghiaiose nelle aree di interconoide.

Tali sedimenti appoggiano su depositi di prodelta, piattaforma, piana deltizia e di delta-conoide a litologia prevalentemente sabbiosa e limoso-sabbiosa (CMZ e ATS), presenti nel sottosuolo della pianura sino a profondità di oltre 150 m e affioranti nelle aree collinari del territorio provinciale assieme ai depositi delle formazioni marine pre-Quaternarie.

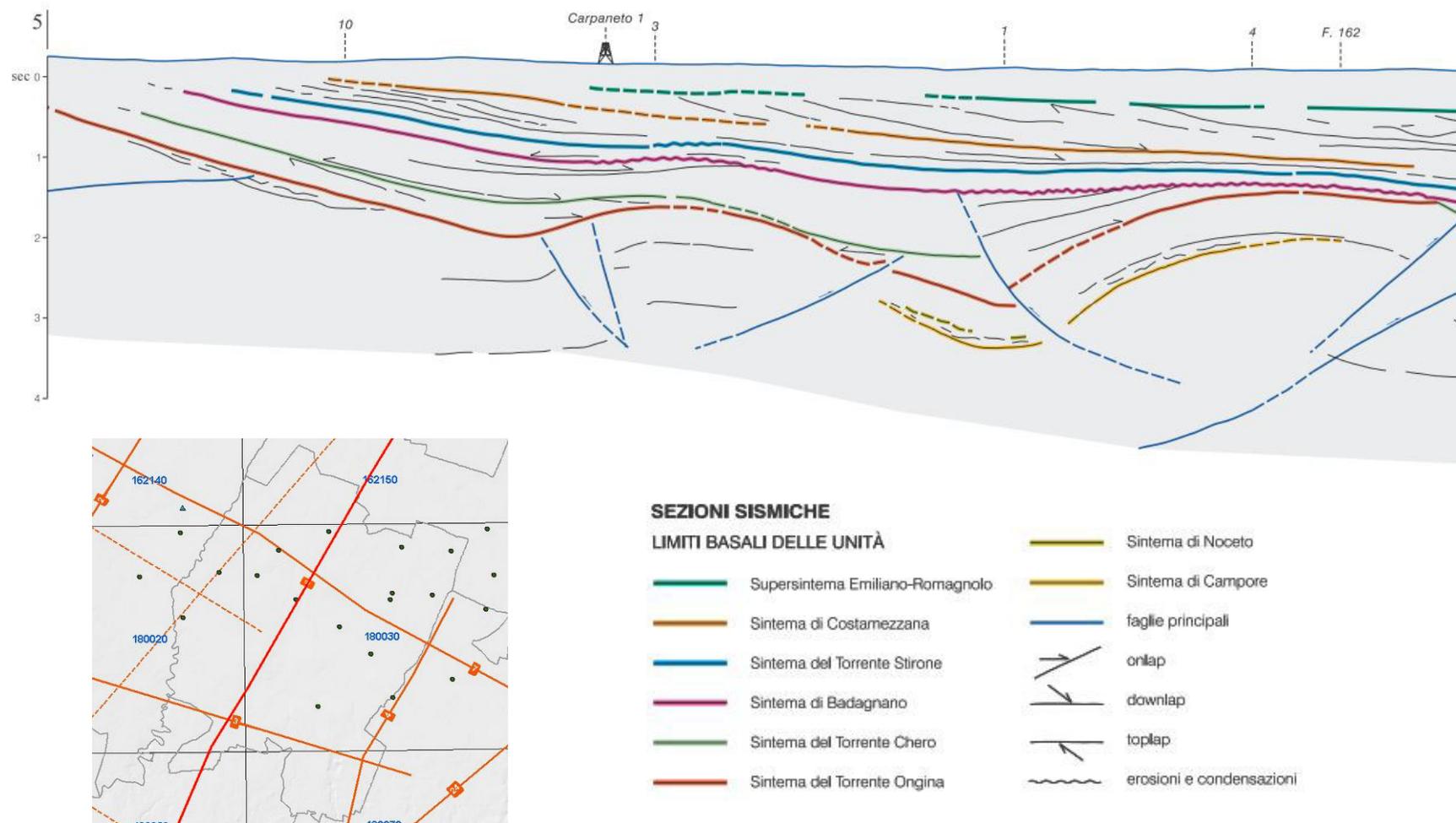


Figura 7: Estratto della sezione pubblicata n. 006 (da "Sezioni geologiche e prove geognostiche della pianura emiliano romagnola" del SGSS della Regione Emilia Romagna)

3.1 ASSETTO STRUTTURALE GENERALE

Il territorio comunale di Cadeo ricade nell'area di raccordo fra la parte esterna della catena appenninica strutturata nel Miocene superiore-Pliocene inferiore e il settore padano-adriatico in cui le deformazioni, sepolte, sono prevalentemente Pliocene superiore-quadernarie, parte delle quali tuttora attive.

L'assetto geostrutturale delle formazioni prequadernarie è caratterizzato da una successione plicativa ad anticlinali e sinclinali spesso fagliate e sovrascorse, con assi a vergenze appenniniche, la cui strutturazione è il frutto di spinte deformative provenienti da Sud-Ovest, che hanno provocato la deformazione secondo un modello a falde sovrapposte ed embrici NE vergenti (Pieri & Groppi, 1982).

Le grandi direttrici strutturali (fronti di accavallamento, pieghe, faglie), hanno pertanto direzione Nord-Ovest/Sud-Est, analogamente a quanto si riscontra in quasi tutto l'Appennino Tosco-Emiliano.

In tale schema la pianura piacentina è compresa nell'arco delle pieghe emiliane caratterizzate da due distinti fasci di thrust: il primo, più meridionale, detto fronte di accavallamento appenninico (Pedeappenninic Thrust Front, PTF), definisce il limite della catena appenninica affiorante; il secondo, detto fronte di accavallamento esterno (External Thrust Front, ETF), definisce il limite dell'appennino sepolto.

L'analisi della sismotettonica dell'Emilia-Romagna, condotta dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione, ha messo in evidenza come parte delle strutture sepolte che interessano il riempimento sedimentario Plio-Pleistocenico siano caratterizzate da attività molto recente ad attuale.

Nello specifico del territorio oggetto del presente Studio risultano attivi i sovrascorrimenti sepolti che danno luogo agli archi di Piacenza-Parma e il fronte coincidente con il margine pedeappenninico tra Salsomaggiore e la Val Taro.

Negli affioramenti lungo il margine piacentino, non sono presenti chiare evidenze di deformazioni recenti; i depositi della successione del margine si presentano pressoché indeformati e si immergono blandamente sotto i depositi alluvionali padani.

Dal punto di vista strutturale l'unica struttura importante che mostra attività tardo-quadernaria è il fronte sepolto dell'alto di Chero-Carpaneto, localizzato in pianura poco a sud di Piacenza tra le valli del Tidone e dello Stirone, prosecuzione verso SE del thrust di Stradella descritto da Benedetti et alii (2003).

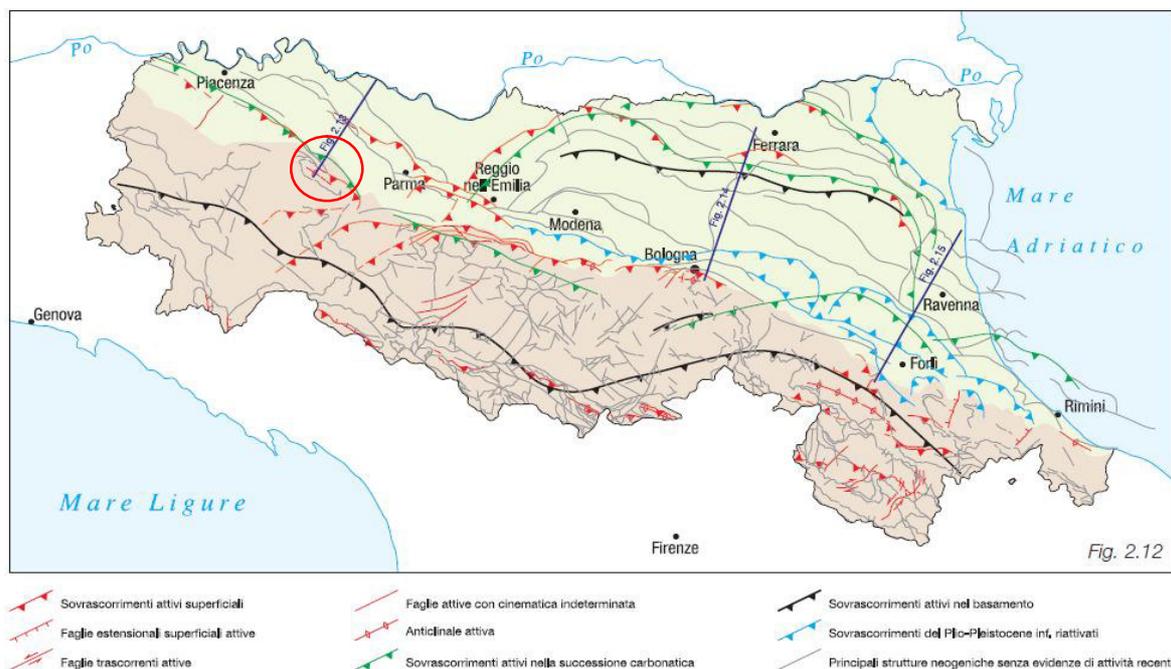


Figura 8: Strutture attive della Regione Emilia Romagna (Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna in scala 1:250.000 – SGSS Regione Emilia Romagna a cura di M. Boccaletti e L. Martelli)

4 ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA

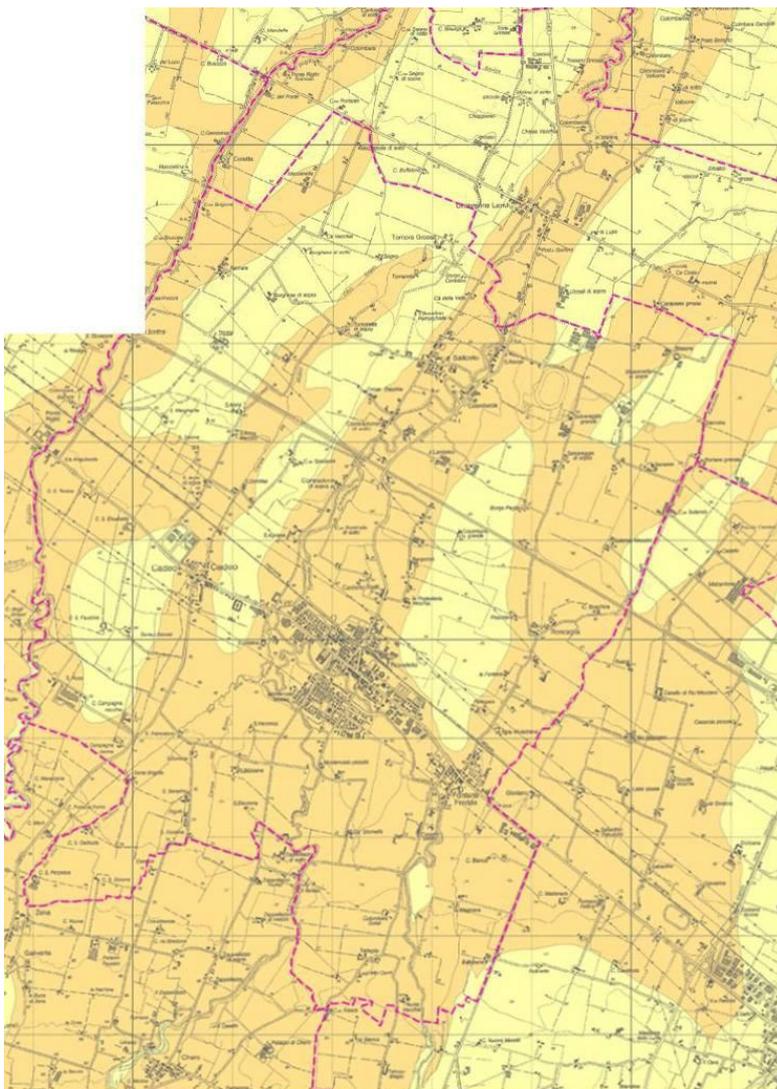
La Tavola A4 “Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali” del PTCP indica, su scala provinciale, le zone caratterizzate da differenti scenari di pericolosità locale con indicazione degli effetti locali attesi e fornisce ai Comuni i criteri su come e dove effettuare i successivi livelli di approfondimento previsti dalla DAL n.112/2007.

Nello specifico del Comune di Cadeo (v. Figura 9), sulla base di osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, sono state suddivise aree in cui sussiste il pericolo di liquefazione in relazione alla possibile presenza di depositi sabbiosi (classe S nella Tav. A4 del PTCP) e depositi detritici, depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o indifferenziati (Classe D nella Tav. A4 del PTCP).

Sulla base degli effetti attesi, il PTCP prevede quindi di effettuare successivi livelli di approfondimento relativi alla pericolosità sismica del territorio, al fine di integrare e meglio definire le informazioni elaborate alla scala provinciale; nello specifico vengono richiesti approfondimenti di II livello per le aree ricadenti in Classe D e di III livello per le aree ricadenti in Classe S (II se si esclude il rischio di liquefazione).

Legenda

- F1i Frane attive con inclinazione critica (pendenza > 15° e dislivello >= 30 m)
- F1 Frane attive
- F2i Frane quiescenti con inclinazione critica (pendenza > 15° e dislivello >= 30 m)
- F2 Frane quiescenti
- Di Depositi detritici, depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o indifferenziati, substrato roccioso con Vs30 < 800 m/s e assimilabili con inclinazione critica (pendenza > 15° e dislivello >= 30 m)
- Si Depositi alluvionali sabbiosi con inclinazione critica (pendenza > 15° e dislivello >= 30 m)
- Ci Depositi alluvionali argillosi con inclinazione critica (pendenza > 15° e dislivello >= 30 m)
- S Depositi alluvionali sabbiosi
- C Depositi alluvionali argillosi
- T Zone di contatto tettonico
- I Aree con inclinazione critica (pendenza > 15° e dislivello >= 30 m)
- D Depositi detritici, depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o indifferenziati, substrato roccioso con Vs30 < 800 m/s e assimilati
- R Substrato roccioso rigido (Vs30 >= 800 m/s)



CLASSE	EFFETTI DI SITO					LIVELLO DI APPROFONDIMENTO (rif. Delib. A.L. n. 112/2007)
	amplificazione litologica	amplificazione topografica	instabilità di versante	cedimenti	liquefazione	
P1i	X	X	X			III
F1	X		X			III
F2i	X	X	X			III
F2	X		X			III
Di	X	X	X			III
Si	X	X	X		X	III (classe Di se si esclude il rischio di liquefazione)
Ci	X	X	X	X		III (classe Di se si esclude il rischio di cedimenti)
S	X				X	III (II, classe D, se si esclude il rischio di liquefazione)
C	X			X		III (II, classe D, se si esclude il rischio di cedimenti)
T	X					II (III, classe Di, in caso di inclinazione critica degli eventuali orizzonti di alterazione/stratificazione di spessore > 5m)
I		X				II (II, classe Di, in caso di orizzonti di alterazione/stratificazione di spessore > 5m)
D	X					II
R						I (II, classe D, in caso di orizzonti di alterazione/stratificazione di spessore > 5m)

Figura 9: Stralcio della Tav. A4 “Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali” del PTCP

Di seguito vengono pertanto descritte le valutazioni di compatibilità geologico sismiche delle aree urbanizzate del Comune di Cadeo, adeguate a quanto previsto dalla DAL n.112/2007 ed alle indicazioni contenute nella Tav. A4 del PTCP e disciplinati dall’art. 33 della NTA.

4.1 ROVELETO

4.1.1 Indagini disponibili

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata attingendo dagli archivi del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (SGSS) e dalle elaborazioni di indagini fornite direttamente dall'Ufficio tecnico del Comune di Cadeo.

Le indagini raccolte sono costituite da stratigrafie di pozzi per acqua (5), sondaggi a carotaggio continuo (3) con i relativi dati di Standard Penetration Test SPT, prove penetrometriche statiche CPT (21), prove penetrometriche dinamiche DPM30 (6) e indagini geofisiche tipo MASW (3).

In considerazione della notevole densità di dati provenienti da indagini geotecniche in sito e della omogeneità delle condizioni geologiche e geotecniche dell'area, nel presente Studio non è stato ritenuto opportuno integrare i dati con ulteriori indagini in sito.

L'ubicazione delle indagini disponibili è riportata in Tavola 01 – Carta delle Indagini.

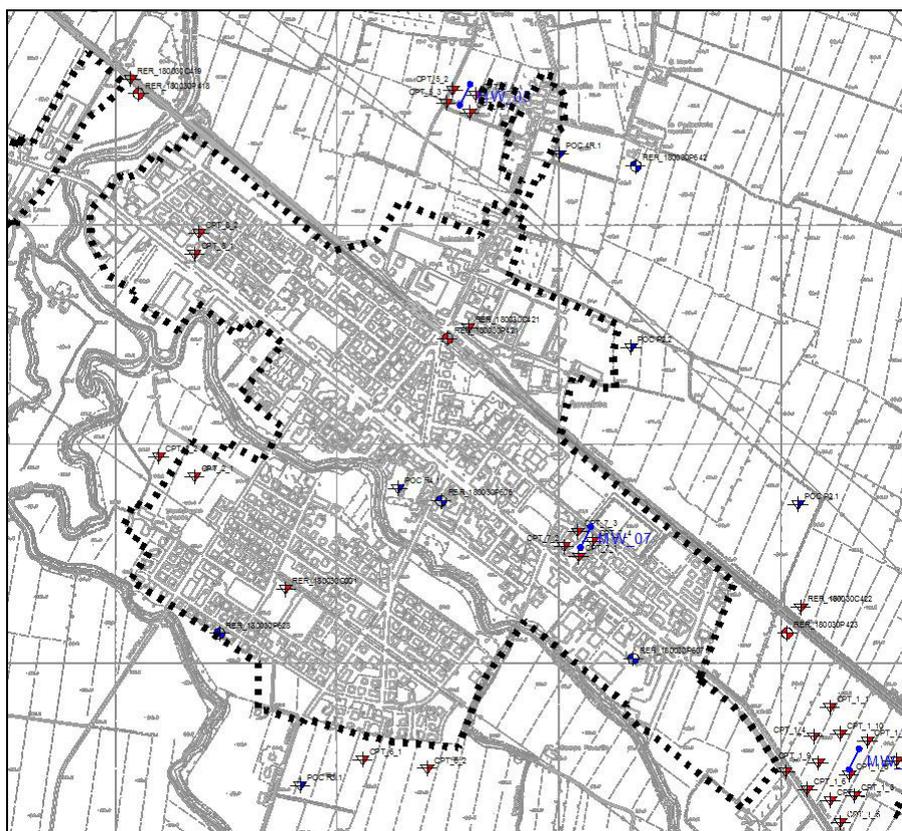


Figura 10: Indagini geognostiche e geofisiche disponibili

4.1.2 Successione stratigrafica

Dall'interpretazione dei dati disponibili risulta che l'assetto stratigrafico in sottosuolo è costituito da una copertura quaternaria continentale di spessore superiore ai 150m m (con spessori che aumentano progressivamente verso la pianura).

Tali depositi appartengono ai cicli sedimentari AES (v. cap.3) e sono costituiti da estesi corpi tabulari di ghiaie sabbiose, sabbie e limi con grado di addensamento, cementazione e spessore molto variabili.

Tali sedimenti appoggiano su depositi di prodelta, piattaforma, piana deltizia e di delta-conoide a litologia prevalentemente sabbiosa e limoso-sabbiosa (CMZ e ATS).

I terreni superficiali sono costituiti da depositi di canale, argine e rotta fluviale, costituiti prevalentemente da materiali a grana fine (argille limose, limi argillosi e localmente limi sabbiosi). Tali depositi presentano al loro interno livelli discontinui di corpi ghiaiosi immersi in abbondante matrice sabbiosa e/o sabbioso-limosa. Il livello ghiaioso più superficiale risulta generalmente attestato a profondità variabili dai 10 ai 15 m da p.c.

Quanto sopra detto trova conferma nei grafici di Figura 11 in cui sono riportati i profili di resistenza alla punta (q_c), ottenuti durante prove penetrometriche statiche CPT e dinamiche DPM30 effettuate in diverse aree del capoluogo.

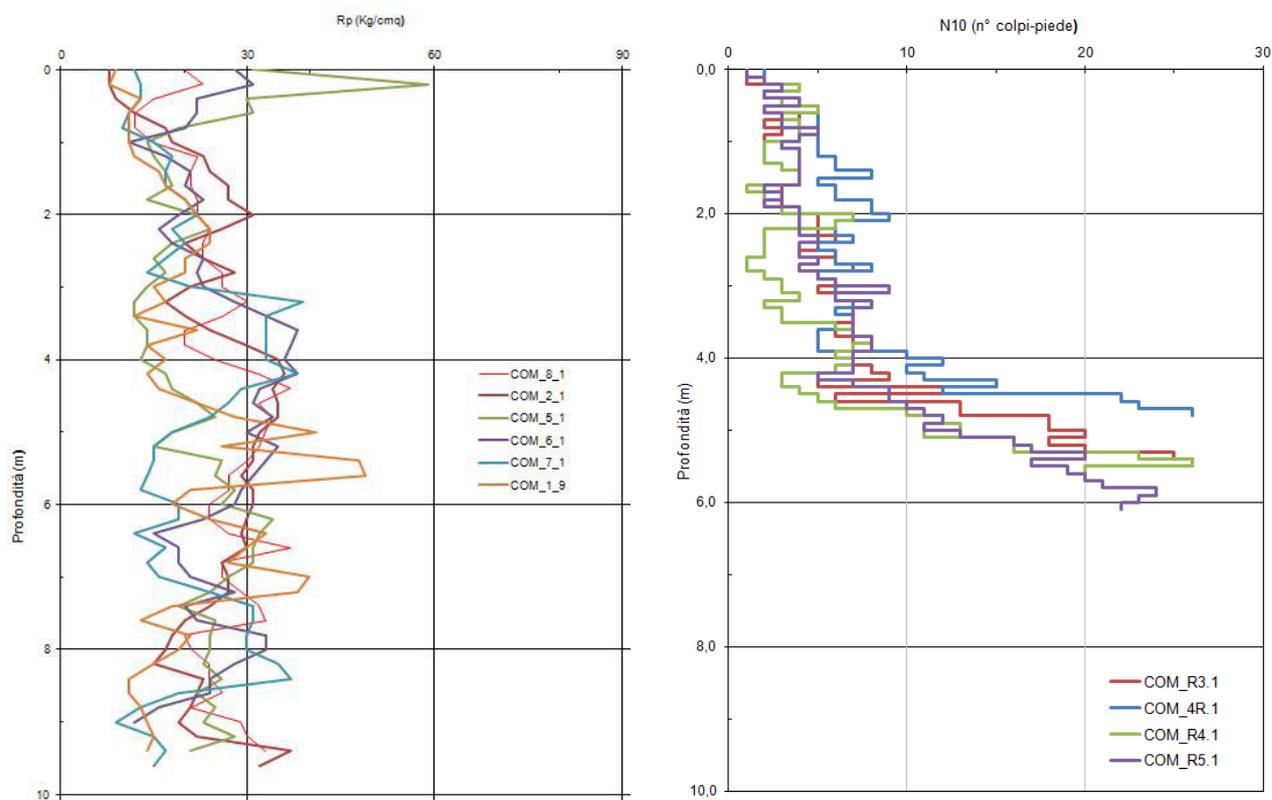


Figura 11: Elaborazione prove penetrometriche disponibili

L'assetto litostratigrafico di riferimento è schematizzato in Tavola 03 - Sezioni litostratigrafiche ricostruite sulla base dei dati ottenuti dalle indagini disponibili.

Dal punto di vista morfologico l'area è sostanzialmente pianeggiante con quote medie che si attestano tra 68 e 63 m s.l.m, con pendenze comprese tra 0,3 e 0,5% debolmente digradanti verso N.

Dal punto di vista idrogeologico, i depositi porosi-permeabili corrispondenti al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) sono sede del serbatoio acquifero più superficiale (Gruppo Acquifero "A" secondo quanto riportato nel volume "Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna", Di Dio et alii, 1998).

La superficie piezometrica presenta una direzione di flusso verso nord-est, con soggiacenze molto ridotte variabili da 1 a 2 m dal p.c (v. Tav. Q.C.27 "Carta Idrogeologica" del PSC) e oscillazioni stagionali in grado di innalzare il livello freatico sino a quote prossime al piano campagna.

4.1.3 Indagini geofisiche

L'ubicazione delle indagini MASW disponibili all'interno del territorio urbanizzato di Roveleto è riportata in Tav. 01 'Carta delle indagini' e in Tav. 04 'Carta delle Velocità delle onde S'; in quest'ultima, oltre all'ubicazione della prova, è riportato anche il valore della Vs30 rilevato.

All'interno del territorio urbanizzato di Roveleto e nel suo stretto intorno sono disponibili n. 4 indagini MASW, i cui dati consentono di effettuare alcune considerazioni generali relativamente alle caratteristiche sismo-elastiche dei terreni sub-superficiali (30 - 40 m di profondità di indagine).

La velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità, determinata mediante prove MASW (pregresse e di nuova realizzazione), risulta molto omogenea compresa tra circa 250 - 270 m/s.

Si osserva inoltre come tutte le aree indagate sono caratterizzate dalla presenza in superficie di un primo livello di terreno con spessore compreso tra 8 m e 15 m, caratterizzato da valori modesti di Vs30 compresi tra circa 100 - 250 m/s.

Inferiormente si rileva la presenza di mezzi aventi rigidità più elevata, corrispondenti evidentemente ai corpi prevalentemente ghiaiosi, con valori di Vs 30 compresi tra circa 310 - 520 m/s.

Dai diagrammi si osserva, al di sotto del primo livello ghiaioso, un generale aumento delle velocità delle onde di taglio con la profondità; solo in corrispondenza della prova MW_01 si registra un'inversione di velocità all'incirca alla profondità di 12÷13 m da p.c.

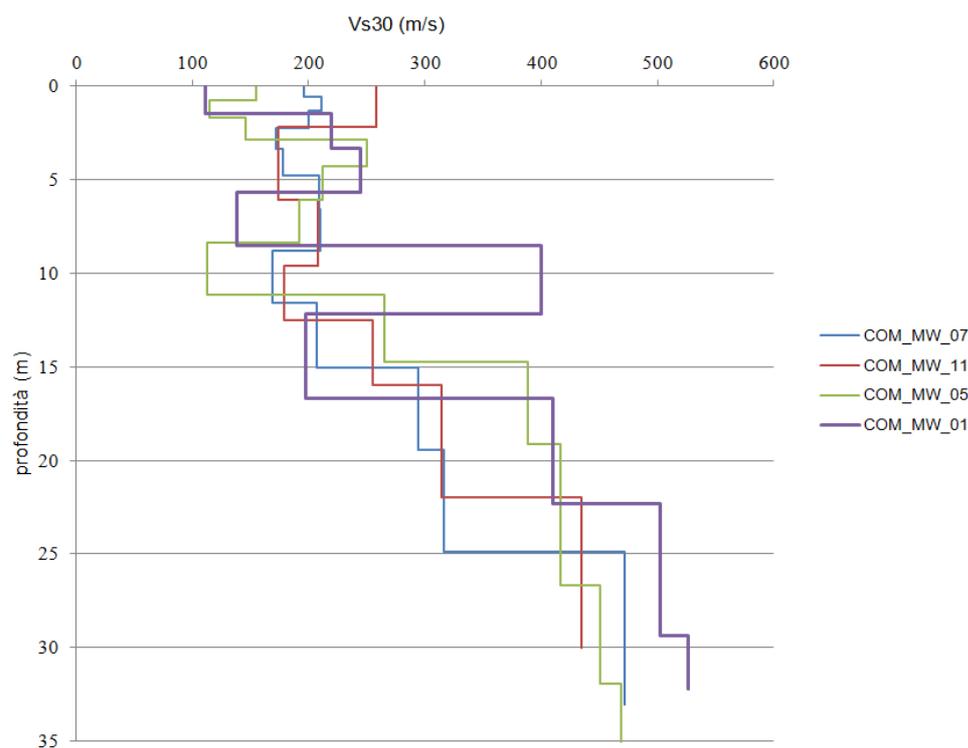


Figura 12: Profili di Vs30 relativi ai siti indagati all'interno dell'area di pertinenza di Roveleto

Alla luce dei dati desunti dalle indagini MASW disponibili è possibile effettuare una stima dei fattori di amplificazione sismica dell'area, mediante l'utilizzo degli abachi di riferimento per gli effetti litostratigrafici previsti nell'Allegato A2 della Delibera dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, 112 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Nel caso specifico, per il calcolo dei fattori di amplificazione FA_{PGA} , $FA_{0.1-0.5S}$ e $FA_{0.5-1S}$, sono stati considerati gli abachi relativi all'Ambito Pianura 2 caratterizzato da un profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo ≥ 100 m da p.c. (v. A2.1.2 degli Indirizzi Regionali).

F.A. P.G.A.

V _{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE – 0,1s<T₀<0,5s.

V _{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE – 0,5s<T₀<1,0s.

V _{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0

Figura 13: Fattori di amplificazione per l'Ambito Pianura 2 previsti dalla DAL n.112/2007

Dai risultati ottenuti si evince che tutta l'area studiata è suscettibile di amplificazioni caratterizzate da $FA_{PGA} = 1,5$ - $FA_{0,1-0,5S} = 1,8$ - $FA_{0,5-1S} = 2,3$.

La microzonazione sismica del territorio urbanizzato di Roveleto è riportata in Tavola 05.

4.1.4 Analisi della pericolosità di liquefazione dei terreni

Sulla base dei dati della cartografia geologica regionale, la Tavola A4 del PTCP - Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali alla scala 1:25.000, evidenzia la presenza di depositi sabbiosi potenzialmente liquefacibili, all'interno dell'intero territorio urbanizzato di Roveleto (v. Figura 9).

Il fenomeno della liquefazione interessa depositi prevalentemente sabbiosi saturi che, durante ed immediatamente dopo una sollecitazione di tipo ciclico, subiscono una drastica riduzione della resistenza al taglio.

La causa principale della liquefazione è il sorgere di un notevole aumento delle pressioni interstiziali, che assumono valori prossimi a quelli delle pressioni totali, realizzando condizioni di resistenza al taglio praticamente nulla: il terreno si comporta come un liquido.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 14(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 14(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

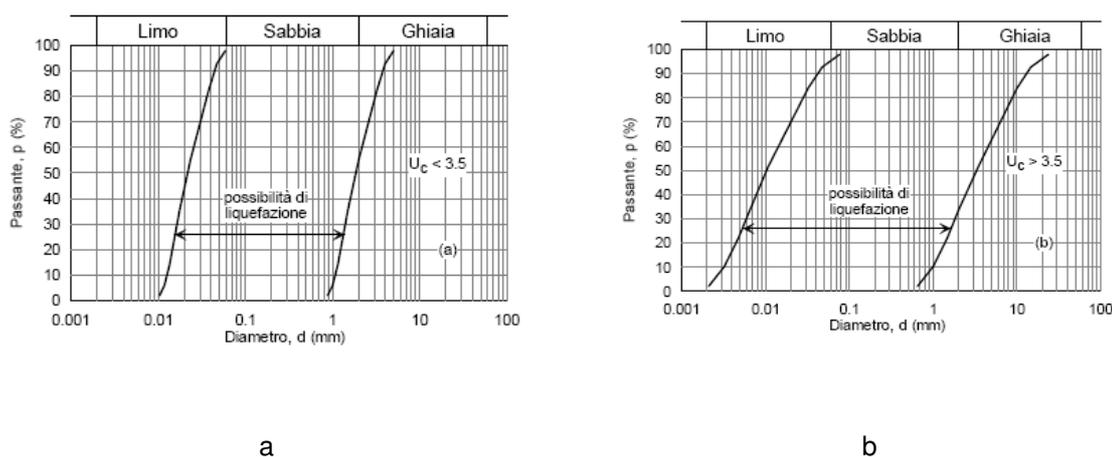


Figura 14: Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione

Non essendo noto con precisione il fuso granulometrico caratteristico dei terreni, ma essendo presenti tutti gli altri fattori predisponenti al fenomeno, si procede di seguito alla verifica di liquefazione mediante metodi analitici semplificati.

Al riguardo sono stati utilizzati i dati ottenuti dalle seguenti prove penetrometriche statiche, ritenuti rappresentativi del territorio in esame: CPT_8_2, CPT_5_1, CPT_7_2, CPT_2_1.

4.1.4.1 Descrizione del metodo di analisi

I metodi analitici semplificati per la verifica di liquefazione si esprimono attraverso coefficiente di sicurezza calcolato come rapporto fra la resistenza al taglio mobilabile CRR, funzione delle

caratteristiche meccaniche dello strato, e lo sforzo tagliante indotto dal sisma CSR, che dipende dai parametri del sisma di progetto.

La suscettibilità alla liquefazione può essere valutata con metodi analitici semplificati attraverso un coefficiente di sicurezza calcolato come rapporto fra la resistenza al taglio mobilabile CRR, funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, e lo sforzo tagliante indotto dal sisma CSR, che dipende dai parametri del sisma di progetto.

Si può escludere la liquefazione quando tale rapporto è maggiore di 1.

$$F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

Il valore di CSR è calcolato come proposto Seed e Idriss (1971) con la seguente espressione:

$$CSR = 0.65 \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \right) \cdot r_d$$

dove:

a_{\max} = accelerazione sismica massima (m/s²);

g = accelerazione di gravità (m/s²);

σ_{v0} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c. (m);

σ'_{v0} = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c. (m);

r_d = coefficiente funzione della profondità dal p.c. calcolabile con le seguenti espressioni proposte dal NCEER:

$$r_d = 1.0 - 0.00765 \cdot z \text{ per } z \leq 9.15 \text{ m}$$

$$r_d = 1.174 - 0.0267 \cdot z \text{ per } 9.15 \text{ m} < z \leq 23 \text{ m}$$

$$r_d = 0.074 - 0.08 \cdot z \text{ per } 23 \text{ m} < z \leq 30 \text{ m}$$

$$r_d = 0.5 \text{ per } z > 30 \text{ m}$$

Alla domanda di resistenza ciclica alla liquefazione è possibile applicare un fattore di sicurezza aggiuntivo, il cui valore tipico è pari a 1.2, per tenere conto delle pressioni interstiziali e delle deformazioni che si verificano durante il sisma:

$$CSR_{fs} = 1.2 \text{ CSR}$$

La capacità di resistenza alla liquefazione può essere ricavata attraverso correlazioni con i dati ottenuti da prove penetrometriche dinamiche, statiche o di sismica a rifrazione.

I valori di CRR ottenuti da tali correlazioni sono solitamente riferiti a eventi sismici di magnitudo pari a 7.5; si utilizza quindi un coefficiente di correzione della magnitudo MSF.

$$CRR_M = CRR_{7.5} \cdot MSF$$

MSF viene valutato diversamente a seconda del tipo di prova utilizzato. Per le prove SPT e CPT ed eventi sismici di magnitudo < 7.5 si utilizza la formula di Youd et al. (2001):

$$MSF = 10^{2.84} / M^{3.24}$$

Valutazione dei depositi argilloso limosi sulla base dei risultati delle prove CPT:

$$CRR_{7.5} = 0.833 * (q_{c1N})_{cs} / 1000 + 0.05 \text{ per } (q_{c1N})_{cs} < 50$$

$$CRR_{7.5} = 93 * ((q_{c1N})_{cs} / 1000)^3 + 0.05 \text{ per } 50 < (q_{c1N})_{cs} < 160$$

Dove $(q_{c1N})_{cs}$ è la resistenza alla punta normalizzata a circa 100 kPa (1 atm) e corretta per il contenuto in materiali fini calcolata secondo il metodo di Robertson & Write modificato.

Si evidenzia che, facendo riferimento alla Carta di Robertson (1990), il tipo di suolo può essere definito per mezzo dell'indice I_c , calcolato secondo la seguente equazione:

$$I_c = [(3,47 - \log Q)^2 + (1,22 + \log F)^2]^{0.5}$$

dove

$$Q = [(qc - \sigma_{v0}) / P_a] * [(P_a / \sigma'_{v0})^n]$$

$$F = [f_s / (qc - \sigma_{v0})] * 100\%$$

Se il calcolo di I_c con esponente $n=1$ risulta > 2,6 il suolo è classificato come argilloso e non è considerato a rischio per la liquefazione.

Zona	Tipo di suolo	Indice I_c
2	Terreni organici (torbe)	$I_c > 3,60$
3	Argilla (da argilla limosa a argilla)	$2,95 < I_c < 3,60$
4	Miscele di limo (da limo argilloso a argilla limosa)	$2,60 < I_c < 3,95$
5	Miscele di sabbia (da sabbia limosa a limo sabbioso)	$2,05 < I_c < 2,60$
6	Sabbie (da pulite a limose)	$1,31 < I_c < 2,05$
7	Sabbia ghiaiosa	$I_c < 1,31$

Figura 15: Classificazione dei terreni in base alla carta di Robertson (1990)

Nella successive tabelle viene riportato il fattore di sicurezza alla liquefacibilità in funzione della profondità, calcolato con il metodo di Robertson & Write modificato per le prove CPT considerate, considerando quali dati di input: Magnitudo $M_w = 6.14$ (magnitudo momento massima prevista per la Zona sismogenetica 911), $A_{max} = 1,62 \text{ m/s}^2$ e falda a piano campagna:

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT_8_2												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	0	0							
0,4	7,4	7,4	1,00	1000	107	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	2100	87	2,19	0,20	0,40	1,00	0,11	3,76	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	2400	100	2,23	0,27	0,54	0,99	0,11	5,07	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1800	80	2,39	0,41	0,84	0,99	0,11	7,90	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1300	67	2,56	0,21	0,42	0,99	0,12	3,58	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1300	60	2,55	0,21	0,42	0,99	0,13	3,33	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1400	53	2,49	0,24	0,48	0,99	0,13	3,63	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	2100	53	2,25	0,18	0,36	0,99	0,14	2,61	non liquefacibile
2	37	27	0,98	2200	67	2,32	0,28	0,57	0,98	0,14	3,94	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	2000	67	2,40	0,53	1,07	0,98	0,15	7,18	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	2100	93	2,49	0,61	1,24	0,98	0,15	8,06	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	2000	80	2,49	0,54	1,09	0,98	0,16	6,94	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	2300	13	1,92	0,10	0,20	0,98	0,16	1,22	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	2500	13	1,89	0,10	0,20	0,98	0,16	1,22	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	2400	60	2,33	0,25	0,50	0,98	0,17	3,02	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	2600	87	2,41	0,55	1,11	0,97	0,17	6,59	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	2500	80	2,43	0,52	1,06	0,97	0,17	6,18	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	2900	87	2,37	0,36	0,73	0,97	0,17	4,22	non liquefacibile
4	74	44	0,97	2800	87	2,41	0,42	0,86	0,97	0,18	4,89	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	2800	87	2,42	0,43	0,88	0,97	0,18	5,00	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	2200	60	2,47	0,46	0,94	0,97	0,18	5,25	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	2600	100	2,53	0,67	1,37	0,96	0,18	7,65	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	3300	107	2,41	0,44	0,91	0,96	0,18	5,01	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	3500	167	2,53	1,39	2,83	0,96	0,18	15,57	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	3500	180	2,56	1,33	2,71	0,96	0,18	14,80	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	3500	180	2,57	1,27	2,59	0,96	0,18	14,09	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	3500	167	2,56	1,22	2,48	0,96	0,18	13,45	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	3600	180	2,57	1,27	2,58	0,96	0,19	13,91	non liquefacibile
6	111	61	0,95	3200	167	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	3000	120	2,58	0,71	1,45	0,95	0,19	7,75	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	2700	140	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	2500	140	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	2500	140	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	2600	120	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	2800	133	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	2400	127	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	2500	167	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	2900	127	2,68	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	2900	100	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	2500	113	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	2100	120	2,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	2100	120	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	2000	127	2,97	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	2500	127	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	2600	140	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	89,9	0,92	3000	153	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,6	177,6	91,6	0,92	3300	173	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 3: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT_8_2 (Roveleto O)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT_5_1												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00									
0,4	7,4	7,4	1,00	5900	73	1,43	0,19	0,38	1,00	0,11	3,59	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	3000	127	2,12	0,23	0,46	1,00	0,11	4,33	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	3100	87	2,03	0,17	0,34	0,99	0,11	3,15	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1900	133	2,53	0,47	0,96	0,99	0,11	9,02	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1400	100	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1500	100	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1700	153	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	1800	153	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2	37	27	0,98	1400	127	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	2200	113	2,51	0,69	1,40	0,98	0,15	9,36	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	2400	67	2,30	0,26	0,52	0,98	0,15	3,39	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	1800	53	2,43	0,41	0,84	0,98	0,16	5,34	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	1500	60	2,60	0,27	0,56	0,98	0,16	3,45	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	1700	53	2,50	0,35	0,71	0,98	0,16	4,35	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	1400	53	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	1200	40	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	1200	20	2,50	0,16	0,32	0,97	0,17	1,87	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	1400	47	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4	74	44	0,97	1400	107	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	1300	133	3,04	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	1700	153	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	1800	187	2,97	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	2200	160	2,80	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	2500	93	2,56	0,56	1,14	0,96	0,18	6,24	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	1800	113	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	1500	107	2,95	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	2600	167	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	2500	147	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	2800	147	2,68	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	2600	180	2,80	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	3400	213	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	3200	227	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	3100	233	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	3100	180	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	2700	153	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	2400	120	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	1900	153	3,01	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	2500	160	2,85	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	2400	153	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	2400	127	2,82	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	2300	147	2,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	2600	153	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	2200	153	2,96	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	2500	133	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	2300	160	2,96	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	89,9	0,92	2800	160	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 4: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT 5_1 (Roveleto N)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT_7_1												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	0	0	-	-	-	-	-	-	-
0,4	7,4	7,4	1,00	1200	47	2,21	0,15	0,31	1,00	0,11	2,94	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	1300	73	2,42	0,21	0,42	1,00	0,11	3,92	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	1300	87	2,56	0,21	0,42	0,99	0,11	3,92	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1100	113	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1000	87	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1500	93	2,60	0,27	0,56	0,99	0,13	4,42	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1800	93	2,51	0,41	0,84	0,99	0,13	6,33	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	1700	113	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2	37	27	0,98	1700	140	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	2000	127	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	2200	127	2,57	0,69	1,40	0,98	0,15	9,11	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	1800	107	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	2000	127	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	1700	100	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	1400	113	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	2100	87	2,55	0,52	1,07	0,97	0,17	6,31	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	3900	33	1,89	0,13	0,26	0,97	0,17	1,55	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	3300	207	2,57	1,60	3,26	0,97	0,17	18,79	non liquefacibile
4	74	44	0,97	3300	227	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	3300	213	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	3800	93	2,26	0,24	0,50	0,97	0,18	2,80	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	2900	213	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	2700	207	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	2400	187	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	1800	153	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	1500	113	2,97	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	1500	100	2,94	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	1400	53	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	1300	60	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	1900	60	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	1900	100	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	1200	80	3,08	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	1700	53	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	1400	67	2,94	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	1600	27	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	2400	80	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	3100	153	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	3100	180	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	3000	173	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	3000	147	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	3500	160	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	3700	73	2,40	0,18	0,36	0,93	0,19	1,89	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	1900	140	3,03	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	1300	107	3,22	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	900	73	3,38	-	-	-	-	-	0,95
9,4	173,9	89,9	0,92	1500	140	3,21	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,6	177,6	91,6	0,92	1700	100	3,03	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,8	181,3	93,3	0,91	1500	100	3,13	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 5: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT 7_1 (Roveleto E)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT_2_1												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	800	33	2,16	0,11	0,22	1,00	0,11	2,08	non liquefacibile
0,4	7,4	7,4	1,00	800	53	2,50	0,11	0,22	1,00	0,11	2,08	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	900	100	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	1200	60	2,48	0,18	0,36	0,99	0,11	3,41	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1700	100	2,50	0,36	0,73	0,99	0,11	6,89	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1800	127	2,57	0,41	0,84	0,99	0,12	7,20	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	2300	140	2,48	0,77	1,58	0,99	0,13	12,57	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	2400	153	2,51	0,87	1,77	0,99	0,13	13,32	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	2700	167	2,48	1,20	2,45	0,99	0,14	17,60	non liquefacibile
2	37	27	0,98	2700	167	2,50	1,20	2,45	0,98	0,14	16,93	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	3100	180	2,46	1,78	3,63	0,98	0,15	24,24	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	2600	100	2,38	0,63	1,29	0,98	0,15	8,36	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	2000	47	2,33	0,21	0,43	0,98	0,16	2,75	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	2300	67	2,36	0,35	0,71	0,98	0,16	4,41	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	2800	87	2,34	0,37	0,76	0,98	0,16	4,65	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	2100	40	2,30	0,16	0,33	0,98	0,17	2,00	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	1700	40	2,45	0,32	0,64	0,97	0,17	3,80	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	2000	80	2,57	0,44	0,90	0,97	0,17	5,23	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	2400	113	2,57	0,66	1,35	0,97	0,17	7,81	non liquefacibile
4	74	44	0,97	3000	87	2,36	0,33	0,67	0,97	0,18	3,81	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	3500	113	2,36	0,41	0,83	0,97	0,18	4,70	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	3600	160	2,47	1,29	2,63	0,97	0,18	14,78	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	3400	167	2,53	1,41	2,87	0,96	0,18	15,97	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	3500	167	2,52	1,46	2,97	0,96	0,18	16,41	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	3500	160	2,52	1,39	2,83	0,96	0,18	15,57	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	3200	173	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	3100	173	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	3100	173	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	2900	160	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	3100	160	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	3100	160	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	3000	173	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	2900	160	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	3000	107	2,57	0,64	1,31	0,95	0,19	6,93	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	2600	100	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	2700	100	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	2700	67	2,53	0,37	0,75	0,94	0,19	3,96	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	2400	93	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	2000	33	2,55	0,22	0,45	0,94	0,19	2,34	non liquefacibile
8	148	78	0,94	1800	53	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	1700	60	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	1500	47	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	1500	33	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	2300	27	2,45	0,12	0,24	0,93	0,19	1,27	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	2200	100	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	2100	113	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	89,9	0,92	1900	47	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,6	177,6	91,6	0,92	2200	140	2,96	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,8	181,3	93,3	0,91	3700	140	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10	185	95	0,91	3200	140	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 6: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT_2_1 (Roveleto S)

Come si evince dalle tabelle precedenti all'interno dei depositi presenti nel territorio urbanizzato di Roveleto il rischio di liquefazione, di cui peraltro non si ha memoria storica in zona, può essere considerato trascurabile.

A conferma di quanto sopra evidenziato si segnala anche che i profili stratigrafici di alcuni sondaggi a carotaggio continuo realizzati a cavallo della linea ferroviaria che attraversa l'abitato di Roveleto (RER 180030P418, RER 180030P421 e RER 180030P423) e le elaborazioni delle prove penetrometriche effettuate all'interno del territorio, non evidenziano la presenza di strati significativi di sabbie e/o limi sabbiosi (v. Allegato 1).

4.2 CADEO

4.2.1 Indagini disponibili

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata attingendo dagli archivi del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (SGSS) e dalle elaborazioni di indagini fornite direttamente dall'Ufficio tecnico del Comune di Cadeo.

Le indagini raccolte sono costituite da stratigrafie di pozzi per acqua (3), sondaggi a carotaggio continuo (2) con i relativi dati di Standard Penetration Test SPT, prove penetrometriche statiche CPT (6), prove penetrometriche dinamiche DPM30 (2) e indagini geofisiche tipo MASW (2).

L'ubicazione delle indagini disponibili è riportata in Tavola 01 – Carta delle Indagini.

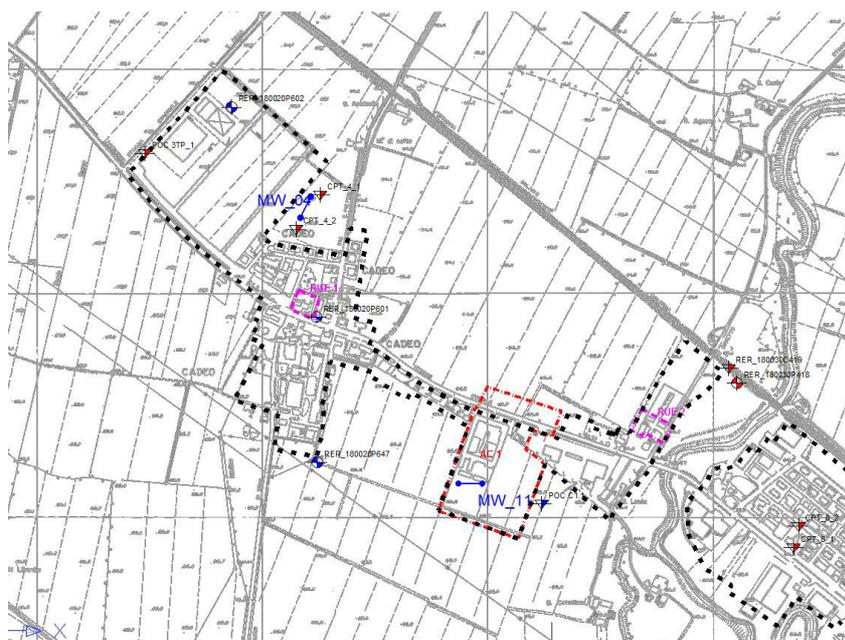


Figura 16: Indagini geognostiche e geofisiche disponibili

4.2.2 Successione stratigrafica

Dall'interpretazione dei dati disponibili risulta che l'assetto stratigrafico in sottosuolo è costituito da una copertura quaternaria continentale di spessore superiore ai 150m m (con spessori che aumentano progressivamente verso la pianura).

Tali depositi appartengono ai cicli sedimentari AES (v. cap.3) e sono costituiti da estesi corpi tabulari di ghiaie sabbiose, sabbie e limi con grado di addensamento, cementazione e spessore molto variabili.

Tali sedimenti appoggiano su depositi di prodelta, piattaforma, piana deltizia e di delta-conoide a litologia prevalentemente sabbiosa e limoso-sabbiosa (CMZ e ATS).

I terreni superficiali sono costituiti da depositi di canale, argine e rotta fluviale, costituiti prevalentemente da materiali a grana fine (argille limose, limi argillosi e limi sabbiosi). Tali depositi presentano al loro interno livelli discontinui di corpi ghiaiosi immersi abbondante matrice sabbiosa e/o sabbioso-limosa; il livello ghiaioso più superficiale risulta generalmente attestato a profondità variabili dai 7 ai 12 m da p.c.

Quanto sopra detto trova conferma nei grafici di Figura 11 in cui sono riportati i profili di resistenza alla punta (q_c), ottenuti durante prove penetrometriche statiche CPT e dinamiche DPM30 effettuate in diverse aree del capoluogo.

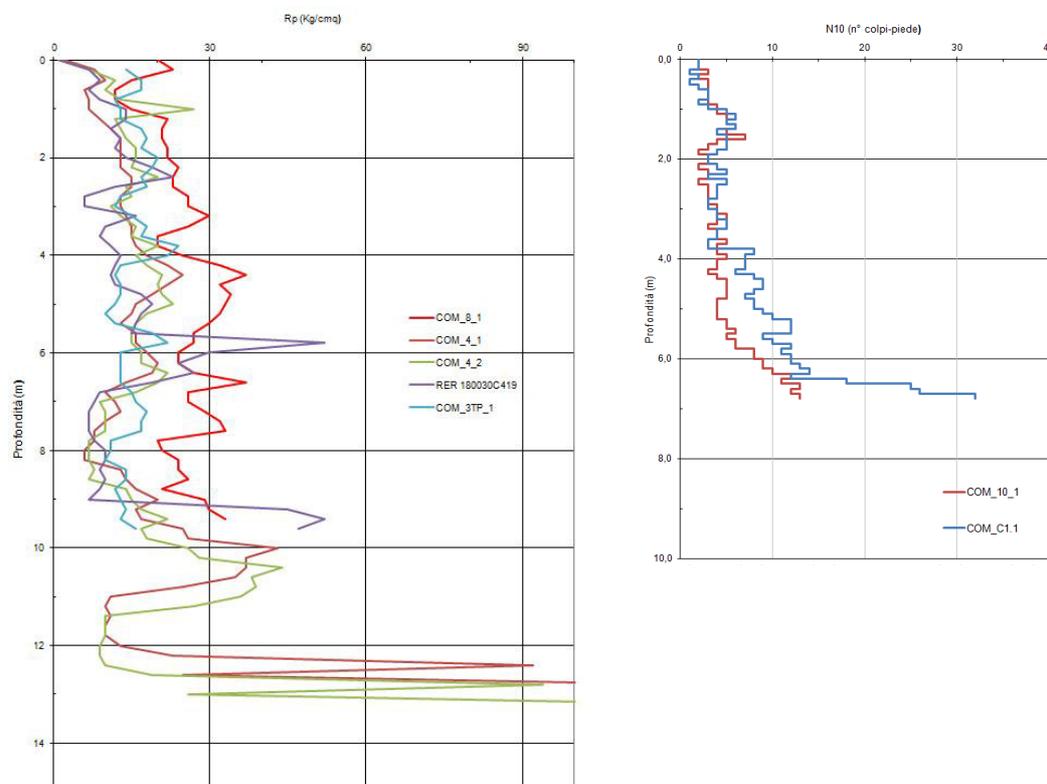


Figura 17: Elaborazione prove penetrometriche disponibili

L'assetto litostratigrafico di riferimento è schematizzato in Tavola 03 - Sezioni litostratigrafiche ricostruite sulla base dei dati ottenuti dalle indagini disponibili.

Dal punto di vista morfologico l'area è sostanzialmente pianeggiante con quote medie che si attestano tra 68 e 62 m s.l.m, con pendenze comprese tra 0,3 e 0,5% debolmente digradanti verso N.

Dal punto di vista idrogeologico, i depositi porosi-permeabili corrispondenti al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) sono sede del serbatoio acquifero più superficiale (Gruppo Acquifero "A" secondo quanto riportato nel volume "Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna", Di Dio et alii, 1998).

La superficie piezometrica presenta una direzione di flusso verso nord-est, con soggiacenze molto ridotte variabili da 1 a 2 m dal p.c (v. Tav. Q.C.27 "Carta Idrogeologica" del PSC) e oscillazioni stagionali in grado di innalzare il livello freatico sino a quote prossime al piano campagna.

4.2.3 Indagini geofisiche

L'ubicazione delle indagini MASW è riportata in Tav. 01 - Carta delle indagini e in Tav. 04 - Carta delle Velocità delle onde S; in quest'ultima, oltre all'ubicazione della prova, è riportato anche il valore della Vs30 rilevato.

All'interno del territorio urbanizzato di Cadeo e nel suo stretto intorno sono disponibili n. 2 indagini MASW, i cui dati consentono di effettuare alcune considerazioni generali relativamente alle caratteristiche sismo-elastiche dei terreni sub-superficiali (30 - 40 m di profondità di indagine).

La velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità, determinata mediante prove MASW (pregresse e di nuova realizzazione), risulta compresa tra circa 240 - 260 m/s.

Si osserva inoltre come tutte le aree indagate sono caratterizzate dalla presenza in superficie di un primo livello di terreno con spessore compreso tra 12 m e 15 m, caratterizzato da valori modesti di Vs30 compresi tra circa 140 - 250 m/s.

Inferiormente si rileva la presenza di mezzi aventi rigidità più elevata, corrispondenti evidentemente ai corpi prevalentemente ghiaiosi, con valori di Vs 30 compresi tra circa 310 - 470 m/s.

Dai diagrammi si osserva, al di sotto del primo livello ghiaioso, un generale aumento delle velocità delle onde di taglio con la profondità.

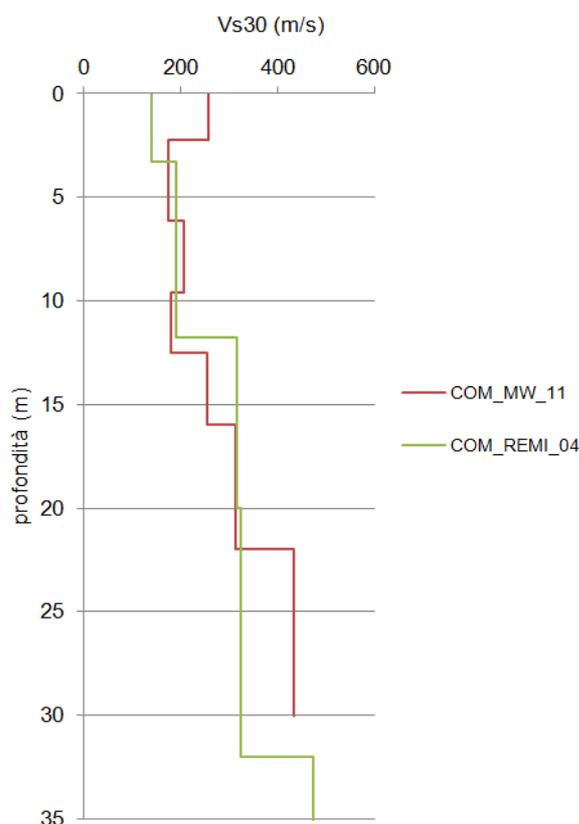


Figura 18: Profili di Vs30 relativi ai siti indagati all'interno dell'area di pertinenza di Cadeo

Alla luce dei dati desunti dalle indagini MASW disponibili è possibile effettuare una stima dei fattori di amplificazione sismica dell'area, mediante l'utilizzo degli abachi di riferimento per gli effetti litostratigrafici previsti nell'Allegato A2 della Delibera dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, 112 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Nel caso specifico, per il calcolo dei fattori di amplificazione FA_{PGA} , $FA_{0.1-0.5S}$ e $FA_{0.5-1S}$, sono stati considerati gli abachi relativi all'Ambito Pianura 2 caratterizzato da un profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo ≥ 100 m da p.c. (v. A2.1.2 degli Indirizzi Regionali).

F.A. P.G.A.

V _{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE – 0,1s<T₀<0,5s.

V _{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE – 0,5s<T₀<1,0s.

V _{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0

Figura 19: Fattori di amplificazione per l'Ambito Pianura 2 previsti dalla DAL n.112/2007

Dai risultati ottenuti si evince che tutta l'area studiata è suscettibile di amplificazioni caratterizzate da $FA_{PGA} = 1,5$ - $FA_{0,1-0,5S} = 1,8$ - $FA_{0,5-1S} = 2,3$.

La microzonazione sismica del territorio urbanizzato di Roveleto è riportata in Tavola 05.

4.2.4 Analisi della pericolosità di liquefazione dei terreni

Sulla base dei dati della cartografia geologica regionale, la Tavola A4 del PTCP - Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali alla scala 1:25.000, evidenzia la presenza di depositi sabbiosi potenzialmente liquefacibili, all'interno dell'intero territorio urbanizzato di Cadeo (v. Figura 9).

Non essendo noto con precisione il fuso granulometrico caratteristico dei terreni, ma essendo presenti tutti gli altri fattori predisponenti al fenomeno (eventi sismici attesi di magnitudo M maggiore a 5, accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti maggiori di $0,1g$ e profondità media stagionale della falda inferiore a 15 m dal piano campagna), si procede di seguito alla verifica di liquefazione mediante metodi analitici semplificati.

Al riguardo sono stati utilizzati i dati ottenuti dalle seguenti prove penetrometriche statiche: CPT_8_2, CPT_4_1, CPT_3TP, CPT_RER_180030C419, considerando quali dati di input: Magnitudo $M_w = 6.14$ (magnitudo momento massima prevista per la Zona sismogenetica 911), $A_{max} = 1,62 \text{ m/s}^2$ e falda a piano campagna:

Nella successive tabelle viene riportato il fattore di sicurezza alla liquefacibilità in funzione della profondità, calcolato con il metodo di Robertson & Write modificato per le prove CPT considerate:

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT_8_2												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	0	0							
0,4	7,4	7,4	1,00	1000	107	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	2100	87	2,19	0,20	0,40	1,00	0,11	3,76	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	2400	100	2,23	0,27	0,54	0,99	0,11	5,07	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1800	80	2,39	0,41	0,84	0,99	0,11	7,90	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1300	67	2,56	0,21	0,42	0,99	0,12	3,58	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1300	60	2,55	0,21	0,42	0,99	0,13	3,33	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1400	53	2,49	0,24	0,48	0,99	0,13	3,63	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	2100	53	2,25	0,18	0,36	0,99	0,14	2,61	non liquefacibile
2	37	27	0,98	2200	67	2,32	0,28	0,57	0,98	0,14	3,94	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	2000	67	2,40	0,53	1,07	0,98	0,15	7,18	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	2100	93	2,49	0,61	1,24	0,98	0,15	8,06	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	2000	80	2,49	0,54	1,09	0,98	0,16	6,94	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	2300	13	1,92	0,10	0,20	0,98	0,16	1,22	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	2500	13	1,89	0,10	0,20	0,98	0,16	1,22	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	2400	60	2,33	0,25	0,50	0,98	0,17	3,02	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	2600	87	2,41	0,55	1,11	0,97	0,17	6,59	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	2500	80	2,43	0,52	1,06	0,97	0,17	6,18	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	2900	87	2,37	0,36	0,73	0,97	0,17	4,22	non liquefacibile
4	74	44	0,97	2800	87	2,41	0,42	0,86	0,97	0,18	4,89	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	2800	87	2,42	0,43	0,88	0,97	0,18	5,00	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	2200	60	2,47	0,46	0,94	0,97	0,18	5,25	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	2600	100	2,53	0,67	1,37	0,96	0,18	7,65	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	3300	107	2,41	0,44	0,91	0,96	0,18	5,01	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	3500	167	2,53	1,39	2,83	0,96	0,18	15,57	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	3500	180	2,56	1,33	2,71	0,96	0,18	14,80	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	3500	180	2,57	1,27	2,59	0,96	0,18	14,09	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	3500	167	2,56	1,22	2,48	0,96	0,18	13,45	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	3600	180	2,57	1,27	2,58	0,96	0,19	13,91	non liquefacibile
6	111	61	0,95	3200	167	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	3000	120	2,58	0,71	1,45	0,95	0,19	7,75	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	2700	140	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	2500	140	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	2500	140	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	2600	120	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	2800	133	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	2400	127	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	2500	167	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	2900	127	2,68	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	2900	100	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	2500	113	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	2100	120	2,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	2100	120	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	2000	127	2,97	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	2500	127	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	2600	140	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 7: Fattori di sicurezza alla liquefabilità desunti tramite i dati della CPT 8_2 (Roveleto O)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT 4 1												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	0	0							
0,4	7,4	7,4	1,00	200	13	2,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	800	47	2,57	0,11	0,22	1,00	0,11	2,08	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	1000	67	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	600	13	2,52	0,09	0,19	0,99	0,11	1,77	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	700	33	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	700	47	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	900	47	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	1100	33	2,52	0,16	0,32	0,99	0,14	2,28	non liquefacibile
2	37	27	0,98	1300	67	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	1300	87	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	1300	93	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	1300	100	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	1500	87	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	1500	100	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	1300	113	2,92	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	1300	113	2,94	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	1400	107	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	1500	113	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4	74	44	0,97	1500	120	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	1600	133	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	1800	133	2,85	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	2200	147	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	2500	147	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	2200	133	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	1900	160	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	1600	127	2,96	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	1500	133	3,03	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	1300	100	3,05	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	1600	113	2,96	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	1600	107	2,95	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	1800	120	2,92	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	2000	133	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	1900	113	2,88	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	1400	107	3,08	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	1000	87	3,26	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	1200	73	3,09	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	1300	93	3,12	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	1000	80	3,26	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	800	60	3,36	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	800	40	3,25	-	-	-	-	-	non liquefacibile

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT 4 1												
8,4	155,4	81,4	0,94	600	47	3,54	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	600	47	3,55	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	1300	47	2,98	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	1400	47	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	1600	47	2,85	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	89,9	0,92	2000	80	2,85	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,6	177,6	91,6	0,92	1600	73	2,99	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,8	181,3	93,3	0,91	1700	73	2,95	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10	185	95	0,91	2500	93	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,2	188,7	96,7	0,90	2600	47	2,56	0,23	0,46	0,90	0,19	2,44	non liquefacibile
10,4	192,4	98,4	0,90	4300	87	2,41	0,19	0,38	0,90	0,19	2,02	non liquefacibile
10,6	196,1	100,1	0,89	3700	80	2,49	0,22	0,44	0,89	0,19	2,34	non liquefacibile
10,8	199,8	101,8	0,89	3700	107	2,58	0,50	1,02	0,89	0,19	5,49	non liquefacibile
11	203,5	103,5	0,88	3500	33	2,31	0,11	0,22	0,88	0,19	1,17	non liquefacibile
11,2	207,2	105,2	0,87	2500	47	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,4	210,9	106,9	0,87	1100	100	3,41	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,6	214,6	108,6	0,86	1000	67	3,38	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,8	218,3	110,3	0,86	1100	73	3,34	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12	222	112	0,85	1000	80	3,45	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,2	225,7	113,7	0,85	1000	67	3,41	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,4	229,4	115,4	0,84	1300	47	3,12	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,6	233,1	117,1	0,84	2300	140	3,02	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,8	236,8	118,8	0,83	9200	180	2,20	0,29	0,58	0,83	0,18	3,27	non liquefacibile
13	240,5	120,5	0,83	2500	120	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
13,2	244,2	122,2	0,82	12300	220	2,09	0,39	0,80	0,82	0,18	4,54	non liquefacibile
13,4	247,9	123,9	0,82	14800	113	1,79	0,34	0,69	0,82	0,18	3,95	non liquefacibile
13,6	251,6	125,6	0,81	30000	233	1,56	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 8: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT COM_4_1 (Cadeo NO)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT 3TP												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	RI	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	1,7	1,00	0	0							
0,4	7,4	3,4	1,00	1400	5300	3,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,6	11,1	5,1	1,00	1700	127	2,30	0,36	0,60	1,00	0,23	2,59	non liquefacibile
0,8	14,8	6,8	0,99	1700	80	2,18	0,17	0,29	0,99	0,23	1,24	non liquefacibile
1	18,5	8,5	0,99	1200	53	2,29	0,18	0,30	0,99	0,23	1,29	non liquefacibile
1,2	22,2	10,2	0,99	1300	73	2,41	0,21	0,34	0,99	0,23	1,48	non liquefacibile
1,4	25,9	11,9	0,99	1300	93	2,53	0,21	0,34	0,99	0,23	1,48	non liquefacibile
1,6	29,6	13,6	0,99	1700	107	2,45	0,36	0,60	0,99	0,23	2,61	non liquefacibile
1,8	33,3	15,3	0,99	1800	107	2,45	0,41	0,69	0,99	0,23	2,99	non liquefacibile
2	37	17	0,98	1700	120	2,55	0,36	0,60	0,98	0,23	2,62	non liquefacibile
2,2	40,7	18,7	0,98	2000	127	2,50	0,54	0,90	0,98	0,23	3,90	non liquefacibile
2,4	44,4	20,4	0,98	1900	113	2,51	0,47	0,79	0,98	0,23	3,43	non liquefacibile
2,6	48,1	22,1	0,98	1700	107	2,58	0,36	0,60	0,98	0,23	2,63	non liquefacibile
2,8	51,8	23,8	0,98	1800	87	2,50	0,41	0,69	0,98	0,23	3,01	non liquefacibile
3	55,5	25,5	0,98	1300	73	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,2	59,2	27,2	0,98	1200	67	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	28,9	0,97	1500	67	2,59	0,27	0,46	0,97	0,23	2,00	non liquefacibile
3,6	66,6	30,6	0,97	1800	100	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	32,3	0,97	1700	100	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4	74	34	0,97	2400	113	2,51	0,87	1,45	0,97	0,23	6,41	non liquefacibile
4,2	77,7	35,7	0,97	2200	87	2,50	0,66	1,10	0,97	0,23	4,87	non liquefacibile
4,4	81,4	37,4	0,97	1300	60	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,6	85,1	39,1	0,96	1200	67	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	40,8	0,96	1300	53	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	42,5	0,96	1300	47	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,2	96,2	44,2	0,96	1200	40	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	45,9	0,96	1000	73	3,05	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	47,6	0,96	1200	40	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	49,3	0,96	1900	100	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	51	0,95	2200	47	2,43	0,24	0,40	0,95	0,22	1,80	non liquefacibile
6,2	114,7	52,7	0,95	1300	47	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	54,4	0,95	1300	60	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	56,1	0,95	1300	73	2,94	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	57,8	0,95	1300	80	2,98	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	59,5	0,95	1500	87	2,92	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	61,2	0,94	1600	87	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	62,9	0,94	1800	93	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	64,6	0,94	1700	67	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	66,3	0,94	1700	73	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	68	0,94	1100	53	3,04	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	69,7	0,94	1100	67	3,12	-	-	-	-	-	non liquefacibile

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT 3TP												
8,4	155,4	71,4	0,94	1000	67	3,20	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	73,1	0,93	1400	73	3,00	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	74,8	0,93	1400	87	3,06	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	76,5	0,93	1200	47	3,00	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	78,2	0,93	1300	73	3,08	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	79,9	0,92	1400	53	2,94	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 9: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT 3TP (Cadeo O)

CPT_RER 180030C419												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	0	0							
0,4	7,4	7,4	1,00	700	33	2,42	0,10	0,17	1,00	0,11	1,55	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	900	40	2,44	0,12	0,20	1,00	0,11	1,90	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	700	40	2,68	0,10	0,17	0,99	0,11	1,56	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	900	40	2,59	0,12	0,20	0,99	0,11	1,91	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1400	33	2,29	0,15	0,26	0,99	0,12	2,21	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1400	47	2,42	0,24	0,39	0,99	0,13	3,14	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1100	53	2,64	0,16	0,26	0,99	0,13	1,96	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	1300	40	2,47	0,21	0,34	0,99	0,14	2,46	non liquefacibile
2	37	27	0,98	1200	33	2,48	0,18	0,30	0,98	0,14	2,06	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	1400	27	2,35	0,17	0,29	0,98	0,15	1,95	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	1900	20	2,10	0,10	0,17	0,98	0,15	1,11	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	2300	40	2,19	0,14	0,23	0,98	0,16	1,49	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	1200	47	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	600	27	2,98	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	600	13	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	1600	13	2,20	0,10	0,16	0,97	0,17	0,95	0,95
3,6	66,6	40,6	0,97	1000	27	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	900	20	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4	74	44	0,97	1100	60	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	1300	73	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	1200	93	3,00	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	1100	87	3,05	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	1200	67	2,92	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	1700	60	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	1900	73	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	1700	73	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	1600	87	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	1500	73	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	5200	60	2,02	0,16	0,26	0,95	0,19	1,40	non liquefacibile

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT_RER 180030C419												
6,2	114,7	62,7	0,95	3000	33	2,21	0,11	0,19	0,95	0,19	1,01	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	2400	47	2,46	0,20	0,34	0,95	0,19	1,79	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	2700	73	2,52	0,44	0,73	0,95	0,19	3,90	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	1900	47	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	900	53	3,18	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	800	33	3,15	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	700	20	3,13	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	700	20	3,14	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	700	13	3,05	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	800	20	3,07	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	1000	27	2,99	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	1000	40	3,10	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	900	27	3,09	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	1000	33	3,07	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	900	33	3,16	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	700	20	3,24	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	177,6	91,6	0,92	5200	53	2,13	0,13	0,22	0,92	0,19	1,13	non liquefacibile
9,6	181,3	93,3	0,91	4700	53	2,20	0,13	0,21	0,91	0,19	1,11	non liquefacibile

Tabella 10: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della RER 180030C419 (Cadeo E)

Come si evince dalle tabelle precedenti all'interno dei depositi presenti nel territorio urbanizzato di Cadeo il rischio di liquefazione, di cui peraltro non si ha memoria storica in zona, può essere considerato trascurabile.

A conferma di quanto sopra evidenziato si segnala anche che i profili stratigrafici di alcuni sondaggi a carotaggio continuo realizzati a cavallo della linea ferroviaria che attraversa gli abitati di Cadeo e Roveleto (RER 180030P418, RER 180020P404) e le elaborazioni delle prove penetrometriche effettuate all'interno del territorio, non evidenziano la presenza di strati significativi di sabbie e/o limi sabbiosi (v. Allegato 1).

4.3 FONTANA FREDDA

4.3.1 Indagini disponibili

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata attingendo dagli archivi del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (SGSS) e dalle elaborazioni di indagini fornite direttamente dall'Ufficio tecnico del Comune di Cadeo.

Le indagini raccolte sono costituite da stratigrafie di pozzi per acqua (2), sondaggi a carotaggio continuo (3) con i relativi dati di Standard Penetration Test SPT, prove penetrometriche statiche CPT (15), prove penetrometriche dinamiche DPM30 (3) e indagini geofisiche tipo MASW (2).

Ad integrazione dei dati disponibili, si è ritenuto opportuno effettuare una prova penetrometrica statica CPT (AMB_5) nel settore meridionale del nucleo abitato.

L'ubicazione delle indagini disponibili è riportata in Tavola 01 – Carta delle Indagini.

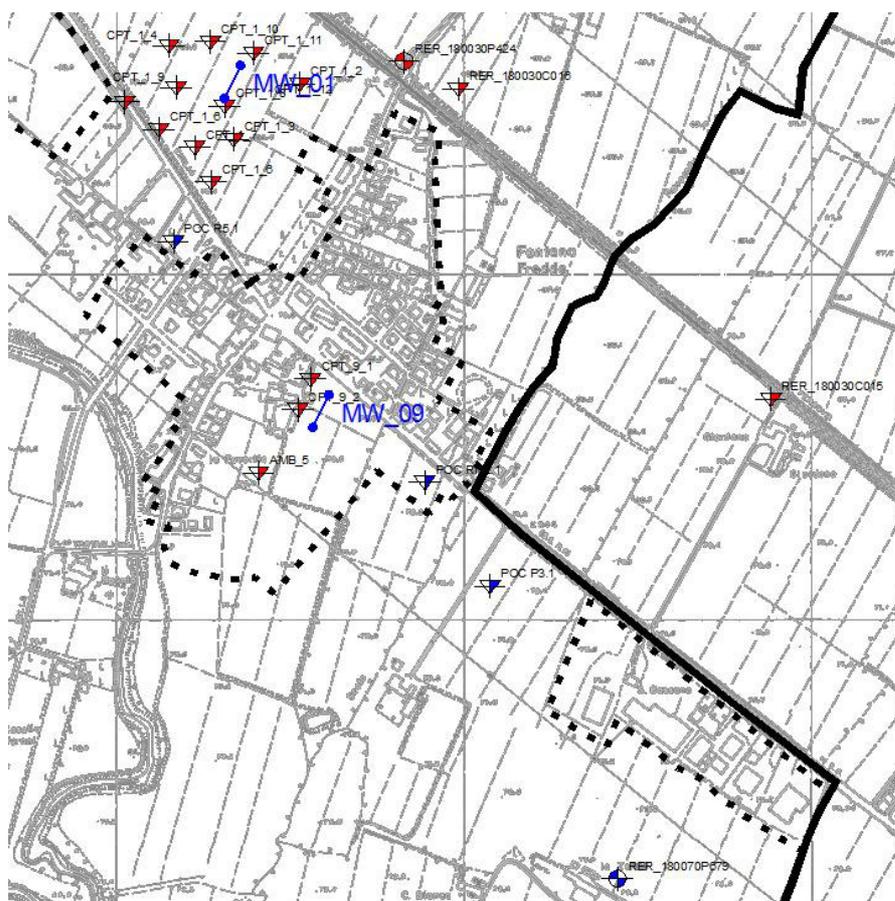


Figura 20: Indagini geognostiche e geofisiche disponibili

4.3.2 Successione stratigrafica

Dall'interpretazione dei dati disponibili risulta che l'assetto stratigrafico in sottosuolo è costituito da una copertura quaternaria continentale di spessore superiore ai 150m (con spessori che aumentano progressivamente verso la pianura).

Tali depositi appartengono ai cicli sedimentari AES (v. cap.3) e sono costituiti da estesi corpi tabulari di ghiaie sabbiose, sabbie e limi con grado di addensamento, cementazione e spessore molto variabili.

Tali sedimenti appoggiano su depositi di prodelta, piattaforma, piana deltizia e di delta-conoide a litologia prevalentemente sabbiosa e limoso-sabbiosa (CMZ e ATS).

I terreni superficiali sono costituiti da depositi di canale, argine e rotta fluviale, costituiti prevalentemente da materiali a grana fine (argille limose, limi argillosi e limi sabbiosi). Tali depositi presentano al loro interno livelli discontinui di corpi ghiaiosi immersi abbondante matrice sabbiosa e/o sabbioso-limosa, il cui tetto risulta generalmente attestato a profondità variabili dai 7 ai 12 m da p.c.

Quanto sopra detto trova conferma nei grafici di Figura 11 in cui sono riportati i profili di resistenza alla punta (q_c), ottenuti durante prove penetrometriche statiche CPT e dinamiche DPM30 effettuate in diverse aree del capoluogo.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

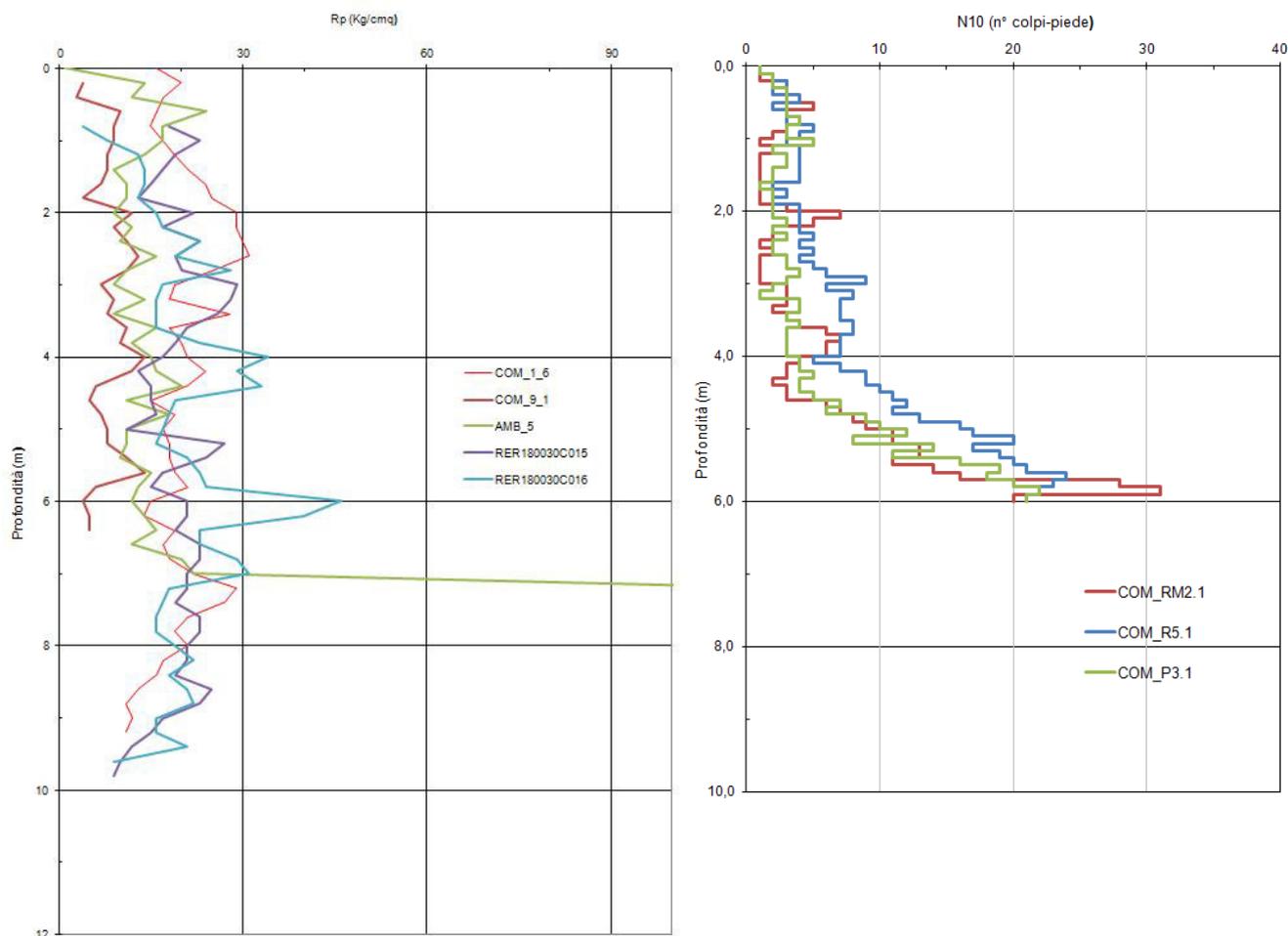


Figura 21: Elaborazione prove penetrometriche disponibili

L'assetto litostratigrafico di riferimento è schematizzato in Tavola 03 - Sezioni litostratigrafiche ricostruite sulla base dei dati ottenuti dalle indagini disponibili.

Dal punto di vista morfologico l'area è sostanzialmente pianeggiante con quote medie che si attestano tra 73 e 68 m s.l.m, con pendenze comprese tra 0,2 e 0,5% debolmente digradanti verso N.

Dal punto di vista idrogeologico, i depositi porosi-permeabili corrispondenti al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) sono sede del serbatoio acquifero più superficiale (Gruppo Acquifero "A" secondo quanto riportato nel volume "Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna", Di Dio et alii, 1998).

La superficie piezometrica presenta una direzione di flusso verso nord-est, con soggiacenze molto ridotte variabili da 1 a 3 m dal p.c (v. Tav. Q.C.27 "Carta Idrogeologica" del PSC) e oscillazioni stagionali in grado di innalzare il livello freatico sino a quote prossime al piano campagna.

4.3.3 Indagini geofisiche

L'ubicazione delle indagini MASW è riportata in Tav. 01 - Carta delle indagini e in Tav. 04 - Carta delle Velocità delle onde S; in quest'ultima, oltre all'ubicazione della prova, è riportato anche il valore della Vs30 rilevato.

All'interno del territorio urbanizzato di Fontana Fredda e nel suo stretto intorno sono disponibili n. 2 indagini MASW, i cui dati consentono di effettuare alcune considerazioni generali relativamente alle caratteristiche sismo-elastiche dei terreni sub-superficiali (30 - 40 m di profondità di indagine).

La velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità, determinata mediante prove MASW (pregresse e di nuova realizzazione), risulta compresa tra circa 240 - 265 m/s.

Si osserva inoltre come tutte le aree indagate sono caratterizzate dalla presenza in superficie di un primo livello di terreno con spessore compreso tra 9 m e 11 m, caratterizzato da valori modesti di Vs30 compresi tra circa 100 - 240 m/s.

Inferiormente si rileva la presenza di mezzi aventi rigidità più elevata, corrispondenti evidentemente ai corpi prevalentemente ghiaiosi, con valori di Vs 30 compresi tra circa 340 - 530 m/s.

Dai diagrammi si osserva, al di sotto del primo livello ghiaioso, un generale aumento delle velocità delle onde di taglio con la profondità; solo in corrispondenza della prova MW_01 si registra un'inversione di velocità all'incirca alla profondità di 12÷13 m da p.c.

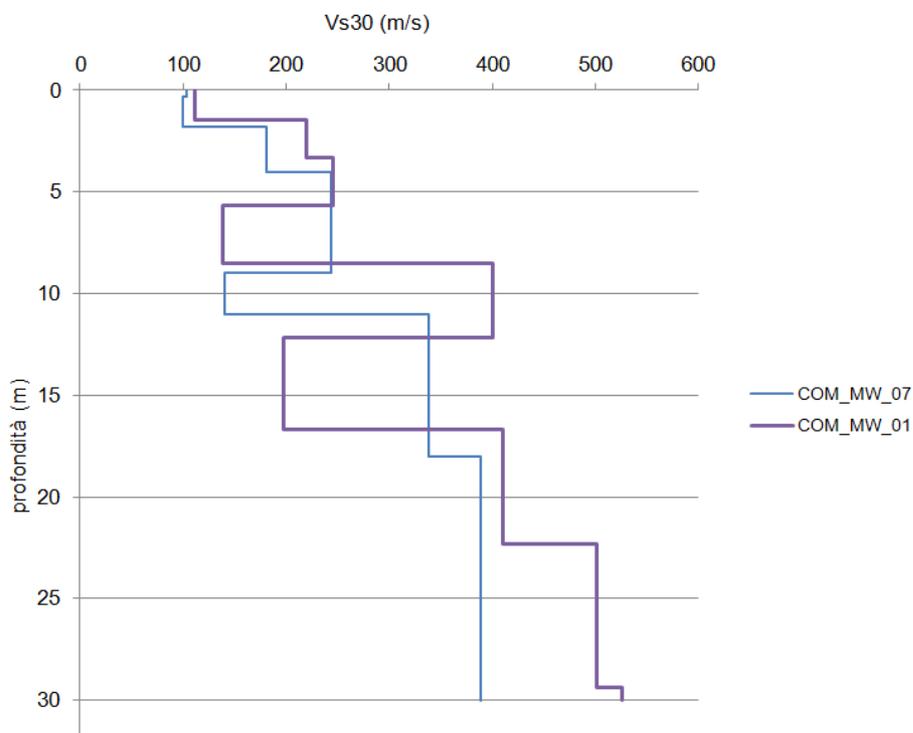


Figura 22: Profili di Vs30 relativi ai siti indagati all'interno dell'area di pertinenza di Fontana Fredda

Alla luce dei dati desunti dalle indagini MASW disponibili è possibile effettuare una stima dei fattori di amplificazione sismica dell'area, mediante l'utilizzo degli abachi di riferimento per gli effetti litostratigrafici previsti nell'Allegato A2 della Delibera dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, 112 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Nel caso specifico, per il calcolo dei fattori di amplificazione FA_{PGA} , $FA_{0,1-0,5S}$ e $FA_{0,5-1S}$, sono stati considerati gli abachi relativi all' Ambito Pianura 2 caratterizzato da un profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo ≥ 100 m da p.c. (v. A2.1.2 degli Indirizzi Regionali).

F.A. P.G.A.

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE – $0,1s < T_0 < 0,5s$.

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE – $0,5s < T_0 < 1,0s$.

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0

Figura 23: Fattori di amplificazione per l'Ambito Pianura 2 previsti dalla DAL n.112/2007

Dai risultati ottenuti si evince che tutta l'area studiata è suscettibile di amplificazioni caratterizzate da $FA_{PGA} = 1,5$ - $FA_{0,1-0,5S} = 1,8$ - $FA_{0,5-1S} = 2,3$.

La microzonazione sismica del territorio urbanizzato di Fontana Fredda è riportata in Tavola 05.

4.3.4 Analisi della pericolosità di liquefazione dei terreni

Sulla base dei dati della cartografia geologica regionale, la Tavola A4 del PTCP - Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali alla scala 1:25.000, evidenzia la presenza di depositi sabbiosi potenzialmente liquefacibili, all'interno dell'intero territorio urbanizzato di Fontana Fredda (v. Figura 9).

Non essendo noto con precisione il fuso granulometrico caratteristico dei terreni, ma essendo presenti tutti gli altri fattori predisponenti al fenomeno (eventi sismici attesi di magnitudo M maggiore a 5, accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti maggiori di $0,1g$ e profondità media stagionale della falda inferiore a 15 m dal piano campagna), si procede di seguito alla verifica di liquefazione mediante metodi analitici semplificati, attraverso un coefficiente di sicurezza calcolato come rapporto fra la resistenza al taglio mobilabile CRR, funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, e lo sforzo tagliante indotto dal sisma CSR, che dipende dai parametri del sisma di progetto.

Al riguardo sono stati utilizzati i dati ottenuti dalle seguenti prove penetrometriche statiche CPT_1_6, CPT_9_1 e AMB_5, considerando quali dati di input: Magnitudo $M_w = 6.14$ (magnitudo momento massima prevista per la Zona sismogenetica 911), $A_{max} = 1,62 \text{ m/s}^2$ e falda a piano campagna.

Nella successive tabelle viene riportato il fattore di sicurezza alla liquefacibilità in funzione della profondità, calcolato con il metodo di Robertson & Write modificato per le prove CPT considerate:

CPT_1_6												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	RI	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	0	0							
0,4	7,4	7,4	1,00	1600	260	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	2000	273	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	1700	153	2,60	0,36	0,60	0,99	0,11	5,64	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1600	113	2,58	0,31	0,52	0,99	0,11	4,92	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1500	127	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1700	133	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1900	133	2,60	0,47	0,79	0,99	0,13	5,92	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	2100	200	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2	37	27	0,98	2400	200	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	2500	187	2,60	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	2900	167	2,49	1,47	2,46	0,98	0,15	15,97	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	2900	127	2,41	1,06	1,77	0,98	0,16	11,23	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	3000	100	2,32	0,42	0,70	0,98	0,16	4,35	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	3100	193	2,54	1,72	2,87	0,98	0,16	17,47	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	2500	173	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT_1_6												
3,4	62,9	38,9	0,97	1900	140	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	1800	107	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	2800	47	2,21	0,15	0,25	0,97	0,17	1,42	non liquefacibile
4	74	44	0,97	1800	93	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	2000	120	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	2100	87	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	2400	107	2,60	0,55	0,91	0,96	0,18	5,09	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	2100	93	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	1500	133	3,00	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	1900	100	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	1700	87	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	1800	133	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	1800	93	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	1900	100	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	2100	87	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	1500	60	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	1400	80	2,97	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	1900	120	2,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	1700	140	3,03	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	1800	107	2,92	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	2200	100	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	2900	100	2,60	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	2700	193	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	2100	153	2,96	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	1900	7	2,28	0,23	0,38	0,94	0,19	1,97	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	2100	93	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	1700	80	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	1600	40	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	1300	47	2,99	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	1100	40	3,07	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	89,9	0,92	1200	40	3,02	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,6	177,6	91,6	0,92	1100	40	3,09	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 11: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT_1_6 (Fontana Fredda NO)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT_AMB_5												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	RI	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	100	60	3,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,4	7,4	7,4	1,00	1400	80	2,31	0,24	0,39	1,00	0,11	3,69	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	1200	80	2,50	0,18	0,30	1,00	0,11	2,79	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	2400	153	2,39	0,87	1,45	0,99	0,11	13,60	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1700	146	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1700	120	2,59	0,36	0,60	0,99	0,12	5,15	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1400	20	2,17	0,10	0,17	0,99	0,13	1,34	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	900	106	2,99	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	1100	86	2,82	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2	37	27	0,98	1100	60	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	900	26	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	1200	53	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	1000	93	2,98	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	1600	73	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	1100	66	2,85	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	900	53	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	1400	60	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	900	86	3,11	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	1600	66	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4	74	44	0,97	1200	66	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	1500	46	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	1600	467	2,60	0,23	0,38	0,97	0,18	2,12	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	2000	66	2,58	0,35	0,58	0,96	0,18	3,26	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	1100	60	2,95	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	1800	46	2,56	0,26	0,43	0,96	0,18	2,37	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	1100	73	3,03	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	1100	46	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	1000	100	3,21	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	1500	100	2,95	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	1300	86	3,02	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	1200	120	3,18	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	1400	120	3,08	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	1600	93	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	1200	120	3,21	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	2000	140	2,92	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	2200	386	3,20	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	12400	580	2,27	2,03	3,38	0,94	0,19	17,77	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	22800	220	1,56	1,79	2,99	0,94	0,19	15,68	non liquefacibile

Tabella 12: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT_AMB_5 (Fontana Fredda S)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT 9 1												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	Ic 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	0	0							
0,4	7,4	7,4	1,00	400	13	2,46	0,08	0,13	1,00	0,11	1,22	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	300	27	3,00	-	-	-	-	-	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	1000	67	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	900	53	2,68	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	900	53	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	800	67	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	800	67	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	700	47	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2	37	27	0,98	400	53	3,34	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	1200	67	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	900	20	2,57	0,12	0,20	0,98	0,15	1,32	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	1100	33	2,60	0,16	0,26	0,98	0,16	1,65	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	1300	33	2,51	0,21	0,34	0,98	0,16	2,13	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	1100	20	2,50	0,15	0,26	0,98	0,16	1,56	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	700	73	3,19	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	900	27	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	800	20	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	1100	20	2,57	0,14	0,23	0,97	0,17	1,31	non liquefacibile
4	74	44	0,97	1000	40	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	1400	47	2,68	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	1200	80	2,95	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	600	53	3,31	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	500	47	3,43	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	700	100	3,42	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	800	27	2,97	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	800	20	2,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	1100	27	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	1400	27	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	600	20	3,15	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	400	27	3,57	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	500	20	3,32	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	500	27	3,41	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 13: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT_9_1 (Fontana Fredda centro)

Come si evince dalle tabelle precedenti all'interno dei depositi presenti nel territorio urbanizzato di Fontana Fredda il rischio di liquefazione, di cui peraltro non si ha memoria storica in zona, può essere considerato trascurabile.

A conferma di quanto sopra evidenziato si segnala anche che i profili stratigrafici di alcuni sondaggi a carotaggio continuo realizzati a cavallo della linea ferroviaria che attraversa l'abitato di Roveleto (RER 180030P424, RER 180020P410) e le elaborazioni delle prove penetrometriche effettuate all'interno del territorio non evidenziano la presenza di strati significativi di sabbie e/o limi sabbiosi (v. Allegato 1).

4.4 SALICETO – CONTRADONE – S. ROCCO

4.4.1 Indagini disponibili

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata attingendo dagli archivi del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (SGSS) e dalle elaborazioni di indagini fornite direttamente dall'Ufficio tecnico del Comune di Cadeo.

In considerazione della piccola quantità di dati disponibili, si è ritenuto opportuno integrare i dati pregressi mediante la realizzazione di n. 3 prove penetrometriche statiche CPT.

Complessivamente le indagini raccolte sono costituite da stratigrafie di pozzi per acqua (2), sondaggi a carotaggio continuo (1) con i relativi dati di Standard Penetration Test SPT, prove penetrometriche statiche CPT (4), prove penetrometriche dinamiche DPM30 (2) e indagini geofisiche tipo MASW (2).

L'ubicazione delle indagini disponibili è riportata in Tavola 01 – Carta delle Indagini.

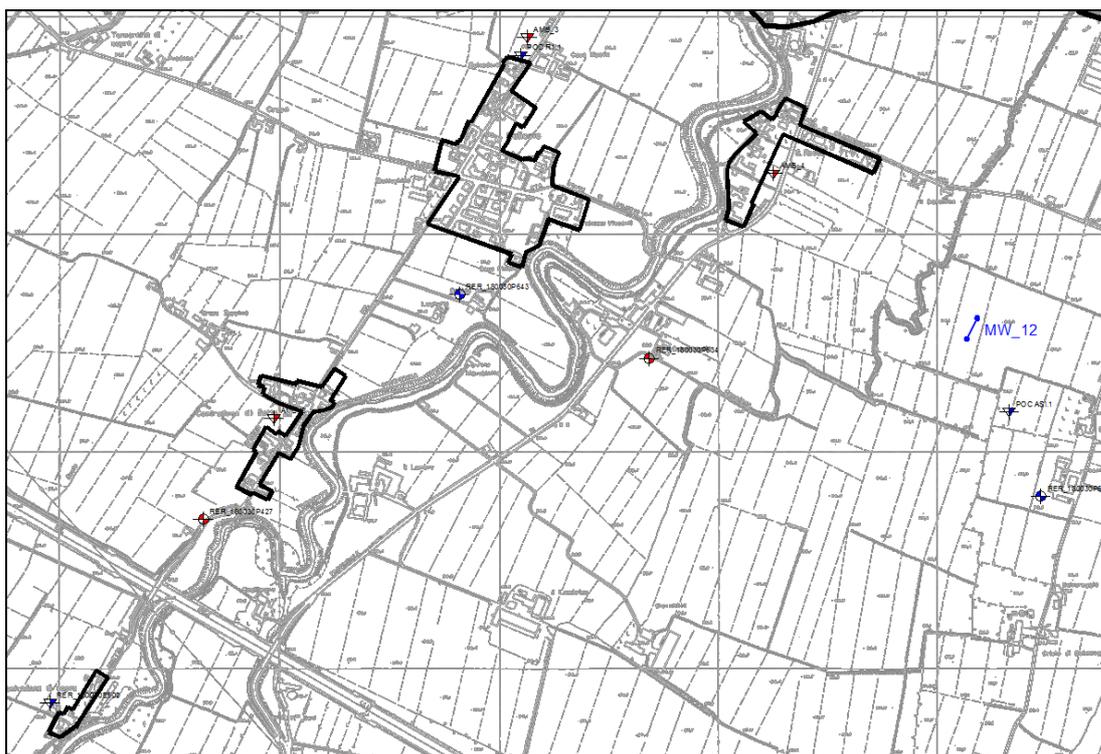


Figura 24: Indagini geognostiche e geofisiche disponibili

4.4.2 Successione stratigrafica

Dall'interpretazione dei dati disponibili risulta che l'assetto stratigrafico in sottosuolo è costituito da una copertura quaternaria continentale di spessore superiore ai 100m m (con spessori che aumentano progressivamente verso la pianura).

Tali depositi appartengono ai cicli sedimentari AES (v. cap.3) e sono costituiti da estesi corpi tabulari di ghiaie sabbiose, sabbie e limi con grado di addensamento, cementazione e spessore molto variabili.

Tali sedimenti appoggiano su depositi di prodelta, piattaforma, piana deltizia e di delta-conoide a litologia prevalentemente sabbiosa e limoso-sabbiosa (CMZ e ATS).

I terreni superficiali sono costituiti da depositi di canale, argine e rotta fluviale, costituiti prevalentemente da materiali a grana fine (argille limose, limi argillosi e limi sabbiosi). Tali depositi presentano al loro interno livelli discontinui di corpi ghiaiosi immersi abbondante matrice sabbiosa e/o sabbioso-limosa, il cui tetto risulta generalmente attestato a profondità variabili dai 10 ai 18 m da p.c.

Quanto sopra detto trova conferma nei grafici di Figura 11 in cui sono riportati i profili di resistenza alla punta (q_c), ottenuti durante prove penetrometriche statiche CPT e dinamiche DPM30 effettuate in diverse aree del territorio.

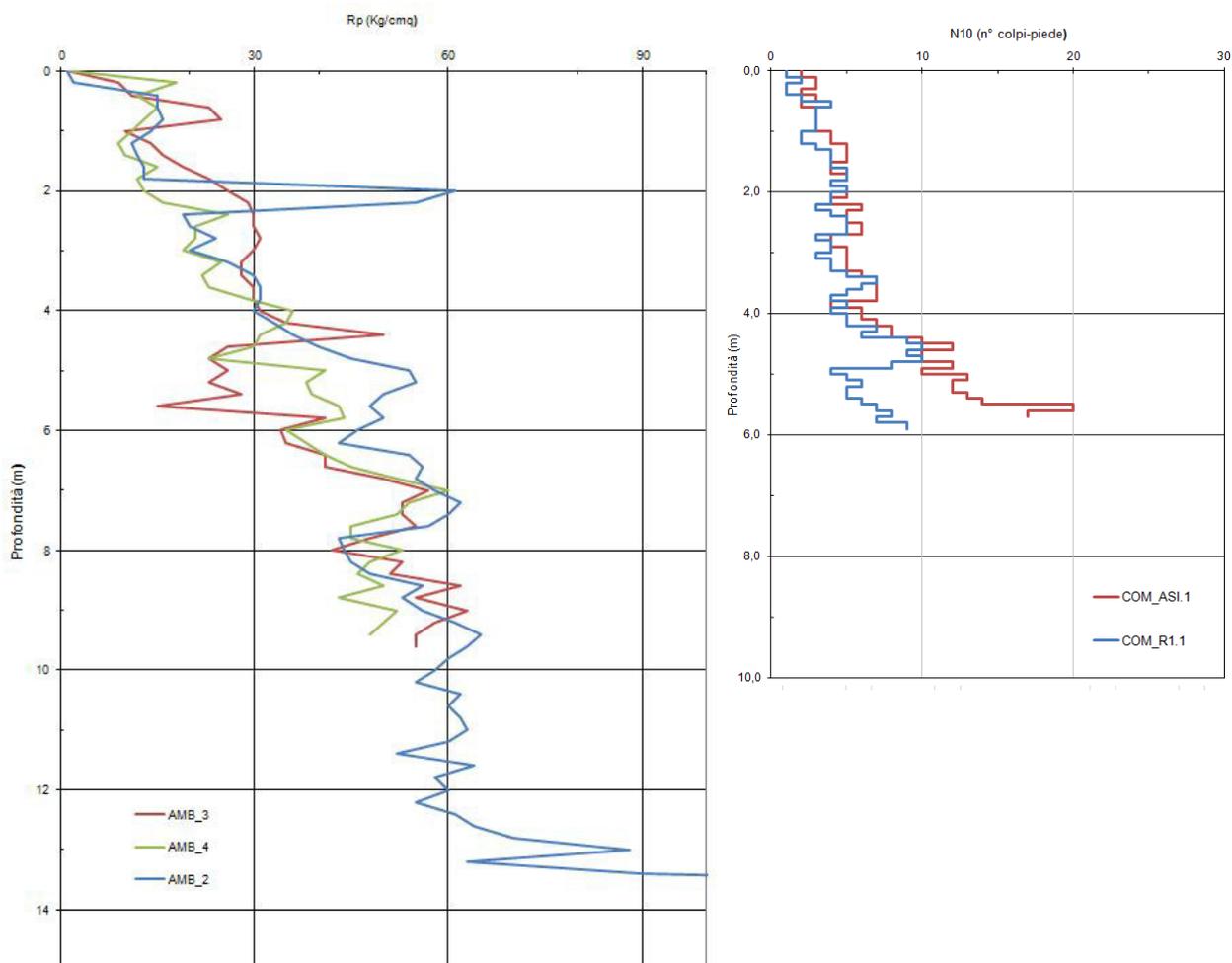


Figura 25: Elaborazione prove penetrometriche disponibili

L'assetto litostratigrafico di riferimento è schematizzato in Tavola 03 - Sezioni litostratigrafiche, ricostruite sulla base dei dati ottenuti dalle indagini disponibili.

Dal punto di vista morfologico l'area è sostanzialmente pianeggiante con quote medie che si attestano tra 60 e 55 m s.l.m, con pendenze comprese tra 0,2 e 0,3% debolmente digradanti verso N.

Dal punto di vista idrogeologico, i depositi porosi-permeabili corrispondenti al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) sono sede del serbatoio acquifero più superficiale (Gruppo Acquifero "A" secondo quanto riportato nel volume "Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna", Di Dio et alii, 1998).

La superficie piezometrica presenta una direzione di flusso verso nord-est, con soggiacenze molto ridotte variabili da 1 a 4 m dal p.c (v. Tav. Q.C.27 "Carta Idrogeologica" del PSC) e oscillazioni stagionali in grado di innalzare il livello freatico sino a quote prossime al piano campagna.

4.4.3 Indagini geofisiche

L'ubicazione delle indagini MASW è riportata in Tav. 01 - Carta delle indagini e in Tav. 04 - Carta delle Velocità delle onde S; in quest'ultima, oltre all'ubicazione della prova, è riportato anche il valore della Vs30 rilevato.

Nell'intorno del territorio urbanizzato di Saliceto, Contradone e S.Rocco e nel suo stretto intorno sono disponibili n. 2 indagini MASW, i cui dati consentono di effettuare alcune considerazioni generali relativamente alle caratteristiche sismo-elastiche dei terreni sub-superficiali (30 - 40 m di profondità di indagine).

La velocità delle onde di taglio V_S nei primi 30 m di profondità, determinata mediante prove MASW (pregresse e di nuova realizzazione), risulta compresa tra circa 235 - 270 m/s.

Si osserva inoltre come tutte le aree indagate sono caratterizzate dalla presenza in superficie di un primo livello di terreno con spessore compreso tra 9 m e 11 m, caratterizzato da valori modesti di Vs30 compresi tra circa 120 - 265 m/s.

Inferiormente si rileva la presenza di mezzi aventi rigidità più elevata, corrispondenti evidentemente ai corpi prevalentemente ghiaiosi, con valori di Vs 30 compresi tra circa 320 - 470 m/s.

Dai diagrammi si osserva, al di sotto del primo livello ghiaioso, un generale aumento delle velocità delle onde di taglio con la profondità.

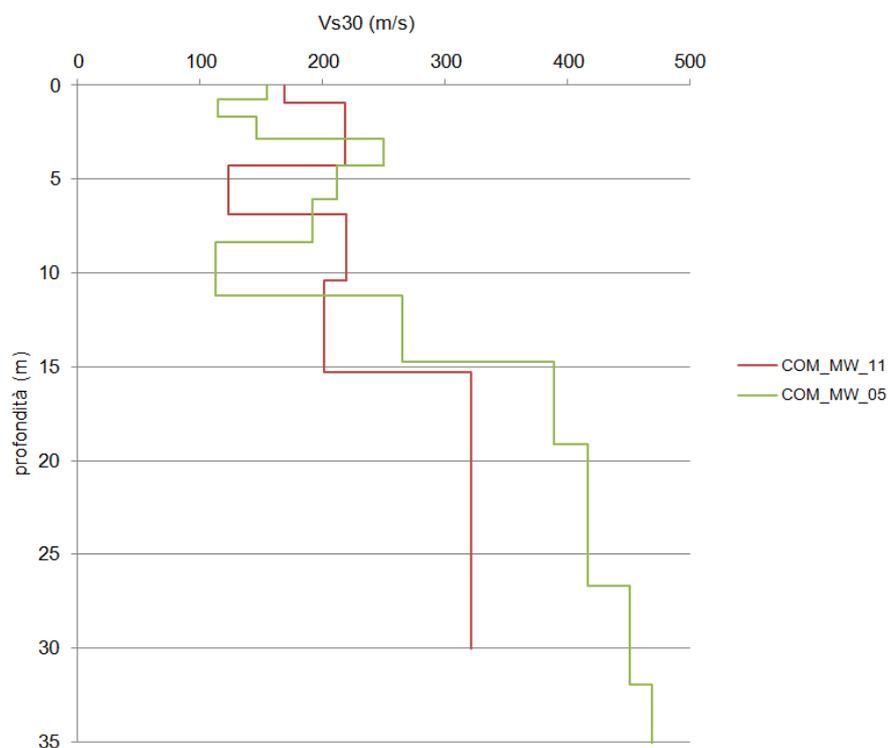


Figura 26: Profili di Vs30 relativi ai siti indagati nella parte settentrionale del territorio comunale

Alla luce dei dati desunti dalle indagini MASW disponibili è possibile effettuare una stima dei fattori di amplificazione sismica dell'area, mediante l'utilizzo degli abachi di riferimento per gli effetti litostratigrafici previsti nell'Allegato A2 della Delibera dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, 112 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Nel caso specifico, per il calcolo dei fattori di amplificazione FA_{PGA} , $FA_{0.1-0.5S}$ e $FA_{0.5-1S}$, sono stati considerati gli abachi relativi all' Ambito Pianura 2 caratterizzato da un profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo ≥ 100 m da p.c. (v. A2.1.2 degli Indirizzi Regionali).

F.A. P.G.A.

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE – $0,1s < T_0 < 0,5s$.

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE – $0,5s < T_0 < 1,0s$.

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0

Figura 27: Fattori di amplificazione per l'Ambito Pianura 2 previsti dalla DAL n.112/2007

Dai risultati ottenuti si evince che tutta l'area studiata è suscettibile di amplificazioni caratterizzate da $FA_{PGA} = 1,5$ - $FA_{0.1-0.5S} = 1,8$ - $FA_{0.5-1S} = 2,3$.

La microzonazione sismica del territorio urbanizzato considerato è riportata in Tavola 05.

4.4.4 Analisi della pericolosità di liquefazione dei terreni

Sulla base dei dati della cartografia geologica regionale, la Tavola A4 del PTCP - Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali alla scala 1:25.000, evidenzia la presenza di depositi sabbiosi potenzialmente liquefacibili, all'interno del territorio urbanizzato di Saliceto, Contradone e S.Rocco (v. Figura 9).

Non essendo noto con precisione il fuso granulometrico caratteristico dei terreni, ma essendo presenti tutti gli altri fattori predisponenti al fenomeno (eventi sismici attesi di magnitudo M maggiore a 5, accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti maggiori di $0,1g$ e profondità media stagionale della falda inferiore a 15 m dal piano campagna), si procede di seguito alla verifica di liquefazione mediante metodi analitici semplificati, attraverso un coefficiente di sicurezza calcolato come rapporto fra la resistenza al taglio mobilabile CRR, funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, e lo sforzo tagliante indotto dal sisma CSR, che dipende dai parametri del sisma di progetto.

Al riguardo sono stati utilizzati i dati ottenuti dalle prove penetrometriche statiche realizzate appositamente per il presente studio: AMB_2, AMB_3 e AMB_4, considerando quali dati di input: Magnitudo $M_w = 6.14$ (magnitudo momento massima prevista per la Zona sismogenetica 911), $A_{max} = 1,62 \text{ m/s}^2$ e falda a piano campagna.

Nella successive tabelle viene riportato il fattore di sicurezza alla liquefacibilità in funzione della profondità, calcolato con il metodo di Robertson & Write modificato per le prove CPT considerate:

CPT AMB 2												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	Ic 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	228	127							non liquefacibile
0,4	7,4	7,4	1,00	1528	80	2,26	0,28	0,47	1,00	0,11	4,42	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	1528	80	2,36	0,28	0,47	1,00	0,11	4,43	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	1628	93	2,45	0,33	0,54	0,99	0,11	5,10	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1441	80	2,53	0,25	0,42	0,99	0,11	3,93	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1141	67	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1241	67	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1341	100	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	1341	107	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2	37	27	0,98	6155	173	2,01	0,48	0,80	0,98	0,14	5,52	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	5555	127	1,98	0,34	0,57	0,98	0,15	3,80	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	1955	207	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	2055	193	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	2455	220	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT AMB 2												
3	55,5	35,5	0,98	2069	213	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	2669	207	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	3069	213	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	3169	233	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	3169	253	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4	74	44	0,97	3083	280	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	3383	313	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	3683	320	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	4083	333	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	4583	347	2,60	3,17	5,29	0,96	0,18	29,26	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	5497	327	2,48	3,02	5,04	0,96	0,18	27,72	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	5597	313	2,46	2,26	3,77	0,96	0,18	20,63	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	5097	333	2,55	3,76	6,28	0,96	0,18	34,13	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	4897	373	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	5097	427	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	4710	387	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	4410	447	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	5510	440	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	5710	467	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	5610	467	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	5924	500	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	6324	467	2,60	4,97	8,30	0,94	0,19	43,74	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	6124	353	2,53	2,94	4,91	0,94	0,19	25,82	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	5824	307	2,52	2,03	3,39	0,94	0,19	17,81	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	4424	293	2,68	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	4538	313	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	4638	280	2,65	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	4938	340	2,68	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	5738	353	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	5438	433	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	5752	487	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	6252	400	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	89,9	0,92	6652	427	2,60	4,09	6,83	0,92	0,19	35,64	non liquefacibile
9,6	177,6	91,6	0,92	6452	480	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,8	181,3	93,3	0,91	6152	600	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10	185	95	0,91	6152	480	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,2	188,7	96,7	0,90	5966	600	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,4	192,4	98,4	0,90	5666	600	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,6	196,1	100,1	0,89	6366	680	2,82	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,8	199,8	101,8	0,89	6166	707	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11	203,5	103,5	0,88	6366	680	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,2	207,2	105,2	0,87	6479	640	2,80	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,4	210,9	106,9	0,87	6179	680	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT AMB 2												
11,6	214,6	108,6	0,86	5379	667	2,94	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,8	218,3	110,3	0,86	6579	680	2,82	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12	222	112	0,85	5979	687	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,2	225,7	113,7	0,85	6193	667	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,4	229,4	115,4	0,84	5693	647	2,91	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,6	233,1	117,1	0,84	6293	720	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,8	236,8	118,8	0,83	6593	773	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
13	240,5	120,5	0,83	7193	747	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
13,2	244,2	122,2	0,82	9007	707	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
13,4	247,9	123,9	0,82	6507	693	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
13,6	251,6	125,6	0,81	9207	560	2,58	3,44	5,73	0,81	0,17	32,88	non liquefacibile

Tabella 14: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT_AMB_2 (loc. Contradone)

CPT AMB 3												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	928	53	2,25	0,13	0,21	1,00	0,11	1,95	non liquefacibile
0,4	7,4	7,4	1,00	1128	40	2,19	0,13	0,22	1,00	0,11	2,05	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	2328	133	2,29	0,52	0,86	1,00	0,11	8,05	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	2528	67	2,06	0,14	0,23	0,99	0,11	2,18	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1041	40	2,50	0,14	0,24	0,99	0,11	2,26	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	1441	53	2,42	0,25	0,42	0,99	0,12	3,58	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1641	87	2,52	0,33	0,55	0,99	0,13	4,42	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1941	113	2,53	0,50	0,83	0,99	0,13	6,25	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	2341	173	2,58	0,81	1,36	0,99	0,14	9,74	non liquefacibile
2	37	27	0,98	2655	180	2,54	1,15	1,92	0,98	0,14	13,24	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	2955	320	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	3055	327	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	3055	340	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	3155	293	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	3069	313	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	2869	313	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	2869	313	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	3069	307	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	3069	300	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4	74	44	0,97	3183	400	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	3583	460	2,82	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	5083	380	2,55	4,76	7,94	0,97	0,18	44,56	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	2683	360	2,94	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	2383	273	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	2697	300	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	2397	127	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	2897	327	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CPT AMB 3												
5,6	103,6	57,6	0,96	1597	400	3,35	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	4197	380	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	3510	380	2,85	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	3610	393	2,85	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	4210	427	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	4210	507	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	5110	587	2,80	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	5824	560	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	5424	313	2,55	3,17	5,29	0,94	0,19	27,85	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	5424	347	2,60	3,06	5,11	0,94	0,19	26,85	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	5624	407	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	4924	367	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	4338	487	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	5438	500	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,4	155,4	81,4	0,94	5238	333	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	6338	333	2,52	1,97	3,29	0,93	0,19	17,12	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	5638	333	2,60	2,75	4,58	0,93	0,19	23,85	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	6452	340	2,53	2,01	3,35	0,93	0,19	17,39	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	5952	420	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	89,9	0,92	5652	380	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,6	177,6	91,6	0,92	5652	413	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,8	181,3	93,3	0,91	6552	533	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10	185	95	0,91	6552	413	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,2	188,7	96,7	0,90	6666	533	2,70	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,4	192,4	98,4	0,90	7066	840	2,82	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,6	196,1	100,1	0,89	7566	760	2,75	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,8	199,8	101,8	0,89	6566	647	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11	203,5	103,5	0,88	6166	553	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,2	207,2	105,2	0,87	5079	600	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,4	210,9	106,9	0,87	6679	667	2,80	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,6	214,6	108,6	0,86	4779	520	2,93	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,8	218,3	110,3	0,86	6179	693	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12	222	112	0,85	7479	667	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,2	225,7	113,7	0,85	6593	667	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,4	229,4	115,4	0,84	5893	633	2,88	-	-	-	-	-	non liquefacibile

Tabella 15: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT_AMB_3 (loc. Saliceto)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

AMB CPT 4												
prof.	σ_v	σ'_v	Rd	Rp	Rl	lc 1	CRR 7.5	CRR corretto	RD	CSR	FS	
m	KPa	KPa	-	KPa	KPa							
0,2	3,70	3,7	1,00	1828	20	1,48	0,08	0,14	1,00	0,11	1,27	non liquefacibile
0,4	7,4	7,4	1,00	1228	127	2,56	0,19	0,31	1,00	0,11	2,89	non liquefacibile
0,6	11,1	11,1	1,00	1528	100	2,44	0,28	0,47	1,00	0,11	4,43	non liquefacibile
0,8	14,8	14,8	0,99	1328	60	2,42	0,21	0,36	0,99	0,11	3,34	non liquefacibile
1	18,5	18,5	0,99	1141	60	2,58	0,16	0,28	0,99	0,11	2,58	non liquefacibile
1,2	22,2	20,2	0,99	941	47	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,4	25,9	21,9	0,99	1041	47	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,6	29,6	23,6	0,99	1541	120	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
1,8	33,3	25,3	0,99	1241	160	2,95	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2	37	27	0,98	1355	120	2,81	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,2	40,7	28,7	0,98	1655	187	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,4	44,4	30,4	0,98	2655	207	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,6	48,1	32,1	0,98	2155	207	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
2,8	51,8	33,8	0,98	2155	240	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3	55,5	35,5	0,98	1969	300	2,98	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,2	59,2	37,2	0,98	2569	260	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,4	62,9	38,9	0,97	2269	287	2,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,6	66,6	40,6	0,97	2369	287	2,88	-	-	-	-	-	non liquefacibile
3,8	70,3	42,3	0,97	2969	320	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4	74	44	0,97	3683	380	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,2	77,7	45,7	0,97	3583	387	2,76	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,4	81,4	47,4	0,97	3183	420	2,88	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,6	85,1	49,1	0,96	3083	393	2,88	-	-	-	-	-	non liquefacibile
4,8	88,8	50,8	0,96	2383	380	3,04	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5	92,5	52,5	0,96	4197	347	2,66	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,2	96,2	54,2	0,96	3897	280	2,64	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,4	99,9	55,9	0,96	3997	347	2,71	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,6	103,6	57,6	0,96	4397	353	2,67	-	-	-	-	-	non liquefacibile
5,8	107,3	59,3	0,96	4497	320	2,63	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6	111	61	0,95	3610	313	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,2	114,7	62,7	0,95	3910	380	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,4	118,4	64,4	0,95	4210	313	2,68	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,6	122,1	66,1	0,95	4610	427	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
6,8	125,8	67,8	0,95	5310	353	2,59	3,20	5,34	0,95	0,19	28,26	non liquefacibile
7	129,5	69,5	0,95	6124	413	2,57	4,69	7,82	0,95	0,19	41,32	non liquefacibile
7,2	133,2	71,2	0,94	5524	380	2,61	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,4	136,9	72,9	0,94	5324	360	2,62	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,6	140,6	74,6	0,94	4624	360	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
7,8	144,3	76,3	0,94	4624	413	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8	148	78	0,94	5438	467	2,72	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,2	151,7	79,7	0,94	4938	360	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

AMB CPT 4												
8,4	155,4	81,4	0,94	4738	373	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,6	159,1	83,1	0,93	5138	367	2,69	-	-	-	-	-	non liquefacibile
8,8	162,8	84,8	0,93	4438	367	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9	166,5	86,5	0,93	5352	447	2,74	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,2	170,2	88,2	0,93	5152	467	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,4	173,9	89,9	0,92	4952	427	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,6	177,6	91,6	0,92	5152	520	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
9,8	181,3	93,3	0,91	5652	620	2,84	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10	185	95	0,91	5652	520	2,79	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,2	188,7	96,7	0,90	4766	620	2,96	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,4	192,4	98,4	0,90	5666	653	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,6	196,1	100,1	0,89	6766	660	2,77	-	-	-	-	-	non liquefacibile
10,8	199,8	101,8	0,89	6166	693	2,85	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11	203,5	103,5	0,88	6466	653	2,80	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,2	207,2	105,2	0,87	6179	553	2,78	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,4	210,9	106,9	0,87	5579	587	2,87	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,6	214,6	108,6	0,86	5679	627	2,88	-	-	-	-	-	non liquefacibile
11,8	218,3	110,3	0,86	5979	627	2,86	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12	222	112	0,85	6179	747	2,90	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,2	225,7	113,7	0,85	6793	713	2,83	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,4	229,4	115,4	0,84	5993	647	2,88	-	-	-	-	-	non liquefacibile
12,6	233,1	117,1	0,84	6393	667	2,85	2,48	4,13	0,84	0,18	23,09	non liquefacibile
12,8	236,8	118,8	0,83	6793	820	2,89	-	-	-	-	-	non liquefacibile
13	240,5	120,5	0,83	7393	600	2,73	-	-	-	-	-	non liquefacibile
13,2	244,2	122,2	0,82	6507	647	2,84	2,45	4,09	0,82	0,18	23,20	non liquefacibile
13,4	247,9	123,9	0,82	7207	347	2,58	1,53	2,55	0,82	0,18	14,57	non liquefacibile

Tabella 16: Fattori di sicurezza alla liquefacibilità desunti tramite i dati della CPT_AMB_ (loc. S. Rocco)

Come si evince dalle tabelle precedenti all'interno dei depositi presenti nel territorio analizzato il rischio di liquefazione, di cui peraltro non si ha memoria storica in zona, può essere considerato trascurabile.

5 ELABORATI CARTOGRAFICI

5.1 CARTA DELLE INDAGINI

In Tavola 01 è riportata l'ubicazione delle indagini geognostiche pregresse ed ex-novo utilizzate per il presente Studio.

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata per un'area più estesa di quelle oggetto dello studio, allo scopo di comprendere e documentare il modello geologico preliminare e i fenomeni naturali che possono interessare le aree e avere implicazioni nella pericolosità sismica.

1. Indagini pregresse messe a disposizione dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna:
 - n. 15 Pozzi per acqua;
 - n. 10 Sondaggi a carotaggio continuo;
 - n. 1 Prova penetrometriche statiche con punta piezocono CPTU;
 - n. 5 Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT.

2. Indagini pregresse messe a disposizione dall'Ufficio Tecnico del Comune di Cadeo:
 - n. 6 Indagini geofisiche tipo MASW;
 - n. 1 Indagine geofisica tipo REMI;
 - n. 12 Prove penetrometriche dinamiche (DPM30).
 - n. 32 Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT

3. Indagini realizzate ex-novo per il presente Studio:
 - n. 5 Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT;

Le indagini sono rappresentate, in forma simbolica per tipologia; il simbolo di ciascuna indagine è corredata da un suffisso che ne indica la fonte (RER: SGSS della Regione Emilia Romagna, COM: archivio dell'Ufficio Tecnico comunale di Cadeo, AMB: archivio Società Ambiter s.r.l.), l'ubicazione del sito d'indagine e il numero della prova.

I dati provenienti dagli archivi del SGSS della Regione Emilia Romagna sono stati nominati con lo stesso suffisso indicato nella Banca Dati Geognostica della Regione Emilia-Romagna.

5.2 CARTA GEOLOGICO TECNICA

Nella Carta geologico tecnica sono riportate tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, idrogeologia) tratte dalle seguenti cartografie ed elaborati esistenti:

- Carta Geologica in scala 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna;
- Carta Geologica in scala 1:50.000 della Regione Emilia-Romagna;
- Tavola Q.C.23 'Carta Geologico - geolitologica' in scala 1:10.000 del PSC di Cadeo;
- Tavola Q.C.24 'Inquadramento geomorfologico' in scala 1:10.000 del PSC di Cadeo;
- Tavola Q.C.27 'Carta Idrogeologica' del PSC di Cadeo;
- Banca Dati Geognostica della Regione Emilia-Romagna.

La scala di rappresentazione della Carta Geologico tecnica è 1:10.000.

Per la comprensione degli aspetti litostratigrafici nel sottosuolo e schematizzare in forma sintetica i dati disponibili, sono state elaborate n. 4 sezioni litostratigrafiche, ricostruite sulla base delle indagini geognostiche disponibili.

5.3 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA

La Carta di microzonazione sismica (Livello 2) è stata elaborata tenendo conto della simulazione numerica ottenuta mediante l'utilizzo degli abachi di riferimento per gli effetti litostratigrafici previsti nell'Allegato A2 della Delibera dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, 112.

Sulla base dei dati ottenuti, il territorio è stato suddiviso in zone omogenee con uguale fattore di amplificazione FA; i coefficienti di amplificazione sono espressi in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia di Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi.

Come si evince dalla Tavola 05, alla luce dell'omogeneità dei dati ottenuti dalle indagini MASW disponibili, all'interno del territorio urbanizzato del Comune di Cadeo può essere individuata un'unica microzona stabile caratterizzata da depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o indifferenziati poggianti su di un substrato non rigido (Subsistema di Costamezzana) con $V_s < 800$ m/s.

I valori di amplificazione sismica FA, comuni per tutte le aree del territorio urbanizzato sono i seguenti:

$$FA_{PGA} = 1,5 - FA_{0,1-0,5S} = 1,8 - FA_{0,5-1S} = 2,3.$$

6 COMMENTI FINALI E CRITICITA'

Il presente studio sulla pericolosità sismica del territorio urbanizzato del Comune di Cadeo, sulla base delle indagini e delle analisi eseguite, consente di effettuare alcune considerazioni relative al comportamento dei terreni durante un evento sismico:

1. Gli studi effettuati confermano il rischio di amplificazione sismica in tutte le aree considerate dal presente Studio dovuto ai soli effetti stratigrafici.
2. I valori di amplificazione sismica FA, comuni per tutte le aree del territorio urbanizzato sono i seguenti: $FA_{PGA} = 1,5$ - $FA_{0,1-0,5S} = 1,8$ - $FA_{0,5-1S} = 2,3$.
3. Per quanto riguarda possibili fenomeni di liquefazione, in relazione alle stratigrafie desunte dai dati bibliografici esistenti (non sono stati rilevati livelli di depositi sabbiosi o limoso-sabbiosi significativi) ed alle analisi numeriche effettuate, si ritiene che il rischio all'interno del territorio comunale di Cadeo possa essere considerato trascurabile. Occorre tuttavia rilevare margini di incertezza per aree non indagate direttamente in cui potrebbero essere presenti depositi sabbiosi di spessore significativo.
4. In considerazione della ridotta soggiacenza della falda (generalmente compresa tra 1 e 3 m di profondità), dell'accelerazione e della magnitudo massima attesa nell'intero territorio comunale, nell'ambito della progettazione di nuove edificazioni o interventi su manufatti esistenti, è comunque sempre necessario effettuare specifiche verifiche di liquefazione dei terreni.
5. Gli studi geologici e sismici da espletarsi nelle successive fasi di progettazione dovranno essere realizzati in ottemperanza alle indicazioni previste dalla specifica normativa di riferimento (Legge n. 64 del 02/02/1974, DM dell'11/03/1988, D.A.L. 112/2007 della Regione Emilia-Romagna, DM 14/01/2008 e L.R. 19/2008). Tali studi dovranno essere corredati da specifiche indagini geognostiche e geofisiche commisurate all'importanza delle opere di progetto. Qualora, sulla base degli esiti delle indagini effettuate, venisse rilevata la presenza di depositi sabbiosi o limoso sabbiosi di spessore superiore ad 1 metro dovranno essere effettuate analisi speditive di quantificazione della liquefacibilità basate sulla stima del rapporto CRR/CSR. Nel caso gli esiti speditivi riscontrassero intervalli liquefacibili significativi, si dovrà procedere al prelievo di campioni di sedimenti negli intervalli più critici interessati da potenziale liquefazione, per effettuare specifiche prove geotecniche di laboratorio (es. prove triassiali cicliche) finalizzate alla valutazione delle resistenze alla liquefazione (CRR). Dovrà essere inoltre effettuata una specifica procedura per la modellazione numerica della risposta sismica locale, in grado di fornire i parametri necessari per la valutazione del CSR (Cyclic Stress Ratio).

ALLEGATO 1

INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI

ALLEGATO 2

TAVOLE

ID: CPT 1_1

LOCALITA': Fontana Fredda

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico
 Via Vitali, 32 - 29100 Piacenza
 Tel/Fax 0523/452257 - Cell. 335/8147227

Rifer. FONTANAF

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 1

2.010496-05

- committente : Trevi Srl
 - lavoro : Nuova lottizzazione
 - località : Fontana Fredda - Cadeo
 - note :
 - data : 30/12/1899
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -1,40 m da quota inizio
 - pagina : 1

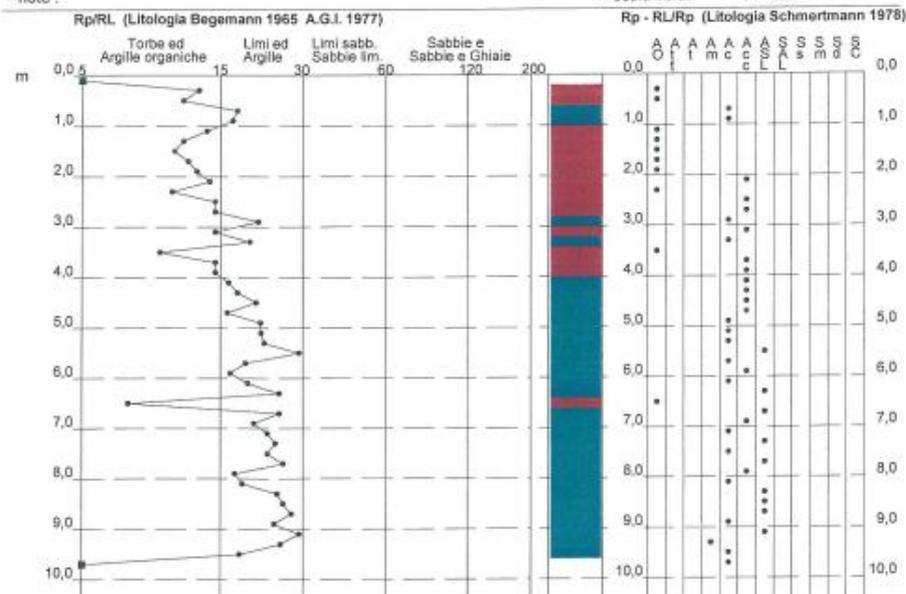
Prof. m	Letture di campagna		Rp	RL	Rp/RL	Prof. m	Letture di campagna		Rp	RL	Rp/RL
	punta	laterale	kg/cm ²	kg/cm ²			punta	laterale	kg/cm ²	kg/cm ²	
0,20	---	---	---	0,93	---	5,20	19,0	30,0	19,0	0,67	22,0
0,40	14,0	28,0	14,0	1,07	13,0	5,40	15,0	28,0	15,0	0,67	22,0
0,60	10,0	26,0	10,0	0,87	12,0	5,60	16,0	26,0	16,0	0,53	30,0
0,80	12,0	25,0	12,0	0,67	18,0	5,80	18,0	26,0	18,0	0,93	19,0
1,00	15,0	25,0	15,0	0,87	17,0	6,00	17,0	31,0	17,0	1,00	17,0
1,20	14,0	27,0	14,0	1,00	14,0	6,20	17,0	32,0	17,0	0,87	20,0
1,40	10,0	25,0	10,0	0,87	12,0	6,40	17,0	30,0	17,0	0,67	25,0
1,60	10,0	23,0	10,0	0,93	11,0	6,60	18,0	28,0	18,0	2,47	7,0
1,80	16,0	30,0	16,0	1,33	12,0	6,80	17,0	54,0	17,0	0,67	25,0
2,00	18,0	38,0	18,0	1,40	13,0	7,00	22,0	32,0	22,0	1,07	21,0
2,20	21,0	42,0	21,0	1,47	14,0	7,20	20,0	36,0	20,0	0,67	23,0
2,40	21,0	43,0	21,0	2,00	10,0	7,40	23,0	36,0	23,0	0,93	25,0
2,60	27,0	57,0	27,0	1,80	15,0	7,60	20,0	34,0	20,0	0,87	23,0
2,80	24,0	51,0	24,0	1,60	15,0	7,80	28,0	41,0	28,0	1,07	26,0
3,00	20,0	44,0	20,0	0,93	21,0	8,00	20,0	36,0	20,0	1,13	18,0
3,20	16,0	30,0	16,0	1,07	15,0	8,20	15,0	32,0	15,0	0,80	19,0
3,40	16,0	32,0	16,0	0,80	20,0	8,40	15,0	27,0	15,0	0,60	25,0
3,60	24,0	36,0	24,0	2,53	9,0	8,60	14,0	23,0	14,0	0,53	26,0
3,80	18,0	56,0	18,0	1,20	15,0	8,80	15,0	23,0	15,0	0,53	28,0
4,00	17,0	35,0	17,0	1,13	15,0	9,00	13,0	21,0	13,0	0,53	24,0
4,20	19,0	36,0	19,0	1,13	17,0	9,20	14,0	22,0	14,0	0,47	30,0
4,40	18,0	35,0	18,0	1,00	18,0	9,40	12,0	19,0	12,0	0,47	26,0
4,60	21,0	36,0	21,0	1,00	21,0	9,60	11,0	18,0	11,0	0,60	18,0
4,80	21,0	36,0	21,0	1,27	17,0	9,80	10,0	19,0	10,0	---	---
5,00	16,0	35,0	16,0	0,73	22,0						

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 1

2.010496-05

- committente : Trevi Srl
 - lavoro : Nuova lottizzazione
 - località : Fontana Fredda - Cadeo
 - note :
 - data : 30/12/1899
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -1,40 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



ID: CPT 1_2

LOCALITA': Fontana Fredda

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

Dott. Paolo Mancioffi Studio Geologico
 Via Vitali, 32 - 29100 Piacenza
 Tel/Fax 0523/452257 - Cell. 335/8147227

Rifer. FONTANAF

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 2

2.010496-05

- committente : Trevi Srl
 - lavoro : Nuova lottizzazione
 - località : Fontana Fredda - Cadeo
 - note :
 - data : 30/12/1899
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -0,90 m da quota inizio
 - pagina : 1

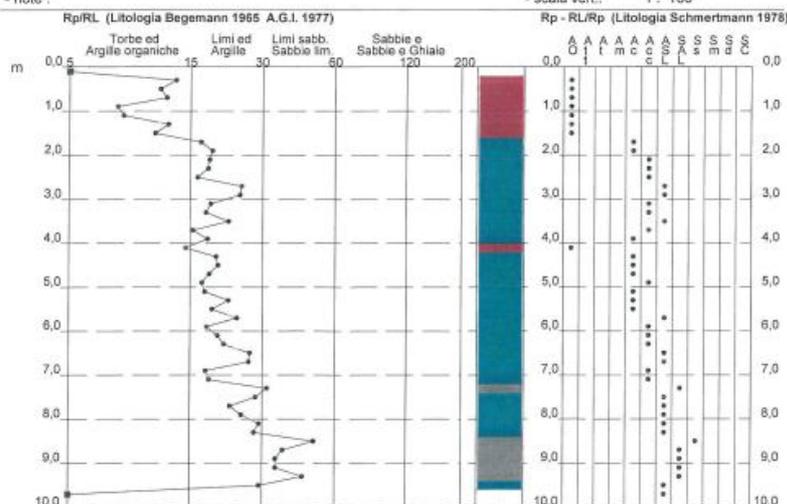
Prof. m	Letture di campagna		Rp	RL	Rp/RL	Prof. m	Letture di campagna		Rp	RL	Rp/RL
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	---	---	---	0,53	---	5,20	12,0	30,0	12,0	0,67	18,0
0,40	10,0	18,0	10,0	0,73	14,0	5,40	18,0	28,0	18,0	0,80	22,0
0,60	11,0	22,0	11,0	0,93	12,0	5,60	18,0	30,0	18,0	0,93	19,0
0,80	15,0	29,0	15,0	1,20	12,0	5,80	26,0	40,0	26,0	1,07	24,0
1,00	10,0	28,0	10,0	1,27	8,0	6,00	22,0	38,0	22,0	1,20	18,0
1,20	10,0	29,0	10,0	1,20	8,0	6,20	23,0	41,0	23,0	1,13	20,0
1,40	11,0	29,0	11,0	0,87	13,0	6,40	23,0	40,0	23,0	1,07	22,0
1,60	12,0	25,0	12,0	1,07	11,0	6,60	22,0	38,0	22,0	0,80	27,0
1,80	15,0	31,0	15,0	0,87	17,0	6,80	29,0	41,0	29,0	1,07	27,0
2,00	18,0	31,0	18,0	0,93	19,0	7,00	23,0	39,0	23,0	1,27	18,0
2,20	20,0	34,0	20,0	1,07	19,0	7,20	25,0	44,0	25,0	1,33	19,0
2,40	21,0	37,0	21,0	1,13	19,0	7,40	28,0	48,0	28,0	0,87	32,0
2,60	28,0	45,0	28,0	1,67	17,0	7,60	31,0	44,0	31,0	1,07	29,0
2,80	22,0	47,0	22,0	0,87	25,0	7,80	29,0	45,0	29,0	1,27	23,0
3,00	20,0	33,0	20,0	0,80	25,0	8,00	22,0	41,0	22,0	0,87	25,0
3,20	19,0	31,0	19,0	1,00	19,0	8,20	18,0	31,0	18,0	0,60	30,0
3,40	23,0	38,0	23,0	1,27	18,0	8,40	21,0	30,0	21,0	0,73	29,0
3,60	24,0	43,0	24,0	1,07	22,0	8,60	20,0	31,0	20,0	0,40	50,0
3,80	15,0	31,0	15,0	0,93	16,0	8,80	15,0	21,0	15,0	0,40	37,0
4,00	16,0	30,0	16,0	0,87	18,0	9,00	14,0	20,0	14,0	0,40	35,0
4,20	14,0	27,0	14,0	0,93	15,0	9,20	14,0	20,0	14,0	0,40	35,0
4,40	16,0	30,0	16,0	0,80	20,0	9,40	15,0	21,0	15,0	0,33	45,0
4,60	19,0	31,0	19,0	0,93	20,0	9,60	14,0	19,0	14,0	0,47	30,0
4,80	15,0	29,0	15,0	0,80	19,0	9,80	13,0	20,0	13,0	---	---
5,00	21,0	33,0	21,0	1,20	17,0						

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 2

2.010496-05

- committente : Trevi Srl
 - lavoro : Nuova lottizzazione
 - località : Fontana Fredda - Cadeo
 - note :
 - data : 30/12/1899
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -0,90 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



ID: CPT 1_3

LOCALITA': Fontana Fredda

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

Ente Parco Nazionale della Scienza
 Via Vitali, 32 - 29100 Piacenza
 Tel/Fax 0523/452257 - Cell. 335/8147227

Rifer. FONTANAF

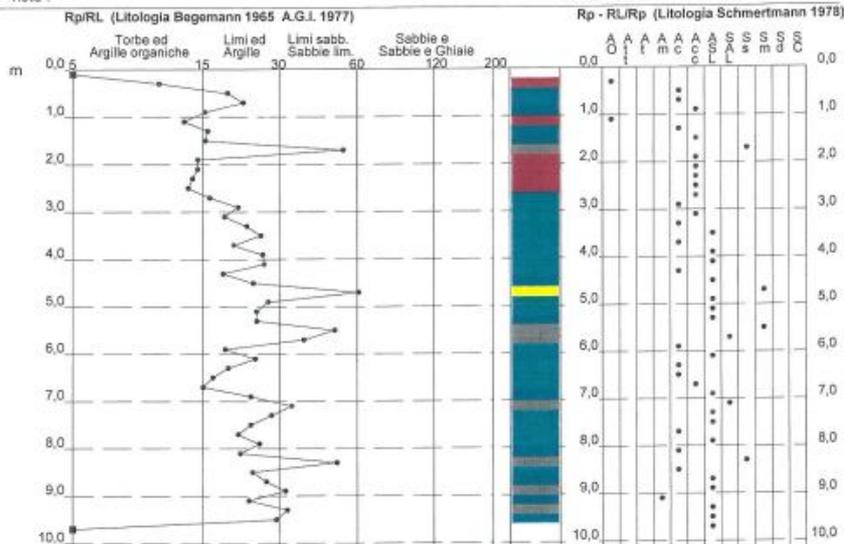
PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 3
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA 2.010496-05

- committente : Trevi Srl
 - lavoro : Nuova lottizzazione
 - località : Fontana Fredda - Cadeo
 - note :
 - data : 02/03/1907
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -0,80 m da quota inizio
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		Rp kg/cm ²	RL	Rp/RL	Prof. m	Letture di campagna		Rp kg/cm ²	RL	Rp/RL
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	----	----	--	0,67	----	5,20	32,0	47,0	32,0	1,27	25,0
0,40	10,0	20,0	10,0	0,93	11,0	5,40	27,0	46,0	27,0	1,07	25,0
0,60	13,0	27,0	13,0	0,67	19,0	5,60	30,0	46,0	30,0	0,60	50,0
0,80	15,0	25,0	15,0	0,67	22,0	5,80	28,0	37,0	28,0	0,73	38,0
1,00	16,0	26,0	16,0	1,00	16,0	6,00	14,0	25,0	14,0	0,73	19,0
1,20	8,0	23,0	8,0	0,60	13,0	6,20	20,0	31,0	20,0	0,80	25,0
1,40	12,0	21,0	12,0	0,73	16,0	6,40	17,0	29,0	17,0	0,87	20,0
1,60	15,0	26,0	15,0	0,93	16,0	6,60	16,0	29,0	16,0	0,93	17,0
1,80	18,0	32,0	18,0	0,33	54,0	6,80	22,0	36,0	22,0	1,40	16,0
2,00	18,0	23,0	18,0	1,20	15,0	7,00	24,0	45,0	24,0	1,00	24,0
2,20	22,0	40,0	22,0	1,47	15,0	7,20	32,0	47,0	32,0	0,93	34,0
2,40	22,0	44,0	22,0	1,53	14,0	7,40	23,0	37,0	23,0	0,80	29,0
2,60	23,0	46,0	23,0	1,67	14,0	7,60	24,0	36,0	24,0	1,00	24,0
2,80	20,0	45,0	20,0	1,20	17,0	7,80	20,0	35,0	20,0	0,93	21,0
3,00	20,0	38,0	20,0	0,93	21,0	8,00	19,0	33,0	19,0	0,73	26,0
3,20	19,0	33,0	19,0	1,00	19,0	8,20	16,0	27,0	16,0	0,73	22,0
3,40	17,0	32,0	17,0	0,73	23,0	8,40	17,0	28,0	17,0	0,33	51,0
3,60	14,0	25,0	14,0	0,53	26,0	8,60	13,0	18,0	13,0	0,53	24,0
3,80	11,0	19,0	11,0	0,53	21,0	8,80	11,0	19,0	11,0	0,40	27,0
4,00	16,0	24,0	16,0	0,60	27,0	9,00	13,0	19,0	13,0	0,40	32,0
4,20	18,0	27,0	18,0	0,67	27,0	9,20	11,0	17,0	11,0	0,47	24,0
4,40	15,0	25,0	15,0	0,80	19,0	9,40	11,0	18,0	11,0	0,33	33,0
4,60	18,0	30,0	18,0	0,73	25,0	9,60	12,0	17,0	12,0	0,40	30,0
4,80	37,0	48,0	37,0	0,60	62,0	9,80	11,0	17,0	11,0	----	----
5,00	28,0	37,0	28,0	1,00	28,0						

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 3
VALUTAZIONI LITOLOGICHE 2.010496-05

- committente : Trevi Srl
 - lavoro : Nuova lottizzazione
 - località : Fontana Fredda - Cadeo
 - note :
 - data : 02/03/1907
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -0,80 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



ID: CPT 1_5

LOCALITA': Fontana Fredda

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

Dott. Paolo Mancioffi Studio Geologico
 Via Vitali, 32 - 29100 Piacenza
 Tel/Fax 0523/452257 - Cell. 335/8147227

Rifer. FONTANAF

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 5

2.010496-05

- committente : Trevi Srl
 - lavoro : Nuova lottizzazione
 - località : Fontana Fredda - Cadeo
 - note :
 - data : 30/12/1899
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -1,00 m da quota inizio
 - pagina : 1

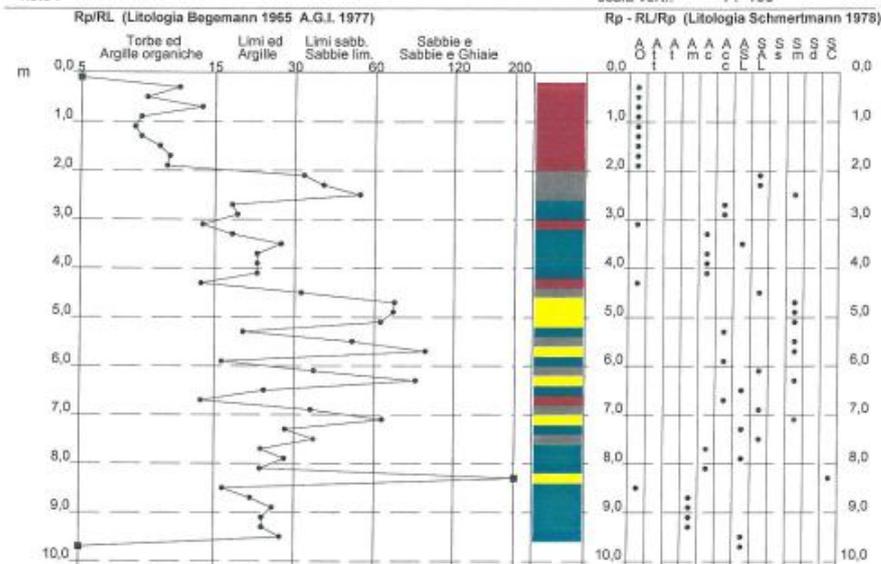
Prof. m	Letture di campagna		Rp kg/cm ²	RL	Rp/RL	Prof. m	Letture di campagna		Rp kg/cm ²	RL	Rp/RL
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	----	----	--	0,93	----	5,20	47,0	55,0	47,0	0,73	64,0
0,40	10,0	24,0	10,0	0,87	12,0	5,40	24,0	35,0	24,0	1,20	20,0
0,60	7,0	20,0	7,0	0,80	9,0	5,60	47,0	65,0	47,0	0,93	50,0
0,80	14,0	26,0	14,0	1,00	14,0	5,80	50,0	64,0	50,0	0,53	94,0
1,00	10,0	25,0	10,0	1,20	8,0	6,00	20,0	28,0	20,0	1,20	17,0
1,20	10,0	28,0	10,0	1,27	8,0	6,20	17,0	35,0	17,0	0,47	36,0
1,40	10,0	29,0	10,0	1,20	8,0	6,40	23,0	30,0	23,0	0,27	86,0
1,60	13,0	31,0	13,0	1,33	10,0	6,60	35,0	39,0	35,0	1,47	24,0
1,80	17,0	37,0	17,0	1,60	11,0	6,80	27,0	49,0	27,0	1,93	14,0
2,00	18,0	42,0	18,0	1,73	10,0	7,00	26,0	55,0	26,0	0,73	35,0
2,20	20,0	46,0	20,0	0,60	33,0	7,20	39,0	50,0	39,0	0,60	65,0
2,40	21,0	30,0	21,0	0,53	39,0	7,40	21,0	30,0	21,0	0,73	29,0
2,60	25,0	33,0	25,0	0,47	54,0	7,60	17,0	26,0	17,0	0,47	36,0
2,80	23,0	30,0	23,0	1,27	18,0	7,80	14,0	21,0	14,0	0,60	23,0
3,00	19,0	38,0	19,0	1,00	19,0	8,00	19,0	26,0	19,0	0,67	28,0
3,20	16,0	31,0	16,0	1,13	14,0	8,20	17,0	27,0	17,0	0,73	23,0
3,40	17,0	34,0	17,0	0,93	18,0	8,40	14,0	25,0	14,0	0,07	210,0
3,60	11,0	25,0	11,0	0,40	27,0	8,60	9,0	10,0	9,0	0,53	17,0
3,80	21,0	27,0	21,0	0,93	22,0	8,80	10,0	18,0	10,0	0,47	21,0
4,00	12,0	26,0	12,0	0,53	22,0	9,00	12,0	19,0	12,0	0,47	26,0
4,20	18,0	26,0	18,0	0,80	22,0	9,20	11,0	18,0	11,0	0,47	24,0
4,40	13,0	25,0	13,0	0,93	14,0	9,40	11,0	18,0	11,0	0,47	24,0
4,60	24,0	38,0	24,0	0,73	33,0	9,60	11,0	18,0	11,0	0,40	27,0
4,80	24,0	35,0	24,0	0,33	72,0	9,80	11,0	17,0	11,0	----	----
5,00	36,0	43,0	36,0	0,53	71,0						

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 5

2.010496-05

- committente : Trevi Srl
 - lavoro : Nuova lottizzazione
 - località : Fontana Fredda - Cadeo
 - note :
 - data : 30/12/1899
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -1,00 m da quota inizio
 - scala vert. : 1 : 100



ID: CPT 1_6

LOCALITA': Fontana Fredda

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

Dott. Paolo Mancioffi Studio Geologico
 Via Vitali, 32 - 29100 Piacenza
 Tel/Fax 0523/452257 - Cell. 335/8147227

Rifer. FONTANAF

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 6
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

2.010498-05

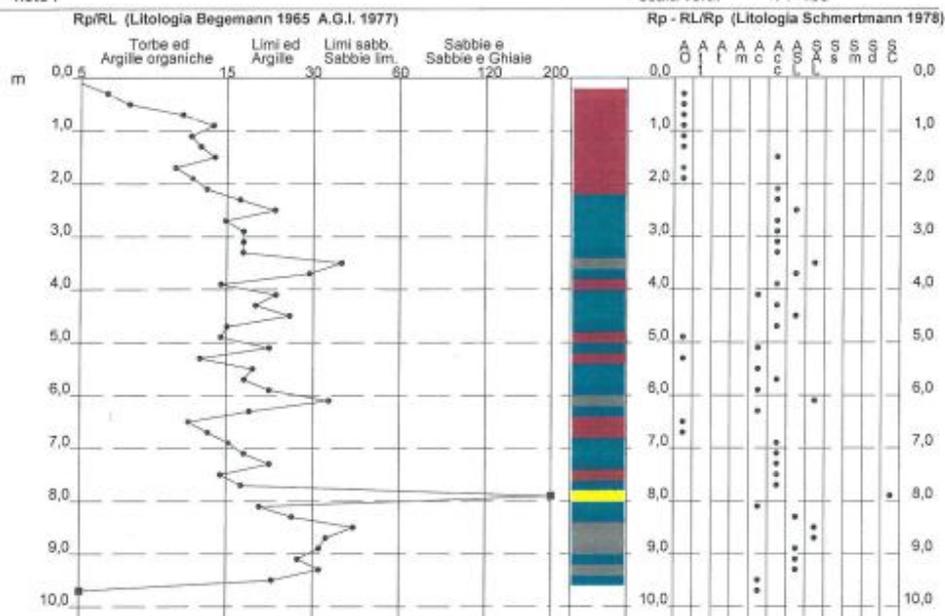
- committente : Trevi Srl
 - lavoro : Nuova lottizzazione
 - località : Fontana Fredda - Cadeo
 - note :
 - data : 02/03/1907
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -1,30 m da quota inizio
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		Rp	RL	Rp/RL	Prof. m	Letture di campagna		Rp	RL	Rp/RL
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	----	----	----	----	----	5,20	19,0	34,0	19,0	0,87	22,0
0,40	16,0	16,0	16,0	2,60	6,0	5,40	17,0	30,0	17,0	1,33	13,0
0,60	20,0	59,0	20,0	2,73	7,0	5,60	18,0	38,0	18,0	0,93	19,0
0,80	17,0	58,0	17,0	1,53	11,0	5,80	18,0	32,0	18,0	1,00	18,0
1,00	16,0	39,0	16,0	1,13	14,0	6,00	19,0	34,0	19,0	0,87	22,0
1,20	15,0	32,0	15,0	1,27	12,0	6,20	21,0	34,0	21,0	0,60	35,0
1,40	17,0	36,0	17,0	1,33	13,0	6,40	15,0	24,0	15,0	0,80	19,0
1,60	19,0	39,0	19,0	1,33	14,0	6,60	14,0	26,0	14,0	1,20	12,0
1,80	21,0	41,0	21,0	2,00	10,0	6,80	19,0	37,0	19,0	1,40	14,0
2,00	24,0	54,0	24,0	2,00	12,0	7,00	17,0	38,0	17,0	1,07	16,0
2,20	25,0	55,0	25,0	1,87	13,0	7,20	18,0	34,0	18,0	1,00	18,0
2,40	29,0	57,0	29,0	1,67	17,0	7,40	22,0	37,0	22,0	1,00	22,0
2,60	29,0	54,0	29,0	1,27	23,0	7,60	29,0	44,0	29,0	1,93	15,0
2,80	30,0	49,0	30,0	1,93	16,0	7,80	27,0	56,0	27,0	1,53	18,0
3,00	31,0	60,0	31,0	1,73	18,0	8,00	21,0	44,0	21,0	0,07	315,0
3,20	25,0	51,0	25,0	1,40	18,0	8,20	19,0	20,0	19,0	0,93	20,0
3,40	19,0	40,0	19,0	1,07	18,0	8,40	21,0	35,0	21,0	0,80	26,0
3,60	18,0	34,0	18,0	0,47	39,0	8,60	17,0	29,0	17,0	0,40	42,0
3,80	28,0	35,0	28,0	0,93	30,0	8,80	16,0	22,0	16,0	0,47	34,0
4,00	18,0	32,0	18,0	1,20	15,0	9,00	13,0	20,0	13,0	0,40	32,0
4,20	20,0	38,0	20,0	0,87	23,0	9,20	11,0	17,0	11,0	0,40	27,0
4,40	21,0	34,0	21,0	1,07	20,0	9,40	13,0	19,0	13,0	0,40	32,0
4,60	24,0	40,0	24,0	0,93	26,0	9,60	12,0	18,0	12,0	0,53	22,0
4,80	21,0	35,0	21,0	1,33	16,0	9,80	11,0	19,0	11,0	----	----
5,00	15,0	35,0	15,0	1,00	15,0						

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 6
VALUTAZIONI LITOLOGICHE

2.010498-05

- committente : Trevi Srl
 - lavoro : Nuova lottizzazione
 - località : Fontana Fredda - Cadeo
 - note :
 - data : 02/03/1907
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -1,30 m da quota inizio
 - scala vert. : 1 : 100



ID: CPT 1_7

LOCALITA': Fontana Fredda

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

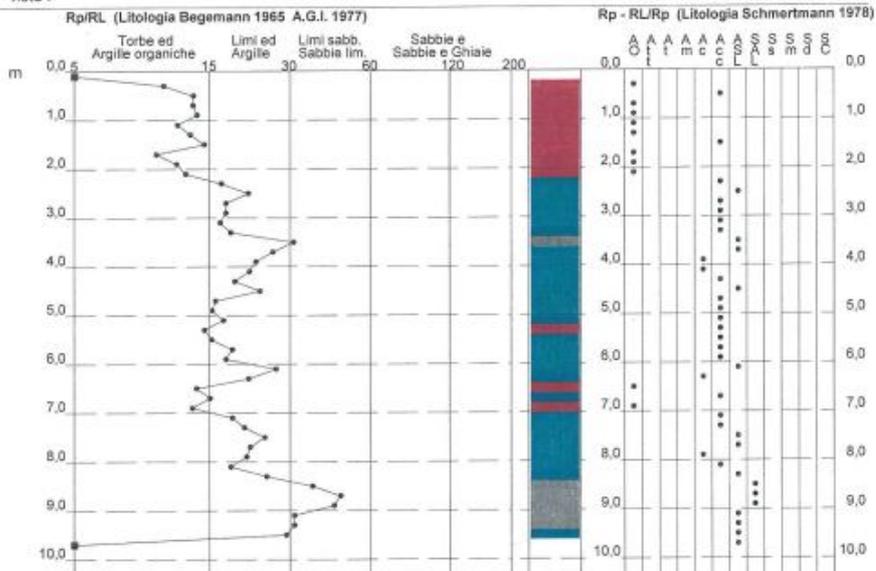
PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 7
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA 2.010496-05

- committente : Trevi Srl
 - lavoro : Nuova lottizzazione
 - località : Fontana Fredda - Cadeo
 - note :
 - data : 30/12/1899
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -1,20 m da quota inizio
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		Rp	RL	Rp/RL	Prof. m	Letture di campagna		Rp	RL	Rp/RL
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	---	---	---	0,20	---	5,20	20,0	35,0	20,0	1,13	18,0
0,40	17,0	20,0	17,0	1,60	11,0	5,40	17,0	34,0	17,0	1,13	15,0
0,60	21,0	45,0	21,0	1,53	14,0	5,60	17,0	34,0	17,0	1,07	16,0
0,80	20,0	43,0	20,0	1,47	14,0	5,80	19,0	35,0	19,0	1,00	19,0
1,00	16,0	38,0	16,0	1,13	14,0	6,00	18,0	33,0	18,0	1,00	18,0
1,20	16,0	33,0	16,0	1,33	12,0	6,20	22,0	37,0	22,0	0,80	27,0
1,40	16,0	36,0	16,0	1,20	13,0	6,40	16,0	28,0	16,0	0,73	22,0
1,60	20,0	38,0	20,0	1,33	15,0	6,60	15,0	26,0	15,0	1,07	14,0
1,80	20,0	40,0	20,0	2,00	10,0	6,80	21,0	37,0	21,0	1,33	16,0
2,00	23,0	53,0	23,0	1,93	12,0	7,00	19,0	39,0	19,0	1,40	14,0
2,20	24,0	53,0	24,0	1,87	13,0	7,20	19,0	40,0	19,0	1,00	19,0
2,40	30,0	58,0	30,0	1,73	17,0	7,40	21,0	36,0	21,0	1,00	21,0
2,60	29,0	55,0	29,0	1,33	22,0	7,60	30,0	45,0	30,0	1,20	25,0
2,80	30,0	50,0	30,0	1,67	18,0	7,80	28,0	46,0	28,0	1,27	22,0
3,00	30,0	55,0	30,0	1,67	18,0	8,00	20,0	39,0	20,0	0,93	21,0
3,20	24,0	49,0	24,0	1,40	17,0	8,20	20,0	34,0	20,0	1,07	19,0
3,40	20,0	41,0	20,0	1,07	19,0	8,40	22,0	38,0	22,0	0,87	25,0
3,60	17,0	33,0	17,0	0,53	32,0	8,60	20,0	33,0	20,0	0,53	37,0
3,80	25,0	33,0	25,0	0,93	27,0	8,80	19,0	27,0	19,0	0,40	47,0
4,00	17,0	31,0	17,0	0,73	23,0	9,00	18,0	24,0	18,0	0,40	45,0
4,20	19,0	30,0	19,0	0,87	22,0	9,20	15,0	21,0	15,0	0,47	32,0
4,40	22,0	35,0	22,0	1,13	19,0	9,40	15,0	22,0	15,0	0,47	32,0
4,60	24,0	41,0	24,0	1,00	24,0	9,60	14,0	21,0	14,0	0,47	30,0
4,80	22,0	37,0	22,0	1,33	16,0	9,80	13,0	20,0	13,0	---	---
5,00	16,0	36,0	16,0	1,00	16,0						

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 7
VALUTAZIONI LITOLOGICHE 2.010496-05

- committente : Trevi Srl
 - lavoro : Nuova lottizzazione
 - località : Fontana Fredda - Cadeo
 - note :
 - data : 30/12/1899
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -1,20 m da quota inizio
 - scala vert. : 1 : 100



ID: CPT 1_8

LOCALITA': Fontana Fredda

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

Dott. Paolo Mancioffi Studio Geologico
 Via Vitelli, 32 - 29100 Piacenza
 Tel/Fax 0523/452257 - Cell. 335/8147227

Rifer. FONTANAF

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 8
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

2.010496-05

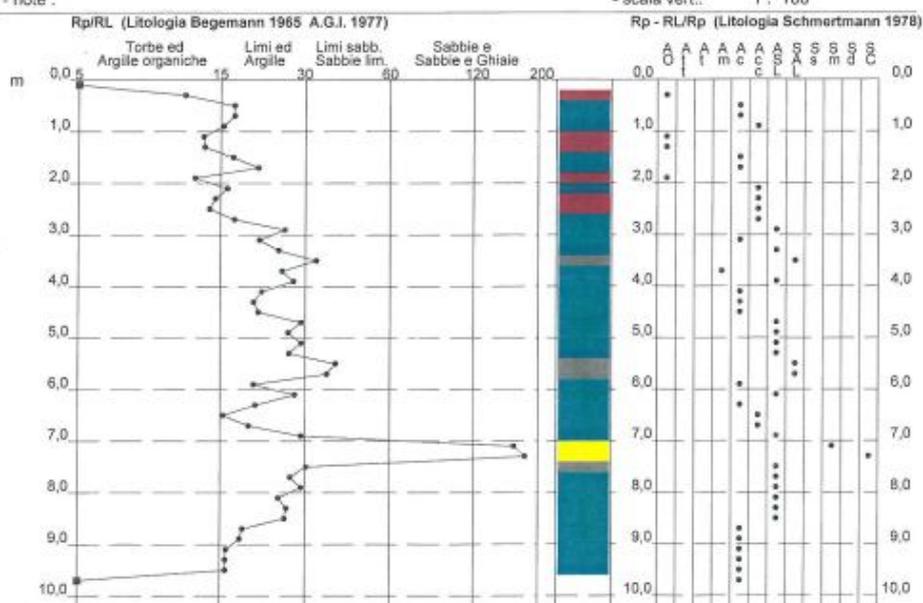
- committente : Trevi Srl
 - lavoro : Nuova lottizzazione
 - località : Fontana Fredda - Cadeo
 - note :
 - data : 30/12/1899
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -0,90 m da quota inizio
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		Rp	RL	Rp/RL	Prof. m	Letture di campagna		Rp	RL	Rp/RL
	punta	laterale	kg/cm ²	kg/cm ²			punta	laterale	kg/cm ²	kg/cm ²	
0,20	---	---	---	0,47	----	5,20	30,0	45,0	30,0	1,00	30,0
0,40	11,0	18,0	11,0	0,93	12,0	5,40	29,0	44,0	29,0	1,07	27,0
0,60	14,0	28,0	14,0	0,80	17,0	5,60	29,0	45,0	29,0	0,73	40,0
0,80	14,0	26,0	14,0	0,80	17,0	5,80	27,0	38,0	27,0	0,73	37,0
1,00	15,0	27,0	15,0	0,93	16,0	6,00	15,0	26,0	15,0	0,73	20,0
1,20	10,0	24,0	10,0	0,73	14,0	6,20	19,0	30,0	19,0	0,67	28,0
1,40	11,0	22,0	11,0	0,80	14,0	6,40	18,0	28,0	18,0	0,87	21,0
1,60	15,0	27,0	15,0	0,87	17,0	6,60	15,0	28,0	15,0	0,93	16,0
1,80	17,0	30,0	17,0	0,80	21,0	6,80	21,0	35,0	21,0	1,07	20,0
2,00	17,0	29,0	17,0	1,33	13,0	7,00	24,0	40,0	24,0	0,80	30,0
2,20	21,0	41,0	21,0	1,27	17,0	7,20	33,0	45,0	33,0	0,20	165,0
2,40	22,0	41,0	22,0	1,47	15,0	7,40	24,0	27,0	24,0	0,13	180,0
2,60	22,0	44,0	22,0	1,53	14,0	7,60	25,0	27,0	25,0	0,80	31,0
2,80	21,0	44,0	21,0	1,20	17,0	7,80	22,0	34,0	22,0	0,80	27,0
3,00	21,0	39,0	21,0	0,80	26,0	8,00	20,0	32,0	20,0	0,67	30,0
3,20	20,0	32,0	20,0	0,93	21,0	8,20	15,0	25,0	15,0	0,60	25,0
3,40	20,0	34,0	20,0	0,80	25,0	8,40	16,0	25,0	16,0	0,60	27,0
3,60	18,0	30,0	18,0	0,53	34,0	8,60	14,0	23,0	14,0	0,53	26,0
3,80	12,0	20,0	12,0	0,47	26,0	8,80	10,0	18,0	10,0	0,53	19,0
4,00	15,0	22,0	15,0	0,53	28,0	9,00	11,0	19,0	11,0	0,60	18,0
4,20	16,0	24,0	16,0	0,73	22,0	9,20	11,0	20,0	11,0	0,67	16,0
4,40	15,0	26,0	15,0	0,73	20,0	9,40	12,0	22,0	12,0	0,73	16,0
4,60	17,0	28,0	17,0	0,80	21,0	9,60	12,0	23,0	12,0	0,73	16,0
4,80	22,0	34,0	22,0	0,73	30,0	9,80	12,0	23,0	12,0	---	---
5,00	27,0	38,0	27,0	1,00	27,0						

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 8
VALUTAZIONI LITOLOGICHE

2.010496-05

- committente : Trevi Srl
 - lavoro : Nuova lottizzazione
 - località : Fontana Fredda - Cadeo
 - note :
 - data : 30/12/1899
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -0,90 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



ID: CPT 1_9

LOCALITA': Fontana Fredda

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

Dott. Paolo Mancioffi Studio Geologico
 Via Vitali, 32 - 29100 Piacenza
 Tel/Fax 0523/452257 - Cell. 335/8147227

Rifer. FONTANAF

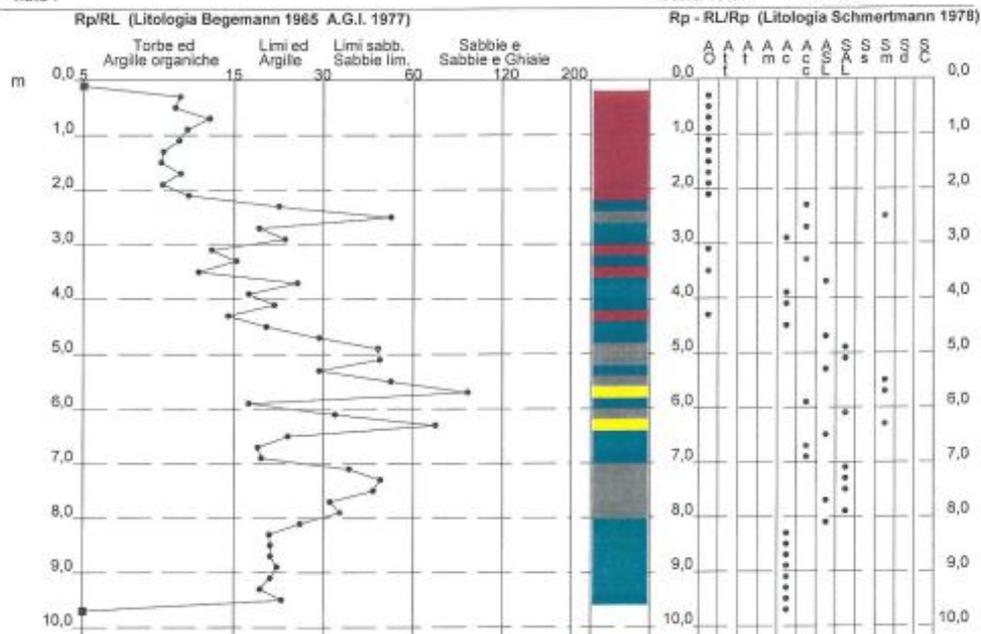
PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 9
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA 2.010496-05

- committente : Trevi Srl - data : 30/12/1899
 - lavoro : Nuova lottizzazione - quota inizio : Piano Campagna
 - località : Fontana Fredda - Cadeo - prof. falda : -1,00 m da quota inizio
 - note : - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna			Rp	RL	Rp/RL	Prof. m	Letture di campagna			Rp	RL	Rp/RL
	punta	laterale		kg/cm ²				punta	laterale		kg/cm ²		
0,20	---	---	---	---	0,93	---	5,20	41,0	50,0	41,0	0,87	47,0	
0,40	9,0	23,0	9,0	0,87	10,0		5,40	26,0	39,0	26,0	0,87	30,0	
0,60	8,0	21,0	8,0	0,80	10,0		5,60	48,0	61,0	48,0	0,93	51,0	
0,80	13,0	25,0	13,0	1,00	13,0		5,80	49,0	63,0	49,0	0,53	92,0	
1,00	11,0	26,0	11,0	1,00	11,0		6,00	21,0	29,0	21,0	1,20	17,0	
1,20	11,0	26,0	11,0	1,07	10,0		6,20	18,0	36,0	18,0	0,53	34,0	
1,40	11,0	27,0	11,0	1,20	9,0		6,40	24,0	32,0	24,0	0,33	72,0	
1,60	12,0	30,0	12,0	1,33	9,0		6,60	33,0	38,0	33,0	1,40	24,0	
1,80	16,0	36,0	16,0	1,53	10,0		6,80	30,0	51,0	30,0	1,60	19,0	
2,00	17,0	40,0	17,0	1,87	9,0		7,00	27,0	51,0	27,0	1,40	19,0	
2,20	20,0	48,0	20,0	1,80	11,0		7,20	40,0	61,0	40,0	1,07	37,0	
2,40	22,0	49,0	22,0	1,00	22,0		7,40	38,0	54,0	38,0	0,80	47,0	
2,60	24,0	39,0	24,0	0,47	51,0		7,60	18,0	30,0	18,0	0,40	45,0	
2,80	24,0	31,0	24,0	1,27	19,0		7,80	13,0	19,0	13,0	0,40	32,0	
3,00	20,0	39,0	20,0	0,87	23,0		8,00	21,0	27,0	21,0	0,60	35,0	
3,20	15,0	28,0	15,0	1,13	13,0		8,20	19,0	28,0	19,0	0,73	26,0	
3,40	17,0	34,0	17,0	1,07	16,0		8,40	15,0	26,0	15,0	0,73	20,0	
3,60	12,0	28,0	12,0	1,00	12,0		8,60	11,0	22,0	11,0	0,53	21,0	
3,80	22,0	37,0	22,0	0,87	25,0		8,80	11,0	19,0	11,0	0,53	21,0	
4,00	14,0	27,0	14,0	0,80	17,0		9,00	13,0	21,0	13,0	0,60	22,0	
4,20	17,0	29,0	17,0	0,80	21,0		9,20	11,0	20,0	11,0	0,53	21,0	
4,40	14,0	26,0	14,0	0,93	15,0		9,40	14,0	22,0	14,0	0,73	19,0	
4,60	16,0	30,0	16,0	0,80	20,0		9,60	15,0	26,0	15,0	0,67	22,0	
4,80	22,0	34,0	22,0	0,73	30,0		9,80	14,0	24,0	14,0	---	---	
5,00	28,0	39,0	28,0	0,60	47,0								

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 9
VALUTAZIONI LITOLOGICHE 2.010496-05

- committente : Trevi Srl - data : 30/12/1899
 - lavoro : Nuova lottizzazione - quota inizio : Piano Campagna
 - località : Fontana Fredda - Cadeo - prof. falda : -1,00 m da quota inizio
 - note : - scala vert.: 1 : 100



ID: CPT 1_10

LOCALITA': Fontana Fredda

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

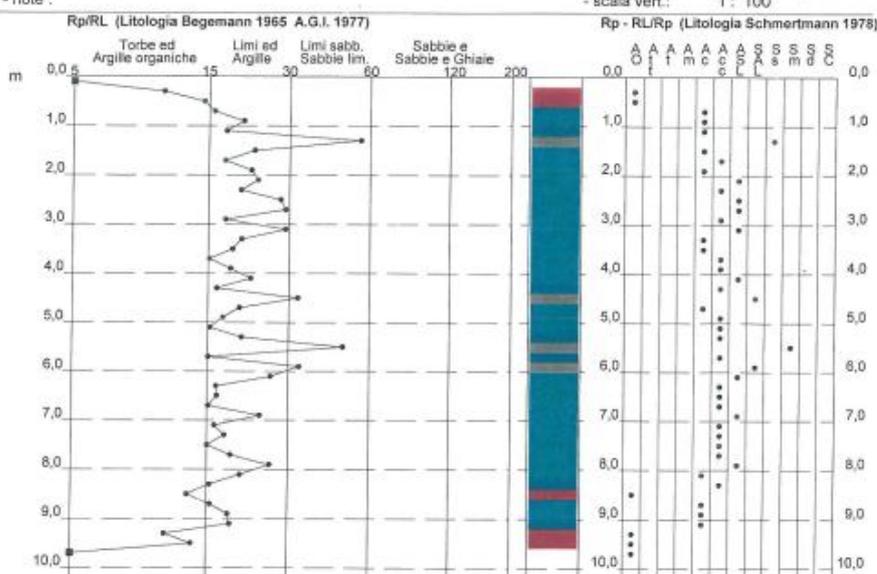
PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 10
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA 2.010496-05

- committente : Trevi Srl
 - lavoro : Nuova lottizzazione
 - località : Fontana Fredda - Cadeo
 - note :
 - data : 30/12/1899
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -1,40 m da quota inizio
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		Rp	RL	Rp/RL	Prof. m	Letture di campagna		Rp	RL	Rp/RL
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	---	---	---	0,93	---	5,20	17,0	33,0	17,0	1,07	16,0
0,40	10,0	24,0	10,0	0,93	11,0	5,40	25,0	41,0	25,0	1,20	21,0
0,60	12,0	26,0	12,0	0,80	15,0	5,60	26,0	44,0	26,0	0,53	49,0
0,80	12,0	24,0	12,0	0,73	16,0	5,80	20,0	28,0	20,0	1,27	16,0
1,00	14,0	25,0	14,0	0,67	21,0	6,00	18,0	37,0	18,0	0,53	34,0
1,20	17,0	27,0	17,0	0,93	18,0	6,20	16,0	24,0	16,0	0,60	27,0
1,40	15,0	29,0	15,0	0,27	56,0	6,40	18,0	27,0	18,0	1,07	17,0
1,60	20,0	24,0	20,0	0,87	23,0	6,60	17,0	33,0	17,0	1,00	17,0
1,80	18,0	31,0	18,0	1,00	18,0	6,80	19,0	34,0	19,0	1,20	16,0
2,00	18,0	33,0	18,0	0,80	22,0	7,00	26,0	44,0	26,0	1,07	24,0
2,20	19,0	31,0	19,0	0,80	24,0	7,20	20,0	36,0	20,0	1,20	17,0
2,40	22,0	34,0	22,0	1,07	21,0	7,40	23,0	41,0	23,0	1,27	18,0
2,60	23,0	39,0	23,0	0,80	29,0	7,60	22,0	41,0	22,0	1,40	16,0
2,80	30,0	42,0	30,0	1,00	30,0	7,80	23,0	44,0	23,0	1,20	19,0
3,00	29,0	44,0	29,0	1,60	18,0	8,00	23,0	41,0	23,0	0,87	27,0
3,20	22,0	46,0	22,0	0,73	30,0	8,20	18,0	31,0	18,0	0,87	21,0
3,40	18,0	29,0	18,0	0,87	21,0	8,40	15,0	28,0	15,0	0,93	16,0
3,60	18,0	31,0	18,0	0,93	19,0	8,60	15,0	29,0	15,0	1,13	13,0
3,80	19,0	33,0	19,0	1,20	16,0	8,80	14,0	31,0	14,0	0,87	16,0
4,00	24,0	42,0	24,0	1,27	19,0	9,00	15,0	28,0	15,0	0,80	19,0
4,20	24,0	43,0	24,0	1,07	22,0	9,20	14,0	26,0	14,0	0,73	19,0
4,40	18,0	34,0	18,0	1,07	17,0	9,40	11,0	22,0	11,0	1,00	11,0
4,60	20,0	36,0	20,0	0,60	33,0	9,60	11,0	26,0	11,0	0,80	14,0
4,80	15,0	24,0	15,0	0,73	20,0	9,80	15,0	27,0	15,0	---	---
5,00	19,0	30,0	19,0	1,07	18,0						

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 10
VALUTAZIONI LITOLOGICHE 2.010496-05

- committente : Trevi Srl
 - lavoro : Nuova lottizzazione
 - località : Fontana Fredda - Cadeo
 - note :
 - data : 30/12/1899
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -1,40 m da quota inizio
 - scala vert. : 1 : 100



ID: CPT 1_11

LOCALITA': Fontana Fredda

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

Dott. Paolo Mancioffi Studio Geologico
 Via Vitali, 32 - 29100 Piacenza
 Tel/Fax 0523/452257 - Cell. 335/8147227

Rifer. FONTANAF

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 11
 2.010496-05

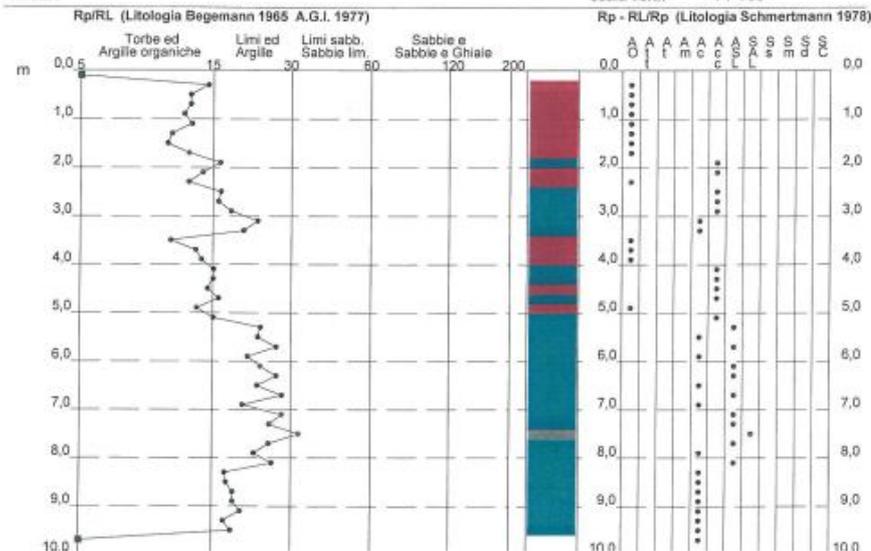
- committente : Trevi Srl
 - lavoro : Nuova lottizzazione
 - località : Fontana Fredda - Cadeo
 - note :
 - data : 30/12/1899
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -1,30 m da quota inizio
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		Rp	RL	Rp/RL	Prof. m	Letture di campagna		Rp	RL	Rp/RL
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	----	----	---	0,93	----	5,20	20,0	42,0	20,0	1,27	16,0
0,40	15,0	29,0	15,0	1,00	15,0	5,40	19,0	38,0	19,0	0,80	24,0
0,60	12,0	27,0	12,0	0,93	13,0	5,60	17,0	29,0	17,0	0,73	23,0
0,80	12,0	26,0	12,0	0,93	13,0	5,80	20,0	31,0	20,0	0,73	27,0
1,00	13,0	27,0	13,0	1,07	12,0	6,00	17,0	28,0	17,0	0,80	21,0
1,20	13,0	29,0	13,0	1,00	13,0	6,20	19,0	31,0	19,0	0,80	24,0
1,40	11,0	26,0	11,0	1,00	11,0	6,40	20,0	32,0	20,0	0,73	27,0
1,60	12,0	27,0	12,0	1,13	11,0	6,60	20,0	31,0	20,0	0,87	23,0
1,80	11,0	28,0	11,0	0,87	13,0	6,80	21,0	34,0	21,0	0,73	29,0
2,00	20,0	33,0	20,0	1,20	17,0	7,00	19,0	30,0	19,0	0,93	20,0
2,20	22,0	40,0	22,0	1,53	14,0	7,20	21,0	35,0	21,0	0,73	29,0
2,40	22,0	45,0	22,0	1,73	13,0	7,40	24,0	35,0	24,0	0,93	26,0
2,60	28,0	54,0	28,0	1,67	17,0	7,60	22,0	36,0	22,0	0,67	33,0
2,80	23,0	48,0	23,0	1,40	16,0	7,80	29,0	39,0	29,0	1,13	26,0
3,00	22,0	43,0	22,0	1,20	18,0	8,00	21,0	38,0	21,0	0,93	22,0
3,20	20,0	38,0	20,0	0,87	23,0	8,20	21,0	35,0	21,0	0,80	26,0
3,40	15,0	28,0	15,0	0,73	20,0	8,40	14,0	25,0	14,0	0,80	17,0
3,60	16,0	27,0	16,0	1,47	11,0	8,60	13,0	25,0	13,0	0,73	18,0
3,80	18,0	40,0	18,0	1,33	13,0	8,80	15,0	26,0	15,0	0,80	19,0
4,00	18,0	38,0	18,0	1,27	14,0	9,00	15,0	27,0	15,0	0,80	19,0
4,20	20,0	39,0	20,0	1,27	16,0	9,20	16,0	28,0	16,0	0,80	20,0
4,40	22,0	41,0	22,0	1,40	16,0	9,40	15,0	27,0	15,0	0,87	17,0
4,60	21,0	42,0	21,0	1,40	15,0	9,60	16,0	29,0	16,0	0,87	18,0
4,80	22,0	43,0	22,0	1,33	16,0	9,80	18,0	31,0	18,0	-----	----
5,00	20,0	40,0	20,0	1,47	14,0						

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 11
 2.010496-05

- committente : Trevi Srl
 - lavoro : Nuova lottizzazione
 - località : Fontana Fredda - Cadeo
 - note :
 - data : 30/12/1899
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -1,30 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



ID: CPT 2_1

LOCALITA': Roveleto – Monterusso Grosso

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

MASSIMO MANNINI GEOLOGO

Via Foscolo, 8
 29017 Fiorenzuola D'Arda (PC)

Rifer. 32-05

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 1

2.01PG05-033

- committente : Amministrazione Comunale di Cadeo
 - lavoro : Realizzazione Piscina Comunale
 - località : Roveleto di Cadeo (PC)
 - note :

- data : 21/10/2005
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof. m'	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	8,0	13,0	8,0	0,33	24,0	5,20	32,0	56,0	32,0	1,73	18,0
0,40	8,0	13,0	8,0	0,53	15,0	5,40	31,0	57,0	31,0	1,73	18,0
0,60	9,0	17,0	9,0	1,00	9,0	5,60	31,0	57,0	31,0	1,73	18,0
0,80	12,0	27,0	12,0	0,60	20,0	5,80	29,0	55,0	29,0	1,60	18,0
1,00	17,0	26,0	17,0	1,00	17,0	6,00	31,0	55,0	31,0	1,60	19,0
1,20	18,0	33,0	18,0	1,27	14,0	6,20	31,0	55,0	31,0	1,60	19,0
1,40	23,0	42,0	23,0	1,40	16,0	6,40	30,0	54,0	30,0	1,73	17,0
1,60	24,0	45,0	24,0	1,53	16,0	6,60	29,0	55,0	29,0	1,60	18,0
1,80	27,0	50,0	27,0	1,67	16,0	6,80	30,0	54,0	30,0	1,07	28,0
2,00	27,0	52,0	27,0	1,67	16,0	7,00	26,0	42,0	26,0	1,00	26,0
2,20	31,0	56,0	31,0	1,80	17,0	7,20	27,0	42,0	27,0	1,00	27,0
2,40	26,0	53,0	26,0	1,00	26,0	7,40	27,0	42,0	27,0	0,67	40,0
2,60	20,0	35,0	20,0	0,47	43,0	7,60	24,0	34,0	24,0	0,93	26,0
2,80	23,0	30,0	23,0	0,67	34,0	7,80	20,0	34,0	20,0	0,33	60,0
3,00	28,0	38,0	28,0	0,87	32,0	8,00	18,0	23,0	18,0	0,53	34,0
3,20	21,0	34,0	21,0	0,40	52,0	8,20	17,0	25,0	17,0	0,60	28,0
3,40	17,0	23,0	17,0	0,40	42,0	8,40	15,0	24,0	15,0	0,47	32,0
3,60	20,0	26,0	20,0	0,80	25,0	8,60	23,0	30,0	23,0	0,33	69,0
3,80	24,0	36,0	24,0	1,13	21,0	8,80	22,0	27,0	22,0	0,27	82,0
4,00	30,0	47,0	30,0	0,87	35,0	9,00	21,0	25,0	21,0	1,00	21,0
4,20	35,0	48,0	35,0	1,13	31,0	9,20	19,0	34,0	19,0	1,13	17,0
4,40	36,0	53,0	36,0	1,60	22,0	9,40	22,0	39,0	22,0	0,47	47,0
4,60	34,0	58,0	34,0	1,67	20,0	9,60	37,0	44,0	37,0	1,40	26,0
4,80	35,0	60,0	35,0	1,67	21,0	9,80	32,0	53,0	32,0	1,40	23,0
5,00	35,0	60,0	35,0	1,60	22,0	10,00	32,0	53,0	32,0	—	—

ID: CPT 2_2

LOCALITA': Roveleto – Monterosso Grosso

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

MASSIMO MANNINI GEOLOGO

Via Foscolo, 8
 29017 Fiorenzuola D'Arda (PC)

Rifer. 32-05 -

PROVA PENETROMETRICA STATICA **CPT 2**
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA 2.01PG05-033

- committente : Amministrazione Comunale di Cadeo
 - lavoro : Realizzazione Piscina Comunale
 - località : Roveleto di Cadeo (PC)
 - note :

- data : 21/10/2005
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	6,0	12,0	6,0	0,40	15,0	5,20	34,0	60,0	34,0	1,67	20,0
0,40	6,0	12,0	6,0	0,73	8,0	5,40	35,0	60,0	35,0	1,67	21,0
0,60	7,0	18,0	7,0	1,13	6,0	5,60	30,0	55,0	30,0	1,53	20,0
0,80	11,0	28,0	11,0	0,60	18,0	5,80	30,0	53,0	30,0	1,67	18,0
1,00	18,0	27,0	18,0	1,27	14,0	6,00	31,0	56,0	31,0	1,60	19,0
1,20	24,0	43,0	24,0	1,27	19,0	6,20	33,0	57,0	33,0	1,67	20,0
1,40	24,0	43,0	24,0	1,40	17,0	6,40	30,0	55,0	30,0	1,33	22,0
1,60	24,0	45,0	24,0	1,80	13,0	6,60	29,0	49,0	29,0	1,60	18,0
1,80	28,0	55,0	28,0	1,67	17,0	6,80	30,0	54,0	30,0	1,20	25,0
2,00	28,0	53,0	28,0	1,60	17,0	7,00	25,0	43,0	25,0	1,00	25,0
2,20	31,0	55,0	31,0	1,53	20,0	7,20	27,0	42,0	27,0	0,93	29,0
2,40	30,0	53,0	30,0	1,73	17,0	7,40	25,0	39,0	25,0	0,80	31,0
2,60	28,0	54,0	28,0	1,73	16,0	7,60	24,0	36,0	24,0	0,80	30,0
2,80	28,0	54,0	28,0	0,80	35,0	7,80	21,0	33,0	21,0	0,47	45,0
3,00	28,0	40,0	28,0	1,00	28,0	8,00	19,0	26,0	19,0	0,67	28,0
3,20	27,0	42,0	27,0	0,47	58,0	8,20	16,0	26,0	16,0	0,60	27,0
3,40	23,0	30,0	23,0	0,40	57,0	8,40	17,0	26,0	17,0	0,73	23,0
3,60	20,0	26,0	20,0	0,73	27,0	8,60	20,0	31,0	20,0	0,40	50,0
3,80	29,0	40,0	29,0	1,27	23,0	8,80	23,0	29,0	23,0	0,33	69,0
4,00	30,0	49,0	30,0	1,27	24,0	9,00	22,0	27,0	22,0	0,33	66,0
4,20	32,0	51,0	32,0	1,67	19,0	9,20	22,0	27,0	22,0	0,73	30,0
4,40	34,0	59,0	34,0	0,73	46,0	9,40	20,0	31,0	20,0	1,00	20,0
4,60	35,0	46,0	35,0	1,20	29,0	9,60	25,0	40,0	25,0	1,67	15,0
4,80	36,0	54,0	36,0	0,47	77,0	9,80	35,0	60,0	35,0	1,67	21,0
5,00	38,0	45,0	38,0	1,73	22,0	10,00	35,0	60,0	35,0	—	—

MASSIMO MANNINI GEOLOGO
 Via Foscolo, 8
 29017 Fiorenzuola D'Arda (PC)

Rifer. 32-05

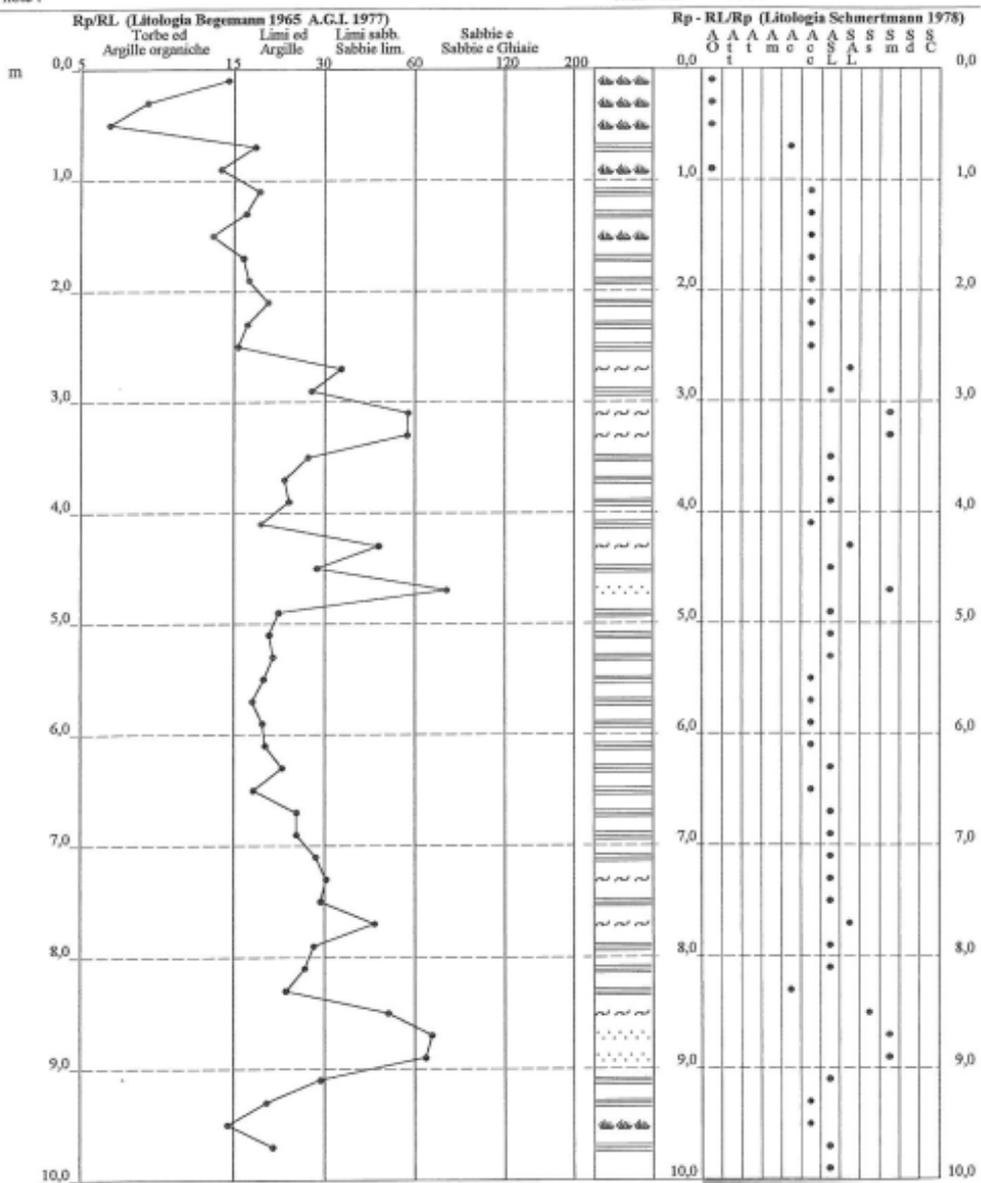
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 2

2.01PG05-033

- committente : Amministrazione Comunale di Cadeo
 - lavoro : Realizzazione Piscina Comunale
 - località : Roveleto di Cadeo (PC)
 - note :

- data : 21/10/2005
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert. : 1 : 50



ID: CPT 3_1

LOCALITA': Cadeo

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

Dott. Paolo Mancioffi Studio Geologico
 Via Vitali, 32 - 29100 Piacenza
 Tel/Fax 0523/452257 - Cell. 335/8147227

Rifer. CADEO

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 1
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

2.010496-05

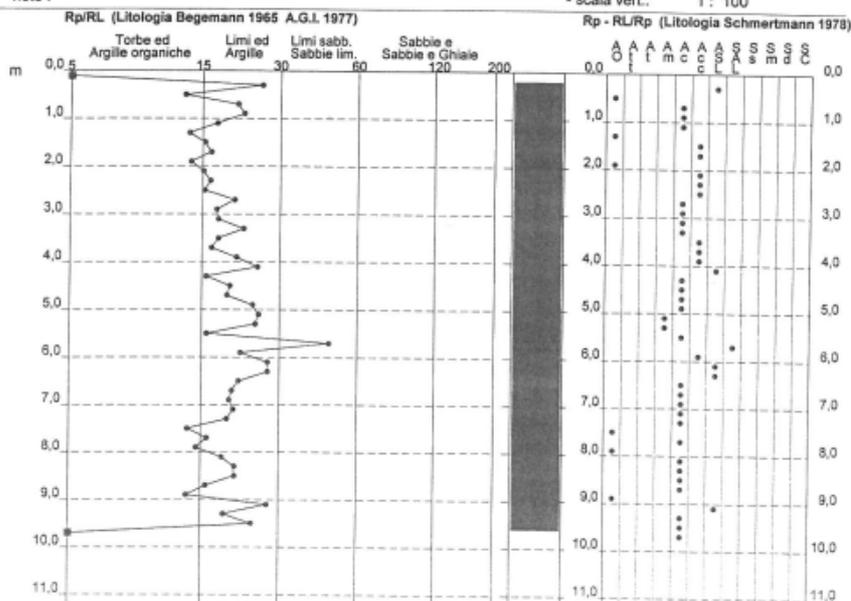
- committente : EF Immobiliare Srl
 - lavoro : Nuovo capannone
 - località : Cadeo (PC)
 - note :
 - data : 20/06/1903
 - quota inizio : -1,10 m da p.c.
 - prof. falda : -3,10 m da quota inizio
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		Rp	RL	Rp/RL	Prof. m	Letture di campagna		Rp	RL	Rp/RL
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	---	---	---	0,67	---	5,20	12,0	20,0	12,0	0,47	26,0
0,40	14,0	24,0	14,0	0,53	26,0	5,40	10,0	17,0	10,0	0,40	25,0
0,60	17,0	25,0	17,0	1,27	13,0	5,60	12,0	18,0	12,0	0,73	16,0
0,80	17,0	36,0	17,0	0,80	21,0	5,80	19,0	30,0	19,0	0,40	47,0
1,00	12,0	24,0	12,0	0,53	22,0	6,00	22,0	28,0	22,0	1,00	22,0
1,20	13,0	21,0	13,0	0,73	18,0	6,20	13,0	28,0	13,0	0,47	28,0
1,40	13,0	24,0	13,0	0,93	14,0	6,40	13,0	20,0	13,0	0,47	28,0
1,60	17,0	31,0	17,0	1,07	16,0	6,60	13,0	20,0	13,0	0,60	22,0
1,80	18,0	34,0	18,0	1,07	17,0	6,80	15,0	24,0	15,0	0,73	20,0
2,00	17,0	33,0	17,0	1,20	14,0	7,00	16,0	27,0	16,0	0,80	20,0
2,20	20,0	38,0	20,0	1,27	16,0	7,20	18,0	30,0	18,0	0,87	21,0
2,40	19,0	38,0	19,0	1,13	17,0	7,40	17,0	30,0	17,0	0,87	20,0
2,60	17,0	34,0	17,0	1,07	16,0	7,60	13,0	26,0	13,0	0,93	14,0
2,80	18,0	34,0	18,0	0,87	21,0	7,80	11,0	25,0	11,0	0,67	16,0
3,00	13,0	26,0	13,0	0,73	18,0	8,00	11,0	21,0	11,0	0,73	15,0
3,20	12,0	23,0	12,0	0,67	18,0	8,20	10,0	21,0	10,0	0,53	19,0
3,40	15,0	25,0	15,0	0,67	22,0	8,40	14,0	22,0	14,0	0,67	21,0
3,60	18,0	28,0	18,0	1,00	16,0	8,60	14,0	24,0	14,0	0,67	21,0
3,80	17,0	32,0	17,0	1,00	17,0	8,80	12,0	22,0	12,0	0,73	16,0
4,00	24,0	39,0	24,0	1,13	21,0	9,00	12,0	23,0	12,0	0,87	14,0
4,20	22,0	39,0	22,0	0,87	25,0	9,20	13,0	26,0	13,0	0,47	28,0
4,40	13,0	26,0	13,0	0,80	16,0	9,40	14,0	21,0	14,0	0,73	19,0
4,60	12,0	24,0	12,0	0,60	20,0	9,60	13,0	24,0	13,0	0,53	24,0
4,80	13,0	22,0	13,0	0,67	19,0	9,80	16,0	24,0	16,0	---	---
5,00	13,0	23,0	13,0	0,53	24,0						

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 1
VALUTAZIONI LITOLOGICHE

2.010496-05

- committente : EF Immobiliare Srl
 - lavoro : Nuovo capannone
 - località : Cadeo (PC)
 - note :
 - data : 20/06/1903
 - quota inizio : -1,10 m da p.c.
 - prof. falda : -3,10 m da quota inizio
 - scala vert. : 1 : 100



ID: CPT_4_1

LOCALITA': Cadeo, via S. Pietro

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT1											
Committente: Rebecchi - Nuove edificazioni (Cadeo)						Data: 19/12/12					
Località: Cadeo (PC)						Falda (m dal p.c.): 2,80					
Prof. ml	Qc Kg/cmq	fs Kg/cmq	Rf %	Strat.	Litologia	γ t/mc	σ kg/cmq	ϕ (°)	Cu Kg/cmq	E Kg/cmq	
0,2	2	0,13	8,87	-----	argilla incoerente	1,7	0,03	0	0,1	15	
0,4	8	0,47	5,83	-----	argilla limosa mod. cons	1,70	0,07	0	0,5	37	
0,6	10	0,67	6,67	-----	argilla mod. consistente	1,70	0,10	0	0,8	41	
0,8	6	0,13	2,22	-----	sabbia limosa sciolta	1,90	0,14	26	0,0	33	
1,0	7	0,33	4,78	-----	argilla limosa mod. cons	1,75	0,18	0	0,3	35	
1,2	7	0,47	6,67	-----	argilla mod. consistente	1,70	0,21	0	0,4	35	
1,4	9	0,47	5,19	-----	argilla limosa mod. cons	1,75	0,24	0	0,5	39	
1,6	11	0,33	3,03	-----	limo sabbioso consistente	1,80	0,28	0	0,3	43	
1,8	13	0,67	5,13	-----	argilla limosa consist	1,75	0,32	0	0,7	46	
2,0	13	0,87	6,67	-----	argilla consistente	1,70	0,35	0	0,8	46	
2,2	13	0,93	7,18	-----	argilla consistente	1,70	0,38	0	0,8	46	
2,4	13	1,00	7,69	-----	argilla consistente	1,70	0,42	0	0,8	46	
2,6	15	0,87	5,78	-----	argilla limosa consist	1,75	0,45	0	0,9	48	
2,8	15	1,00	6,67	-----	argilla consistente	1,75	0,47	0	0,9	48	
3,0	13	1,13	8,72	-----	argilla consistente	1,70	0,48	0	0,8	46	
3,2	13	1,13	8,72	-----	argilla consistente	1,70	0,50	0	0,8	46	
3,4	13	1,07	8,21	-----	argilla consistente	1,70	0,51	0	0,8	46	
3,6	14	1,13	8,10	-----	argilla consistente	1,70	0,52	0	0,8	47	
3,8	15	1,20	8,00	-----	argilla consistente	1,70	0,54	0	0,9	48	
4,0	15	1,33	8,89	-----	argilla consistente	1,70	0,55	0	0,9	48	
4,2	16	1,33	8,33	-----	argilla consistente	1,70	0,57	0	1,0	49	
4,4	18	1,47	8,15	-----	argilla consistente	1,70	0,58	0	1,1	50	
4,6	22	1,47	6,67	-----	argilla molto consistente	1,75	0,59	0	1,3	50	
4,8	25	1,33	5,33	-----	argilla lim. molto cons	1,75	0,61	0	1,3	51	
5,0	22	1,60	7,27	-----	argilla molto consistente	1,75	0,62	0	1,3	50	
5,2	19	1,27	6,67	-----	argilla consistente	1,75	0,64	0	1,1	50	
5,4	16	1,33	8,33	-----	argilla consistente	1,70	0,65	0	1,0	49	
5,6	15	1,00	6,67	-----	argilla consistente	1,75	0,67	0	0,9	48	
5,8	13	1,13	8,72	-----	argilla consistente	1,70	0,68	0	0,8	46	
6,0	16	1,07	6,67	-----	argilla consistente	1,75	0,70	0	1,0	49	
6,2	18	1,20	7,50	-----	argilla consistente	1,70	0,71	0	1,0	49	
6,4	18	1,33	7,41	-----	argilla consistente	1,75	0,73	0	1,1	50	
6,6	20	1,33	6,67	-----	argilla consistente	1,75	0,74	0	1,2	50	
6,8	19	1,13	5,96	-----	argilla limosa consist	1,75	0,76	0	1,1	50	
7,0	14	1,07	7,62	-----	argilla consistente	1,70	0,77	0	0,8	47	
7,2	10	0,87	8,67	-----	argilla mod. consistente	1,70	0,78	0	0,6	41	
7,4	12	0,73	6,11	-----	argilla limosa consist	1,75	0,80	0	0,7	45	
7,6	13	0,93	7,18	-----	argilla consistente	1,70	0,81	0	0,8	46	
7,8	10	0,80	8,00	-----	argilla mod. consistente	1,70	0,83	0	0,6	41	
8,0	8	0,60	7,50	-----	argilla mod. consistente	1,70	0,84	0	0,4	37	
8,2	8	0,40	5,00	-----	argilla limosa mod. cons	1,75	0,86	0	0,4	37	
8,4	6	0,47	7,78	-----	argilla mod. consistente	1,70	0,87	0	0,3	33	
8,6	6	0,47	7,78	-----	argilla mod. consistente	1,70	0,88	0	0,3	33	
8,8	13	0,47	3,59	-----	limo argilloso consist	1,80	0,90	0	0,5	46	
9,0	14	0,47	3,33	-----	limo argilloso consist	1,80	0,92	0	0,5	47	
9,2	16	0,47	2,92	-----	limo sabbioso consistente	1,80	0,93	0	0,5	49	
9,4	20	0,80	4,00	-----	limo argilloso consist	1,80	0,95	0	0,8	50	
9,6	16	0,73	4,58	-----	argilla limosa consist	1,75	0,96	0	0,7	49	
9,8	17	0,73	4,31	-----	limo argilloso consist	1,75	0,98	0	0,7	49	
10,0	25	0,93	3,73	-----	limo arg. molto consist	1,80	0,99	0	0,9	51	
10,2	26,0	0,47	1,79	-----	sabbia limosa poco add	2,00	1,01	29,9	0,0	51	
10,4	43,0	0,87	2,02	-----	sabbia limosa mod. add	2,00	1,03	27,6	0,0	65	
10,6	37,0	0,80	2,16	-----	sabbia limosa poco add	1,90	1,05	26,3	0,0	57	
10,8	37,0	1,07	2,88	-----	limo sabb. molto consist	1,90	1,07	21,6	0,0	57	
11,0	35,0	0,39	0,95	-----	sabbia ghiaiosa poco add	2,00	1,09	44,8	0,0	56	
11,2	25,0	0,47	1,87	-----	sabbia limosa poco add	2,00	1,11	29,1	0,0	51	
11,4	11,0	1,00	9,09	-----	argilla consistente	1,70	1,12	0,0	0,6	43	
11,6	10,0	0,67	6,67	-----	argilla mod. consistente	1,70	1,14	0,0	0,6	41	
11,8	11,0	0,73	6,67	-----	argilla consistente	1,70	1,15	0,0	0,6	43	
12,0	10,0	0,80	8,00	-----	argilla mod. consistente	1,70	1,17	0,0	0,6	41	
12,2	10,0	0,67	6,67	-----	argilla mod. consistente	1,70	1,18	0,0	0,6	41	
12,4	13,0	0,47	3,59	-----	limo argilloso consist	1,80	1,20	0,0	0,5	46	
12,6	23,0	1,40	6,09	-----	argilla lim. molto cons	1,75	1,21	0,0	1,4	50	
12,8	92,0	1,80	1,96	-----	sabbia limosa mod. add	2,00	1,23	28,1	0,0	138	
13,0	25,0	1,20	4,80	-----	argilla lim. molto cons	1,75	1,25	0,0	1,2	51	
13,2	123,0	2,20	1,79	-----	sabbia limosa addensata	2,00	1,27	29,9	0,0	185	
13,4	148,0	1,13	0,77	o. a. o	ghiaia sabbiosa addensata	2,00	1,29	50,5	0,0	222	
13,6	300,0	2,33	0,78	o. a. o	ghiaia sabbiosa mol. add	2,00	1,31	50,1	0,0	450	

ID: CPT 4_2

LOCALITA': Cadeo, via S. Pietro

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT2											
Committente: Rebecchi - Nuove edificazioni (Cadeo)						Data: 19/12/12					
Località: Cadeo (PC)						Falda (m dal p.c.): 2,80					
Prof. ml	Qc Kg/cmq	fs Kg/cmq	Rf %	Strat.	Litologia	γ t/mc	σ kg/cmq	ϕ (°)	Cu Kg/cmq	E Kg/cmq	
0,2	1	0,07	6,67	*****	argilla inconsistente	1,7	0,03	0	0,1	8	
0,4	7	0,27	3,81	*****	limo argiloso mod. cons	1,75	0,07	0	0,3	35	
0,8	12	1,07	8,89	*****	argilla consistente	1,70	0,10	0	0,7	45	
0,8	10	0,87	8,67	*****	argilla mod. consistente	1,70	0,14	0	0,6	41	
1,0	13	1,20	9,23	*****	argilla consistente	1,70	0,17	0	0,8	46	
1,2	27	1,67	6,17	*****	argilla lim. molto cons	1,75	0,21	0	1,7	51	
1,4	12	0,53	4,44	*****	limo argiloso consist	1,75	0,24	0	0,5	45	
1,6	13	0,60	4,62	*****	argilla limosa consist	1,75	0,28	0	0,6	46	
1,8	14	0,60	4,28	*****	limo argiloso consist	1,75	0,31	0	0,8	47	
2,0	16	0,67	4,17	*****	limo argiloso consist	1,75	0,35	0	0,7	49	
2,2	16	1,07	6,67	*****	argilla consistente	1,75	0,38	0	1,0	49	
2,4	15	1,20	8,00	*****	argilla consistente	1,70	0,42	0	0,9	48	
2,6	20	1,07	5,33	*****	argilla limosa consist	1,75	0,45	0	1,1	50	
2,8	14	1,07	7,62	*****	argilla consistente	1,70	0,46	0	0,8	47	
3,0	15	0,80	5,33	*****	argilla limosa consist	1,75	0,48	0	0,8	48	
3,2	11	0,80	7,27	*****	argilla consistente	1,70	0,49	0	0,7	43	
3,4	13	0,87	6,67	*****	argilla consistente	1,70	0,51	0	0,8	46	
3,6	16	1,00	6,25	*****	argilla limosa consist	1,75	0,52	0	1,0	49	
3,8	15	1,00	6,67	*****	argilla consistente	1,75	0,54	0	0,9	48	
4,0	20	1,20	6,00	*****	argilla limosa consist	1,75	0,55	0	1,2	50	
4,2	16	1,40	8,75	*****	argilla consistente	1,70	0,57	0	1,0	49	
4,4	18	1,47	8,15	*****	argilla consistente	1,70	0,58	0	1,1	50	
4,6	21	1,53	7,30	*****	argilla molto consistente	1,75	0,60	0	1,3	50	
4,8	20	1,27	6,33	*****	argilla consistente	1,75	0,61	0	1,2	50	
5,0	21	1,33	6,35	*****	argilla molto consistente	1,75	0,63	0	1,3	50	
5,2	23	1,47	6,38	*****	argilla molto consistente	1,75	0,64	0	1,4	50	
5,4	18	1,33	7,41	*****	argilla consistente	1,75	0,66	0	1,1	50	
5,6	16	0,93	5,83	*****	argilla limosa consist	1,75	0,67	0	0,9	49	
5,8	15	1,07	7,11	*****	argilla consistente	1,70	0,68	0	0,9	48	
6,0	15	1,00	6,67	*****	argilla consistente	1,75	0,70	0	0,9	48	
6,2	17	1,13	6,67	*****	argilla consistente	1,75	0,71	0	1,0	49	
6,4	17	1,20	7,06	*****	argilla consistente	1,75	0,73	0	1,0	49	
6,6	22	1,27	5,78	*****	argilla lim. molto cons	1,75	0,74	0	1,3	50	
6,8	20	1,20	6,00	*****	argilla limosa consist	1,75	0,76	0	1,2	50	
7,0	16	1,00	6,25	*****	argilla limosa consist	1,75	0,77	0	1,0	49	
7,2	9	0,67	9,63	*****	argilla mod. consistente	1,70	0,79	0	0,5	39	
7,4	10	0,80	8,00	*****	argilla mod. consistente	1,70	0,80	0	0,6	41	
7,6	10	0,93	9,33	*****	argilla mod. consistente	1,70	0,82	0	0,6	41	
7,8	10	0,80	8,00	*****	argilla mod. consistente	1,70	0,83	0	0,6	41	
8,0	7	0,60	8,57	*****	argilla mod. consistente	1,70	0,84	0	0,4	35	
8,2	7	0,60	8,57	*****	argilla mod. consistente	1,70	0,86	0	0,4	35	
8,4	8	0,40	5,00	*****	argilla limosa mod. cons	1,75	0,87	0	0,4	37	
8,6	7	0,53	7,62	*****	argilla mod. consistente	1,70	0,89	0	0,4	35	
8,8	14	0,53	3,81	*****	limo argiloso consist	1,80	0,90	0	0,5	47	
9,0	15	0,60	4,00	*****	limo argiloso consist	1,75	0,92	0	0,6	48	
9,2	17	0,67	3,92	*****	limo argiloso consist	1,80	0,93	0	0,7	49	
9,4	22	0,80	3,64	*****	limo arg. molto consist	1,80	0,95	0	0,8	50	
9,6	17	0,80	4,71	*****	argilla limosa consist	1,75	0,97	0	0,8	49	
9,8	18	0,67	3,70	*****	limo argiloso consist	1,80	0,98	0	0,7	50	
10,0	26	0,93	3,59	*****	limo arg. molto consist	1,80	1,00	0	0,9	51	
10,2	28,0	0,47	1,67	*****	sabbia limosa poco add	2,00	1,02	31,4	0,0	52	
10,4	44,0	0,93	2,12	*****	sabbia limosa mod. add	1,90	1,04	26,6	0,0	66	
10,6	38,0	0,80	2,11	*****	sabbia limosa poco add	2,00	1,06	26,8	0,0	58	
10,8	38,0	0,80	2,05	*****	sabbia limosa poco add	2,00	1,08	27,2	0,0	59	
11,0	38,0	0,40	1,11	*****	sabbia ghiaiosa poco add	2,00	1,10	40,9	0,0	56	
11,2	27,0	0,40	1,48	*****	sabbia poco addensata	2,00	1,12	34,0	0,0	51	
11,4	10,0	1,00	10,00	*****	argilla mod. consistente	1,70	1,13	0,0	0,6	41	
11,6	10,0	0,93	9,33	*****	argilla mod. consistente	1,70	1,14	0,0	0,6	41	
11,8	10,0	1,07	10,67	*****	argilla mod. consistente	1,70	1,16	0,0	0,6	41	
12,0	9,0	0,80	8,89	*****	argilla mod. consistente	1,70	1,17	0,0	0,5	39	
12,2	9,0	0,60	6,67	*****	argilla mod. consistente	1,70	1,19	0,0	0,5	39	
12,4	10,0	0,67	6,67	*****	argilla mod. consistente	1,70	1,20	0,0	0,6	41	
12,6	19,0	1,33	7,02	*****	argilla consistente	1,75	1,21	0,0	1,1	50	
12,8	94,0	1,73	1,84	*****	sabbia limosa mod. add	2,00	1,23	29,3	0,0	141	
13,0	26,0	0,80	3,08	*****	limo sabb. molto consist	1,90	1,25	20,6	0,0	51	
13,2	125,0	1,93	1,55	*****	sabbia addensata	2,00	1,27	33,0	0,0	188	
13,4	150,0	1,13	0,76	o*.o*.o	ghiaia sabbiosa addensata	2,00	1,29	50,8	0,0	225	
13,6	305,0	2,20	0,72	o*.o*.o	ghiaia sabbiosa mol. add	2,00	1,31	52,0	0,0	458	
13,8	311,0	1,93	0,62	o*o*o	ghiaia molto addensata	2,00	1,33	55,8	0,0	487	

ID: CPT 5_2

LOCALITA': Roveleto, Castello Ratti

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo



Geol. Emani Emanuele
 Via dei Ciliegi n°4-Villanova sull'Arda- 052 3.853200-335.

Committente: Imp. Edile Genesi

Località: Cadeo

Data: 10.10.11

Attrezzatura: Paganì da 10 ton (geol. Gabriele Livelli)

Note:

Quota(m):

Prova 2

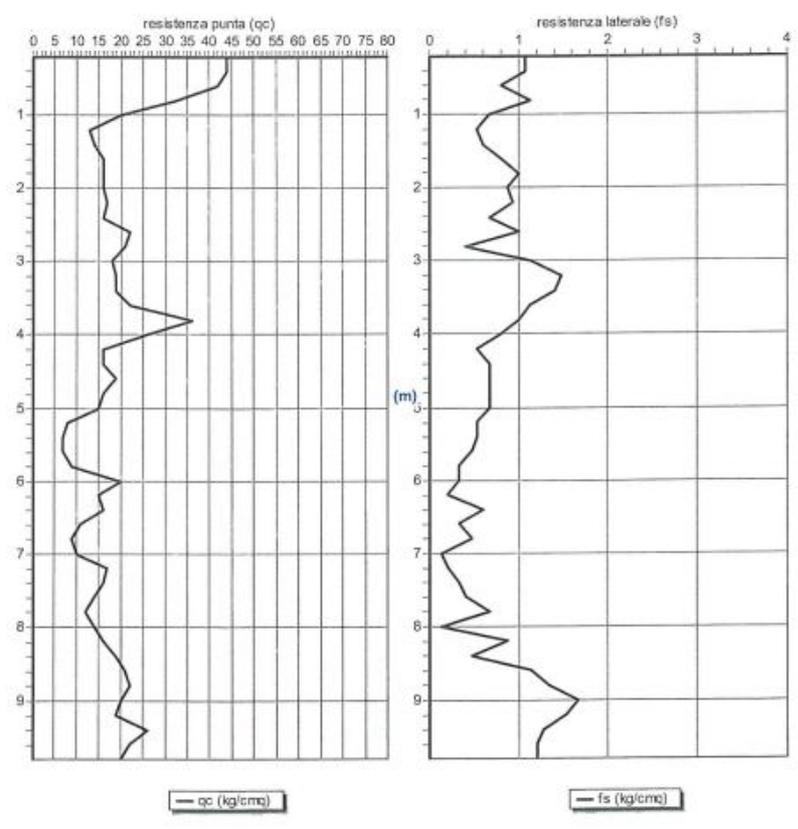
Tabulato della prova

Profondità (m)	Rp(kg/cmq)	Rp+Rl (kg/cmq)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	u(kg/cmq)	qc/fs
0,4	44	57	44	1,07		41,12
0,8	42	58	42	0,8		52,5
0,8	32	44	32	1,13		28,32
1	20	37	20	0,67		29,85
1,2	13	23	13	0,53		24,53
1,4	14	22	14	0,6		23,33
1,6	16	25	16	0,8		20
1,8	16	28	16	1		16
2	16	31	16	0,87		18,39
2,2	17	30	17	0,93		18,28
2,4	16	30	16	0,67		23,88
2,6	22	32	22	1		22
2,8	21	36	21	0,4		52,5
3	18	24	18	1,13		15,93
3,2	19	38	19	1,47		12,93
3,4	19	41	19	1,4		13,57
3,6	22	43	22	1,13		19,47
3,8	36	53	36	1		36
4	26	41	26	0,8		32,5
4,2	16	28	16	0,53		30,19
4,4	16	24	16	0,67		23,88
4,6	19	29	19	0,67		28,36
4,8	16	26	16	0,67		23,88
5	15	25	15	0,67		22,39
5,2	8	18	8	0,53		15,09
5,4	7	15	7	0,53		13,21
5,6	7	15	7	0,47		14,89
5,8	9	16	9	0,33		27,27
6	20	25	20	0,33		60,61
6,2	15	20	15	0,2		75
6,4	16	19	16	0,8		26,67
6,6	11	20	11	0,33		33,33
6,8	9	14	9	0,47		19,15
7	10	17	10	0,13		76,92
7,2	17	19	17	0,2		85
7,4	16	19	16	0,33		48,48
7,6	14	19	14	0,4		35
7,8	12	18	12	0,87		17,91
8	14	24	14	0,13		107,69
8,2	18	18	16	0,87		18,39
8,4	19	32	19	0,47		40,43
8,6	21	28	21	1,13		18,58
8,8	22	39	22	1,33		16,54
9	20	40	20	1,67		11,96
9,2	19	44	19	1,53		12,42
9,4	28	49	26	1,27		20,47
9,6	22	41	22	1,2		18,33
9,8	20	38	20	1,2		16,67

Geol. Emani Emanuele
 Via dei Ciliegi n°4-Villanova sull'Arda- 052 3.853200-335.1:

Committente: Imp. Edile Genesis
 Località: Cadeo
 Data: 10.10.11 Attrezzatura: Pagani da10 ton (geol. Gabriele Livelli)
 Note:
 Quota(m): p.c. Sigla: P2

Grafico della prova



Geol. Emani Emanuele
 Via dei Ciliegi n°4-Villanova sull'Arda- 052 3.853200-335.1281389

Committente: Imp. Edile Genesis
 Località: Cadeo
 Data: 10.10.11 Attrezzatura: Pagani da10 ton (geol. Gabriele Livelli)
 Note:
 Quota(m): Prova 2

Parametri geotecnici

Profondità base strato(m)	qc (kg/cm²)	Descrizione litologica dello strato	k (m/s)	Cc	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/m³)	Densità relativa %	Modulo di Young (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Modulo edom. coesivi (kg/cm²)	O. C. R.	Modulo dinamico di taglio (kg/cm²)	Modulo edom. incoerenti (kg/cm²)	Pres. eff. a metà strato (kg/cm²)
1	24	Terreno agrario	1,08E-7	0,02		2,07			0,96	63	2,14	195		0,12
5	17	Argilla sabbiosa o limosa	5,9E-10	0,06		1,96			0,67	46	0,65	158		0,47
5,8	7	Argilla organica	1E-11	0,09		1,78			0,25	29	2,55	92		0,7
8,4	13	Argilla sabbiosa o limosa	2,07E-6	0,08		1,89			0,49	38	3,79	134		0,84
9,8	20	Argilla inorganica molto consistente	8,52E-13	0,07		2,02			0,79	53	6,2	175		1,03

ID: CPT 5_3

LOCALITA': Roveleto, Castello Ratti

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo



Geol. Emani Emanuele

Via dei Ciliegi n°4-Villanova sull'Arda-

052 3.853200-335.12

Committente: Imp. Edile Genesi

Località: Cadeo

Data: 10.10.11

Attrezzatura: Pagani da 10 ton (geol. Gabriele Livelli)

Note:

Quota(m): p.c.

Sigla: P3

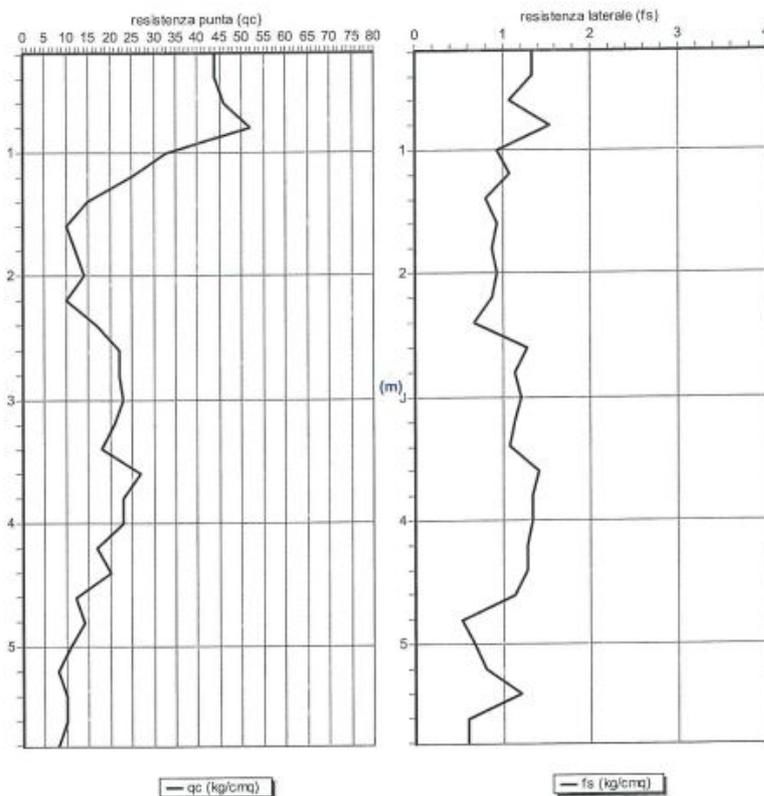
Tabulato della prova

Profondità (m)	Rp(kg/cmq)	Rp+Ri (kg/cmq)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	u(kg/cmq)	qo/fo
0,4	44	60	44	1,33		33,08
0,6	46	66	46	1,07		42,99
0,8	52	68	52	1,53		33,99
1	33	56	33	0,93		35,48
1,2	25	39	25	1,07		23,36
1,4	15	31	15	0,8		18,75
1,6	10	22	10	0,93		10,75
1,8	12	26	12	0,67		13,79
2	14	27	14	0,93		15,06
2,2	10	24	10	0,87		11,49
2,4	17	30	17	0,67		25,37
2,6	22	32	22	1,27		17,32
2,8	22	41	22	1,13		19,47
3	23	40	23	1,2		19,17
3,2	21	39	21	1,13		18,58
3,4	18	35	18	1,07		16,82
3,8	27	43	27	1,4		19,29
3,8	23	44	23	1,33		17,29
4	23	43	23	1,33		17,29
4,2	17	37	17	1,27		13,39
4,4	20	39	20	1,27		15,75
4,6	12	31	12	1,13		10,82
4,8	14	31	14	0,53		26,42
5	11	19	11	0,67		16,42
5,2	8	18	8	0,8		10
5,4	10	22	10	1,2		8,33
5,6	10	28	10	0,6		16,67
5,8	8	17	8	0,6		13,33

Geol. Emani Emanuele
 Via dei Ciliegi n°4-Villanova sull'Arda- 052 3.853200-335.12

Committente: Imp. Edile Genesis
 Località: Cadeo
 Data: 10.10.11 Attrezzatura: Pagani da 10 ton (geol. Gabriele Livelli)
 Note:
 Quota(m): p.c. Sigla: P3

Grafico della prova



Geol. Emani Emanuele
 Via dei Ciliegi n°4-Villanova sull'Arda- 052 3.853200-335.1281389

Committente: Imp. Edile Genesis
 Località: Cadeo
 Data: 10.10.11 Attrezzatura: Pagani da 10 ton (geol. Gabriele Livelli)
 Note:
 Quota(m): Prova 3

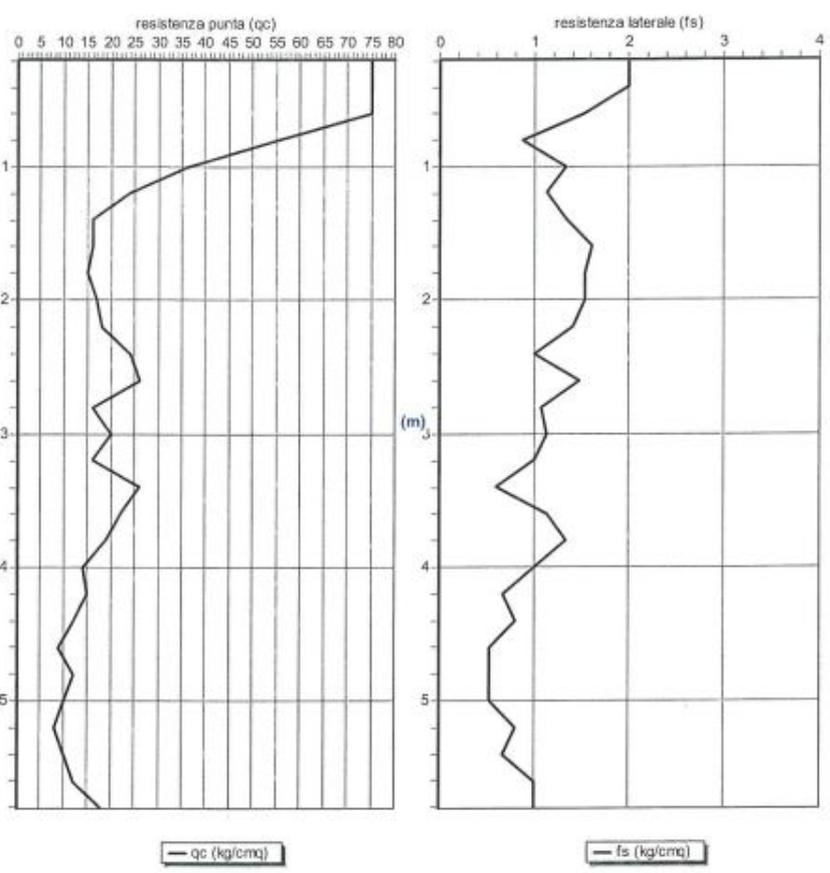
Parametri geotecnici

Profondità base strato(m)	qc (kg/cm²)	Descrizione litologica dello strato	k (m/s)	Cc	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa %	Modulo di Young (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Modulo edom. coesivi (kg/cm²)	O. C. R.	Modulo dinamico di taglio (kg/cm²)	Modulo edom. incoerenti (kg/cm²)	Pres. eff. a metà strato (kg/cm²)
1,2	31	Terreno agrario	5,03E-8	0,01		2,13			1,25	87	2,39	228		0,14
2,4	11	Argilla organica	1,95E-14	0,06		1,89			0,42	35	0,29	121		0,36
4,4	20	Argilla inorganica molto consistente	1,27E-12	0,06		2,03			0,79	53	1,22	175		0,54
5,8	9	Argilla organica	5,01E-14	0,08		1,84			0,33	32	3,57	107		0,7

Geol. Emani Emanuele
 Via dei Ciliegi n°4-Villanova sull'Arda- 052 3.853200-335.1

Committente: Imp. Edile Genesi
 Località: Cadeo
 Data: 10.10.11 Attrezzatura: Pagani da10 ton (geol. Gabriele Livelli)
 Note:
 Quota(m): p.c. Sigla: P4

Grafico della prova



Geol. Emani Emanuele
 Via dei Ciliegi n°4-Villanova sull'Arda- 052 3.853200-335.1281389

Committente: Imp. Edile Genesi
 Località: Cadeo
 Data: 10.10.11 Attrezzatura: Pagani da10 ton (geol. Gabriele Livelli)
 Note:
 Quota(m): Prova 4

Parametri geotecnici

Profondità base strato(m)	qc (kg/cm²)	Descrizione litologica dello strato	k (m/s)	Cc	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa %	Modulo di Young (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Modulo edom. coesivi (kg/cm²)	O. C. R.	Modulo dinamico di taglio (kg/cm²)	Modulo edom. incoerenti (kg/cm²)	Pres.eff. a metà strato (kg/cm²)
1	43	Terreno agrario	1,41E-6	0		2,21			1,75	140	4,2	279		0,12
4,2	17	Argilla inorganica molto consistente	3,52E-13	0,06		1,99			0,67	46	0,57	158		0,47
5,8	9	Argilla organica	5,01E-14	0,08		1,84			0,33	32	3,6	107		0,7

ID: CPT 6_1

LOCALITA': Roveleto, loc. Monterusso piccolo

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

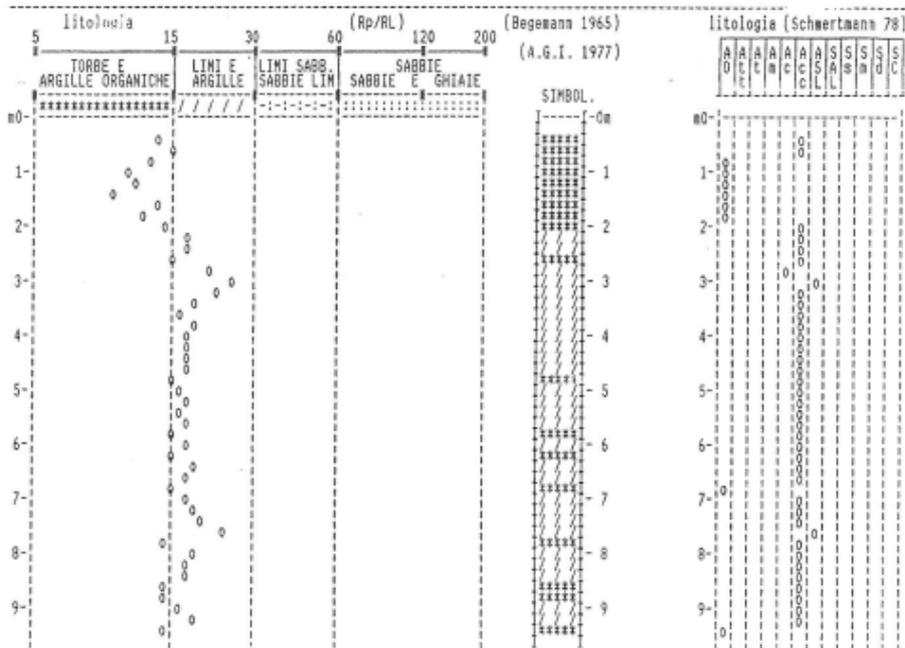
GEOPROGETTI - Studio Geologico - Fiorenzuola d'Arda (PC) - Tel.0523/944096

Rifer. : Rovelli

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 1
TABELLE VALORI RESISTENZA RZ-GP-90

PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10t (con anello allargatore) - avanz. 2 cm/s - COSTANTE TRASFORMAZIONE Ct = 10.00
 Meccanica tipo Begemann Ø 35.7mm (area punta 10cm² - apertura 60°) - manicotto laterale (superficie 150 cm²)
 Cantiere : Monterusso Piccolo quota inizio : 0
 Località : Roveleto prof. falda = 1.00 m da quota inizio
 data : 07.09.2001

Lecture di campagna				Rp	RL	Rp/RL	Rt	Lecture di campagna				Rp	RL	Rp/RL	Rt
prof.(m)	punta	later.	totale	kg/cm²	kg/cm²	-	kg	prof.(m)	punta	later.	totale	kg/cm²	kg/cm²	-	kg
0.20	-	-	-	-	0.80	-	-	5.00	31.0	63.0	-	31	1.87	17	-
0.40	28.0	40.0	46.0	28	2.00	14	460	5.20	34.0	62.0	360.0	34	2.00	17	3600
0.60	31.0	61.0	70.0	31	2.00	16	700	5.40	30.0	60.0	-	30	1.80	17	-
0.80	22.0	52.0	65.0	22	1.73	13	650	5.60	35.0	62.0	-	35	2.07	17	-
1.00	22.0	48.0	-	22	2.13	10	-	5.80	33.0	64.0	414.0	33	2.13	15	4140
1.20	20.0	52.0	-	20	1.73	12	-	6.00	31.0	63.0	-	31	1.80	17	-
1.40	11.0	37.0	53.0	11	1.20	9	530	6.20	29.0	56.0	-	29	1.87	16	-
1.60	17.0	35.0	-	17	1.27	13	-	6.40	28.0	56.0	-	28	1.53	18	-
1.80	21.0	40.0	-	21	1.73	12	-	6.60	23.0	46.0	426.0	23	1.33	17	4260
2.00	20.0	46.0	86.0	20	1.40	14	860	6.80	15.0	35.0	-	15	1.00	15	-
2.20	23.0	44.0	100.0	23	1.33	17	1000	7.00	19.0	34.0	479.0	19	1.07	18	4790
2.40	19.0	39.0	118.0	19	1.07	18	1180	7.20	19.0	35.0	-	19	1.00	19	-
2.60	16.0	32.0	-	16	1.07	15	-	7.40	21.0	36.0	451.0	21	1.07	20	4510
2.80	18.0	34.0	144.0	18	0.87	21	1440	7.60	28.0	44.0	431.0	28	1.20	23	4310
3.00	23.0	36.0	-	23	0.93	25	-	7.80	20.0	38.0	469.0	20	1.40	14	4690
3.20	22.0	36.0	168.0	22	1.00	22	1680	8.00	22.0	40.0	-	22	1.20	18	-
3.40	23.0	38.0	-	23	1.27	18	-	8.20	33.0	51.0	-	33	1.93	17	-
3.60	28.0	47.0	189.0	28	1.67	17	1890	8.40	33.0	62.0	520.0	33	1.87	18	5200
3.80	33.0	58.0	-	33	1.80	18	-	8.60	28.0	56.0	-	28	1.93	14	-
4.00	38.0	65.0	236.0	38	2.20	17	2360	8.80	24.0	53.0	-	24	1.67	14	-
4.20	37.0	70.0	-	37	2.13	17	-	9.00	24.0	49.0	-	24	1.47	16	-
4.40	36.0	68.0	286.0	36	2.07	17	2860	9.20	24.0	46.0	556.0	24	1.27	19	5560
4.60	38.0	69.0	-	38	2.20	17	-	9.40	16.0	35.0	-	16	1.13	14	-
4.80	32.0	65.0	326.0	32	2.13	15	3260	9.60	12.0	29.0	-	12	-	-	-



ID: CPT 6_2

LOCALITA': Roveleto, loc. Monterusso piccolo

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

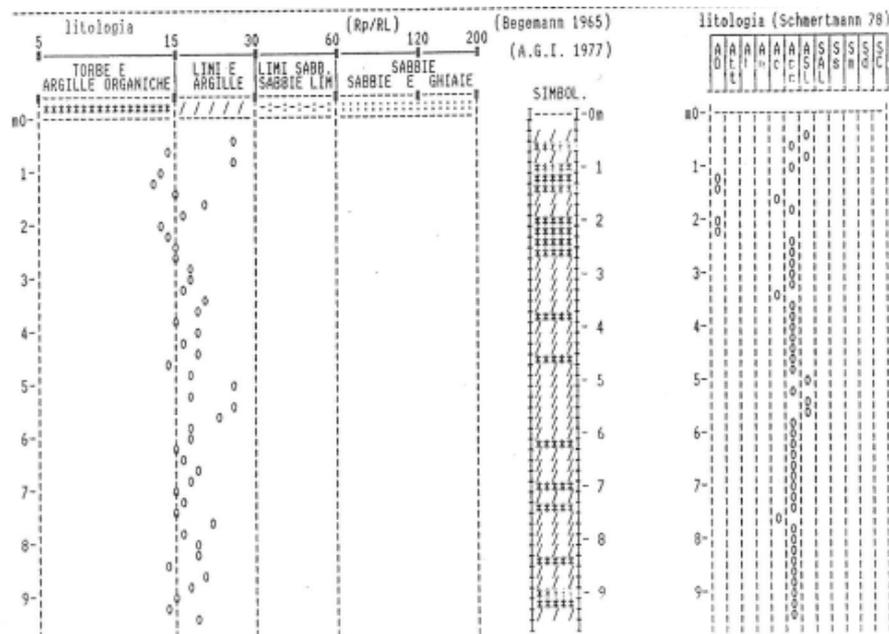
GEOPROGETTI - Studio Geologico - Fiorenzuola d'Arde (PC) - Tel.0523/944096

MITER. - NOVIGLI

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 2
TABELLE VALORI RESISTENZA RZ-6P-90

PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10t (con anello allargatore) - avanz. 2 cm/s - COSTANTE TRASFORMAZIONE Ct = 10.00
 punta meccanica tipo Begemann ø 35.7mm (area punta 10cm² - apertura 60°) - manicotto laterale (superficie 150 cm²)
 Cantiere : Monterusso Piccolo quota inizio : 0
 Località : Roveleto prof. falda = 1.00 m da quota inizio
 data : 07.09.2001

Lecture di campagna				Rp	RL	Rp/RL	Rt	Lecture di campagna				Rp	RL	Rp/RL	Rt
prof.(m)	punta	later.	totale	kg/cm ²	kg/cm ²	-	kg	prof.(m)	punta	later.	totale	kg/cm ²	kg/cm ²	-	kg
0.20	-	-	-	-	1.07	-	-	5.00	29.0	50.0	-	29	1.13	26	-
0.40	30.0	46.0	-	30	1.20	25	-	5.20	31.0	48.0	253.0	31	1.80	17	2530
0.60	30.0	48.0	-	30	2.07	15	-	5.40	25.0	52.0	-	25	1.00	25	-
0.80	32.0	63.0	-	32	1.27	25	-	5.60	34.0	49.0	-	34	1.53	22	-
1.00	21.0	40.0	55.0	21	1.53	14	550	5.80	37.0	60.0	312.0	37	2.07	18	3120
1.20	13.0	36.0	-	13	1.00	13	-	6.00	35.0	66.0	-	35	2.00	18	-
1.40	13.0	28.0	-	13	0.87	15	-	6.20	37.0	67.0	320.0	37	2.33	16	3200
1.60	16.0	29.0	34.0	16	0.80	20	340	6.40	38.0	73.0	-	38	2.33	16	-
1.80	17.0	29.0	37.0	17	1.07	16	370	6.60	38.0	73.0	378.0	38	2.00	19	3780
2.00	16.0	32.0	-	16	1.20	13	-	6.80	33.0	63.0	-	33	1.87	18	-
2.20	18.0	36.0	70.0	18	1.27	14	700	7.00	33.0	61.0	393.0	33	2.13	15	3930
2.40	20.0	39.0	-	20	1.27	16	-	7.20	33.0	65.0	430.0	33	2.00	17	4300
2.60	19.0	38.0	86.0	19	1.20	16	860	7.40	29.0	59.0	-	29	1.87	16	-
2.80	18.0	36.0	103.0	18	1.00	18	1030	7.60	18.0	46.0	434.0	18	0.87	21	4340
3.00	17.0	32.0	105.0	17	1.00	17	1050	7.80	28.0	41.0	452.0	28	1.73	16	4520
3.20	18.0	33.0	-	18	1.07	17	-	8.00	28.0	54.0	-	28	1.47	19	-
3.40	19.0	35.0	104.0	19	0.93	20	1040	8.20	35.0	57.0	455.0	35	1.87	19	4550
3.60	22.0	36.0	126.0	22	1.20	18	1260	8.40	29.0	57.0	-	29	2.07	14	-
3.80	27.0	45.0	144.0	27	1.73	16	1440	8.60	24.0	55.0	-	24	1.20	20	-
4.00	33.0	59.0	-	33	1.80	18	-	8.80	35.0	53.0	-	35	2.07	17	-
4.20	37.0	64.0	187.0	37	2.20	17	1870	9.00	36.0	67.0	538.0	36	2.33	15	5380
4.40	32.0	65.0	-	32	1.73	18	-	9.20	35.0	70.0	-	35	2.40	15	-
4.60	23.0	49.0	219.0	23	1.60	14	2190	9.40	32.0	68.0	-	32	1.73	18	-
4.80	24.0	48.0	230.0	24	1.40	17	2300	9.60	34.0	60.0	580.0	34	-	-	5800



ID: CPT 7_1

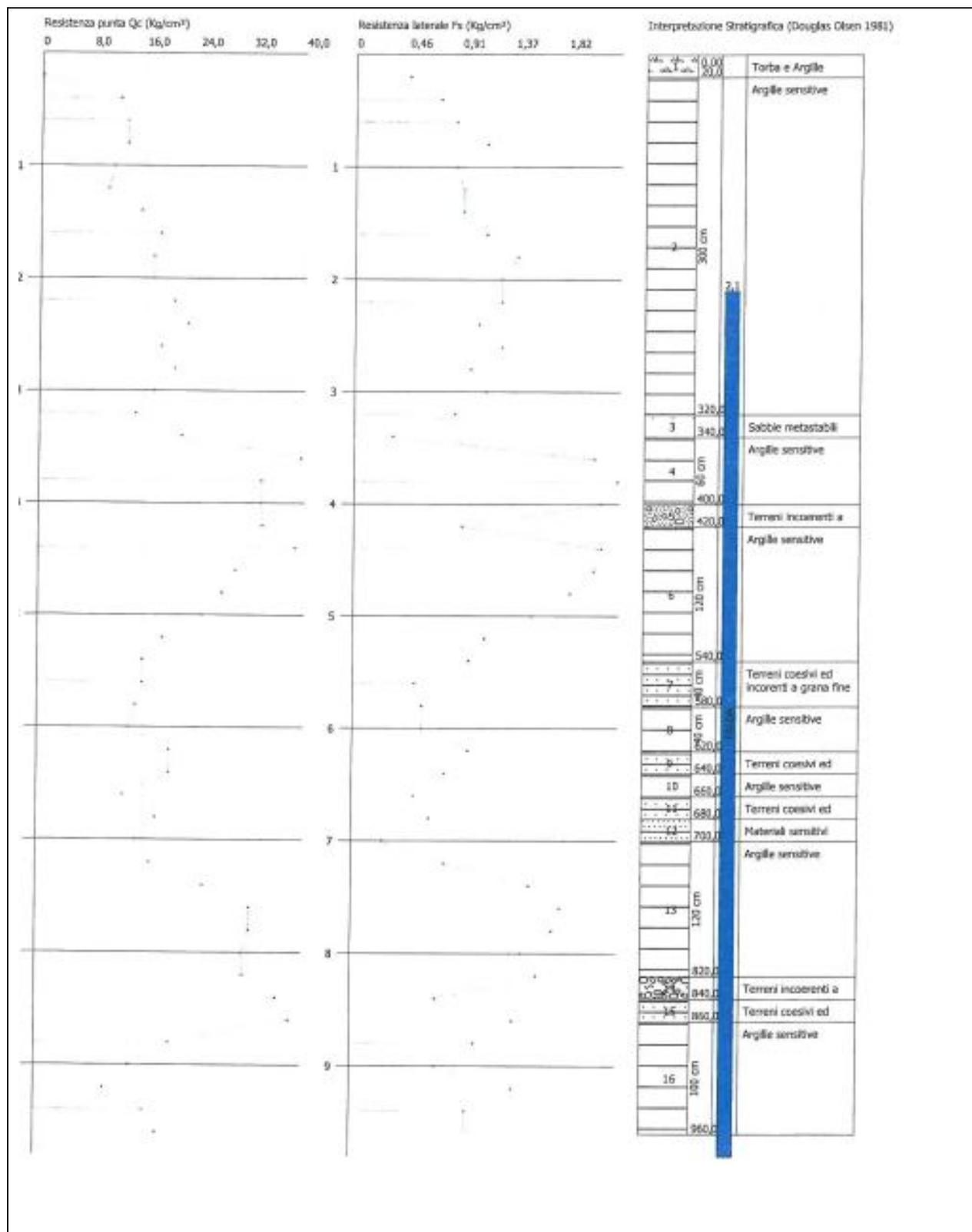
LOCALITA': Roveleto, loc. Romea

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... PAGANI 100 kN
 Prova eseguita in data 09/12/2011
 Profondità prova 9,80 mt
 Quota -0,80 mt
 Falda Nr. 1: Quota iniziale=2,10 Quota finale=9,80 mt

Profondità (m)	Letture punta (Kg/cm ²)	Letture laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,0	0,0	0,14	0,47	0,3	338,41
0,40	12,0	19,0	12,14	0,73	16,56	6,04
0,60	13,0	24,0	13,14	0,87	15,15	6,6
0,80	13,0	26,0	13,14	1,13	11,6	8,62
1,00	11,0	28,0	11,14	0,87	12,85	7,78
1,20	10,0	23,0	10,28	0,93	11,01	9,08
1,40	15,0	29,0	15,28	0,93	16,37	6,11
1,60	18,0	32,0	18,28	1,13	16,13	6,2
1,80	17,0	34,0	17,28	1,4	12,34	8,1
2,00	17,0	38,0	17,28	1,27	13,64	7,33
2,20	20,0	39,0	20,41	1,27	16,11	6,21
2,40	22,0	41,0	22,41	1,07	21,01	4,76
2,60	18,0	34,0	18,41	1,27	14,53	6,88
2,80	20,0	39,0	20,41	1,0	20,41	4,9
3,00	17,0	32,0	17,41	1,13	15,37	6,51
3,20	14,0	31,0	14,55	0,87	16,78	5,96
3,40	21,0	34,0	21,55	0,33	64,72	1,55
3,60	39,0	44,0	39,55	2,07	19,13	5,23
3,80	33,0	64,0	33,55	2,27	14,8	6,76
4,00	33,0	67,0	33,55	2,13	15,73	6,36
4,20	33,0	65,0	33,69	0,93	36,11	2,77
4,40	38,0	52,0	38,69	2,13	18,14	5,51
4,60	29,0	61,0	29,69	2,07	14,36	6,96
4,80	27,0	58,0	27,69	1,87	14,83	6,74
5,00	24,0	52,0	24,69	1,53	16,11	6,21
5,20	18,0	41,0	18,83	1,13	16,62	6,02
5,40	15,0	32,0	15,83	1,0	15,83	6,32
5,60	15,0	30,0	15,83	0,53	29,7	3,37
5,80	14,0	22,0	14,83	0,6	24,71	4,05
6,00	13,0	22,0	13,83	0,6	23,05	4,34
6,20	19,0	28,0	19,97	1,0	19,97	5,01
6,40	19,0	34,0	19,97	0,8	24,96	4,01
6,60	12,0	24,0	12,97	0,53	24,33	4,11
6,80	17,0	25,0	17,97	0,67	26,94	3,71
7,00	14,0	24,0	14,97	0,27	56,05	1,78
7,20	16,0	20,0	17,1	0,8	21,38	4,68
7,40	24,0	36,0	25,1	1,53	16,38	6,11
7,60	31,0	54,0	32,1	1,8	17,84	5,61
7,80	31,0	58,0	32,1	1,73	18,53	5,4
8,00	30,0	56,0	31,1	1,47	21,2	4,72
8,20	30,0	52,0	31,24	1,6	19,53	5,12
8,40	35,0	59,0	36,24	0,73	49,44	2,02
8,60	37,0	48,0	38,24	1,4	27,32	3,66
8,80	19,0	40,0	20,24	1,07	18,97	5,27
9,00	13,0	29,0	14,24	0,73	19,43	5,15
9,20	9,0	20,0	10,38	1,4	7,41	13,49
9,40	15,0	36,0	16,38	1,0	16,38	6,11
9,60	17,0	32,0	18,38	1,0	18,38	5,44
9,80	15,0	30,0	16,38	0,0		0,0



ID: CPT 7_2

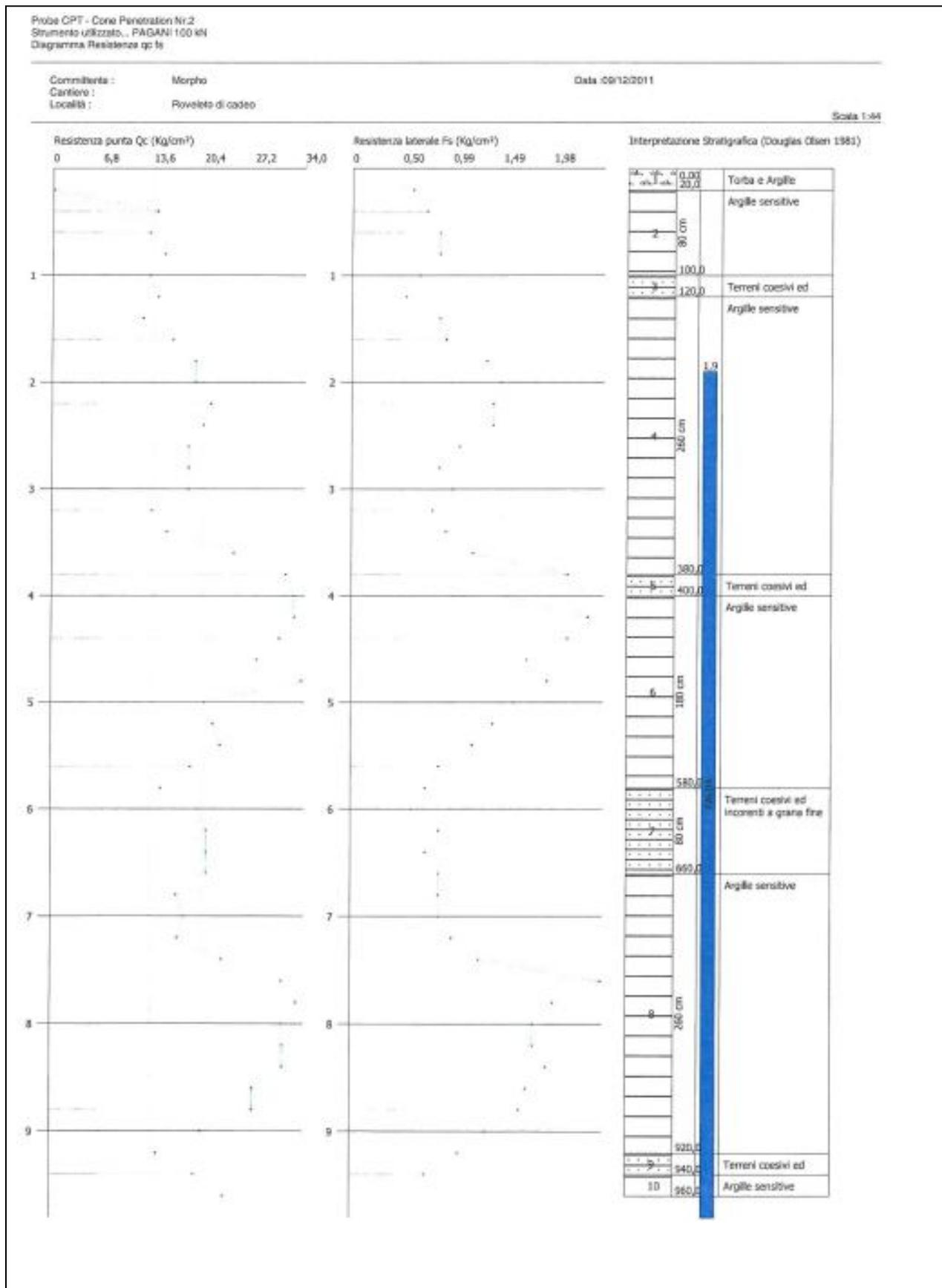
LOCALITA': Roveleto, loc. Romea

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... PAGANI 100 kN
 Prova eseguita in data 09/12/2011
 Profondità prova 9,80 mt
 Quota - 0,80 mt
 Falda Nr. 1: Quota iniziale=1,90 Quota finale=9,80 mt

Profondità (m)	Letture punta (Kg/cm ²)	Letture laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,0	0,0	0,14	0,6	0,23	434,78
0,40	14,0	23,0	14,14	0,73	19,29	5,18
0,60	13,0	24,0	13,14	0,87	15,15	6,6
0,80	15,0	28,0	15,14	0,87	17,46	5,73
1,00	13,0	26,0	13,14	0,67	19,7	5,08
1,20	14,0	24,0	14,28	0,53	26,78	3,73
1,40	12,0	20,0	12,28	0,87	14,16	7,06
1,60	16,0	29,0	16,28	0,93	17,44	5,73
1,80	19,0	33,0	19,28	1,33	14,46	6,92
2,00	19,0	39,0	19,28	1,47	13,14	7,61
2,20	21,0	43,0	21,41	1,4	15,3	6,54
2,40	20,0	41,0	20,41	1,4	14,58	6,86
2,60	18,0	39,0	18,41	1,07	17,26	5,79
2,80	18,0	34,0	18,41	0,87	21,24	4,71
3,00	18,0	31,0	18,41	1,0	18,41	5,43
3,20	13,0	28,0	13,55	0,8	16,94	5,9
3,40	15,0	27,0	15,55	0,93	16,67	6,0
3,60	24,0	38,0	24,55	1,2	20,46	4,89
3,80	31,0	49,0	31,55	2,13	14,79	6,76
4,00	32,0	64,0	32,55	1,53	21,23	4,71
4,20	32,0	55,0	32,69	2,33	14,01	7,14
4,40	30,0	65,0	30,69	2,13	14,39	6,95
4,60	27,0	59,0	27,69	1,73	15,98	6,26
4,80	33,0	59,0	33,69	1,93	17,43	5,74
5,00	20,0	49,0	20,69	1,6	12,93	7,73
5,20	21,0	45,0	21,83	1,4	15,59	6,41
5,40	22,0	43,0	22,83	1,2	19,02	5,26
5,60	18,0	36,0	18,83	0,87	21,72	4,6
5,80	14,0	27,0	14,83	0,73	20,23	4,94
6,00	19,0	30,0	19,83	0,6	33,05	3,03
6,20	20,0	29,0	20,97	0,87	24,18	4,14
6,40	20,0	33,0	20,97	0,73	28,6	3,5
6,60	20,0	31,0	20,97	0,87	24,18	4,14
6,80	16,0	29,0	16,97	0,87	19,57	5,11
7,00	17,0	30,0	17,97	0,87	20,72	4,83
7,20	16,0	29,0	17,1	1,0	17,1	5,85
7,40	22,0	37,0	23,1	1,27	18,24	5,48
7,60	30,0	49,0	31,1	2,47	12,61	7,93
7,80	32,0	69,0	33,1	2,0	16,55	6,04
8,00	30,0	60,0	31,1	1,8	17,28	5,79
8,20	30,0	57,0	31,24	1,8	17,36	5,76
8,40	30,0	57,0	31,24	1,93	16,16	6,19
8,60	26,0	55,0	27,24	1,73	15,72	6,36
8,80	26,0	52,0	27,24	1,67	16,34	6,12
9,00	19,0	44,0	20,24	1,33	15,19	6,59
9,20	13,0	33,0	14,38	1,07	13,48	7,42
9,40	18,0	34,0	19,38	0,73	26,44	3,78
9,60	22,0	33,0	23,38	1,27	18,45	5,42
9,80	20,0	39,0	21,38	0,0		0,0



ID: CPT 7_3

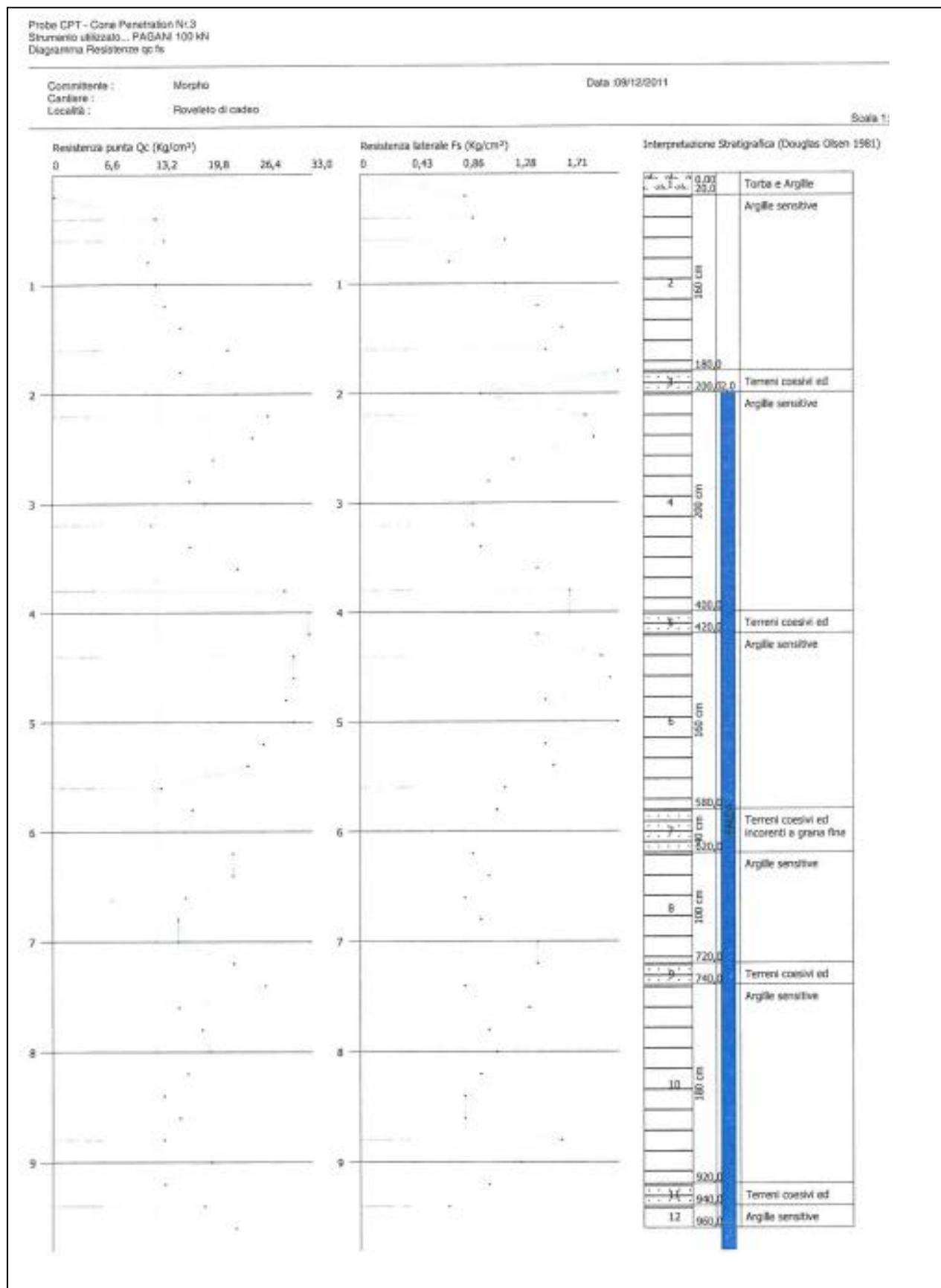
LOCALITA': Roveleto, loc. Romea

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... PAGANI 100 kN
 Prova eseguita in data 09/12/2011
 Profondità prova 9,80 mt
 Quota -0,80 mt
 Falda Nr. 1: Quota iniziale=2,00 Quota finale=9,80 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,0	0,0	0,14	0,87	0,16	628,26
0,40	13,0	26,0	13,14	0,93	14,08	7,1
0,60	14,0	28,0	14,14	1,2	11,78	8,49
0,80	12,0	30,0	12,14	0,73	16,56	6,04
1,00	13,0	24,0	13,14	1,2	10,95	9,13
1,20	14,0	32,0	14,28	1,47	9,73	10,28
1,40	16,0	38,0	16,28	1,67	9,76	10,24
1,60	22,0	47,0	22,28	1,53	14,53	6,88
1,80	16,0	39,0	16,28	2,13	7,63	13,11
2,00	23,0	55,0	23,28	1,0	23,28	4,3
2,20	27,0	42,0	27,41	1,87	14,68	6,81
2,40	25,0	53,0	25,41	1,93	13,15	7,61
2,60	20,0	49,0	20,41	1,27	16,11	6,21
2,80	17,0	36,0	17,41	1,07	16,32	6,13
3,00	19,0	35,0	19,41	0,93	20,81	4,81
3,20	12,0	26,0	12,55	0,93	13,45	7,43
3,40	17,0	31,0	17,55	1,0	17,55	5,7
3,60	23,0	38,0	23,55	1,47	16,05	6,23
3,80	29,0	51,0	29,55	1,73	17,05	5,86
4,00	32,0	58,0	32,55	1,73	18,78	5,32
4,20	32,0	58,0	32,69	1,47	22,28	4,49
4,40	30,0	52,0	30,69	2,0	15,35	6,52
4,60	30,0	60,0	30,69	2,07	14,85	6,74
4,80	29,0	60,0	29,69	1,53	19,37	5,16
5,00	30,0	53,0	30,69	2,13	14,39	6,95
5,20	26,0	58,0	26,83	1,53	17,5	5,71
5,40	24,0	47,0	24,83	1,6	15,52	6,44
5,60	13,0	37,0	13,83	1,2	11,52	8,68
5,80	17,0	35,0	17,83	1,13	15,74	6,36
6,00	16,0	33,0	16,83	0,6	28,05	3,57
6,20	22,0	31,0	22,97	0,93	24,62	4,06
6,40	22,0	36,0	22,97	1,07	21,52	4,65
6,60	16,0	32,0	16,97	0,87	19,57	5,11
6,80	15,0	28,0	15,97	1,0	15,97	6,26
7,00	15,0	30,0	15,97	1,47	10,88	9,19
7,20	22,0	44,0	23,1	1,47	15,75	6,35
7,40	26,0	48,0	27,1	0,87	31,26	3,2
7,60	15,0	28,0	16,1	1,4	11,5	8,69
7,80	18,0	39,0	19,1	1,07	17,9	5,59
8,00	19,0	35,0	20,1	1,13	17,74	5,64
8,20	16,0	33,0	17,24	1,0	17,24	5,8
8,40	13,0	28,0	14,24	0,87	16,43	6,09
8,60	15,0	28,0	16,24	0,87	18,73	5,34
8,80	13,0	26,0	14,24	1,67	8,54	11,7
9,00	19,0	44,0	20,24	1,33	15,19	6,59
9,20	13,0	33,0	14,38	1,07	13,48	7,42
9,40	18,0	34,0	19,38	0,73	26,44	3,78
9,60	22,0	33,0	23,38	1,27	18,45	5,42
9,80	20,0	39,0	21,38	0,0		0,0



ID: CPT 7_4

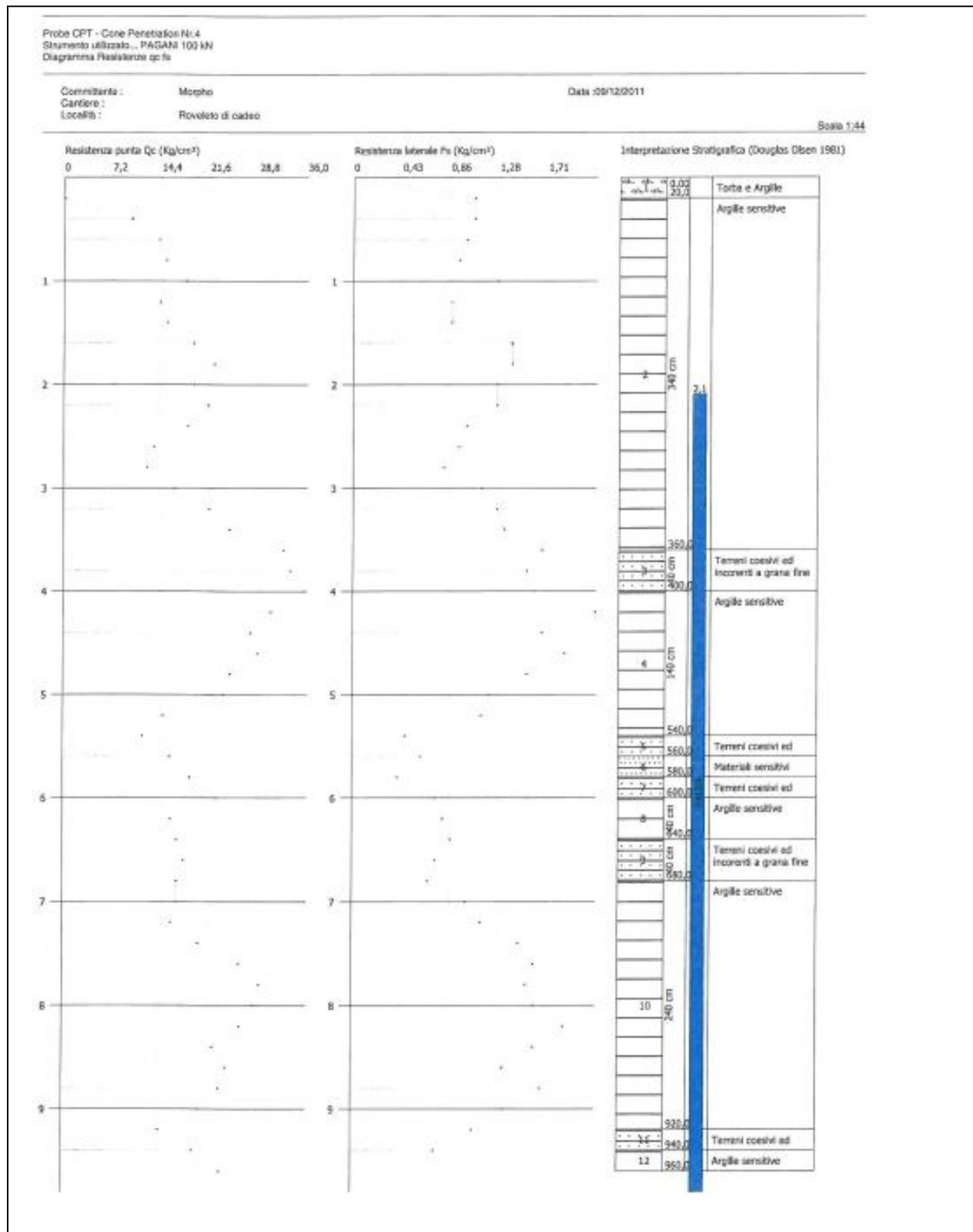
LOCALITA': Roveleto, loc. Romea

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

PROVA... Nr.4

Strumento utilizzato... PAGANI 100 kN
 Prova eseguita in data 09/12/2011
 Profondità prova 9,80 mt
 Quota -0,80 mt
 Falda Nr. 1: Quota iniziale=-2,10 Quota finale=9,80 mt

Profondità (m)	Letture punta (Kg/cm ²)	Letture laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,0	0,0	0,14	1,07	0,13	773,19
0,40	10,0	26,0	10,14	1,07	9,5	10,52
0,60	14,0	30,0	14,14	1,0	14,14	7,07
0,80	15,0	30,0	15,14	0,93	16,23	6,16
1,00	18,0	32,0	18,14	1,27	14,32	6,99
1,20	14,0	33,0	14,28	0,87	16,47	6,07
1,40	15,0	28,0	15,28	0,87	17,62	5,68
1,60	19,0	32,0	19,28	1,4	13,77	7,26
1,80	22,0	43,0	22,28	1,4	15,91	6,28
2,00	19,0	40,0	19,28	1,27	15,21	6,57
2,20	21,0	40,0	21,41	1,27	16,9	5,92
2,40	18,0	37,0	18,41	1,0	18,41	5,43
2,60	13,0	28,0	13,41	0,93	14,38	6,96
2,80	12,0	26,0	12,41	0,8	15,52	6,44
3,00	16,0	28,0	16,41	1,13	14,49	6,9
3,20	21,0	38,0	21,55	1,27	17,01	5,88
3,40	24,0	43,0	24,55	1,33	18,42	5,43
3,60	32,0	52,0	32,55	1,67	19,53	5,12
3,80	33,0	58,0	33,55	1,53	21,89	4,57
4,00	35,0	58,0	35,55	1,6	22,22	4,5
4,20	30,0	54,0	30,69	2,13	14,39	6,95
4,40	27,0	59,0	27,69	1,67	16,61	6,02
4,60	28,0	53,0	28,69	1,87	15,37	6,51
4,80	24,0	52,0	24,69	1,53	16,11	6,21
5,00	23,0	46,0	23,69	1,2	19,74	5,07
5,20	14,0	32,0	14,83	1,13	13,09	7,64
5,40	11,0	28,0	11,83	0,47	25,33	3,95
5,60	15,0	22,0	15,83	0,6	26,38	3,79
5,80	18,0	27,0	18,83	0,4	47,07	2,12
6,00	22,0	28,0	22,83	0,73	31,14	3,21
6,20	15,0	26,0	15,97	0,8	19,96	5,01
6,40	16,0	28,0	16,97	0,87	19,57	5,11
6,60	17,0	30,0	17,97	0,73	24,51	4,08
6,80	16,0	27,0	16,97	0,67	25,44	3,93
7,00	16,0	26,0	16,97	1,0	16,97	5,89
7,20	15,0	30,0	16,1	1,13	14,21	7,04
7,40	19,0	36,0	20,1	1,47	13,7	7,3
7,60	25,0	47,0	26,1	1,6	16,32	6,13
7,80	28,0	52,0	29,1	1,53	18,98	5,27
8,00	27,0	50,0	28,1	1,6	17,57	5,69
8,20	25,0	49,0	26,24	1,87	14,06	7,11
8,40	21,0	49,0	22,24	1,6	13,9	7,19
8,60	23,0	47,0	24,24	1,33	18,19	5,5
8,80	22,0	42,0	23,24	1,67	13,94	7,17
9,00	19,0	44,0	20,24	1,33	15,19	6,59
9,20	13,0	33,0	14,38	1,07	13,48	7,42
9,40	18,0	34,0	19,38	0,73	26,44	3,78
9,60	22,0	33,0	23,38	1,27	18,45	5,42
9,80	20,0	39,0	21,38	0,0		0,0



ID: CPT 8_1

LOCALITA': Fontana Fredda

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

Dott. Paolo Manciozzi Studio Geologico
 Via Vitali, 32 - 29100 Piacenza
 Tel/Fax 0523/452257 - Cell. 335/8147227

Rifer. FONTANAF

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 1

2.010496-05

- committente : Trevi Srl
 - lavoro : Nuova lottizzazione
 - località : Fontana Fredda - Cadeo
 - note :
 - data : 30/12/1899
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -1,40 m da quota inizio
 - pagina : 1

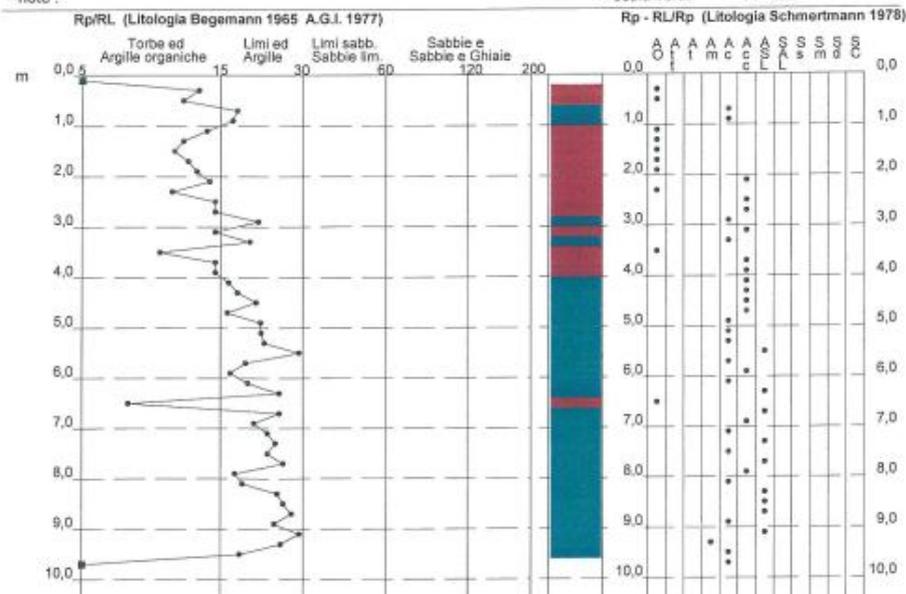
Prof. m	Letture di campagna		Rp	RL	Rp/RL	Prof. m	Letture di campagna		Rp	RL	Rp/RL
	punta	laterale	kg/cm ²	kg/cm ²			punta	laterale	kg/cm ²	kg/cm ²	
0,20	---	---	---	0,93	---	5,20	19,0	30,0	19,0	0,67	22,0
0,40	14,0	28,0	14,0	1,07	13,0	5,40	15,0	28,0	15,0	0,67	22,0
0,60	10,0	26,0	10,0	0,87	12,0	5,60	16,0	26,0	16,0	0,53	30,0
0,80	12,0	25,0	12,0	0,67	18,0	5,80	18,0	26,0	18,0	0,93	19,0
1,00	15,0	25,0	15,0	0,87	17,0	6,00	17,0	31,0	17,0	1,00	17,0
1,20	14,0	27,0	14,0	1,00	14,0	6,20	17,0	32,0	17,0	0,87	20,0
1,40	10,0	25,0	10,0	0,87	12,0	6,40	17,0	30,0	17,0	0,67	25,0
1,60	10,0	23,0	10,0	0,93	11,0	6,60	18,0	28,0	18,0	2,47	7,0
1,80	16,0	30,0	16,0	1,33	12,0	6,80	17,0	54,0	17,0	0,67	25,0
2,00	18,0	38,0	18,0	1,40	13,0	7,00	22,0	32,0	22,0	1,07	21,0
2,20	21,0	42,0	21,0	1,47	14,0	7,20	20,0	36,0	20,0	0,67	23,0
2,40	21,0	43,0	21,0	2,00	10,0	7,40	23,0	36,0	23,0	0,93	25,0
2,60	27,0	57,0	27,0	1,80	15,0	7,60	20,0	34,0	20,0	0,87	23,0
2,80	24,0	51,0	24,0	1,60	15,0	7,80	28,0	41,0	28,0	1,07	26,0
3,00	20,0	44,0	20,0	0,93	21,0	8,00	20,0	36,0	20,0	1,13	18,0
3,20	16,0	30,0	16,0	1,07	15,0	8,20	15,0	32,0	15,0	0,80	19,0
3,40	16,0	32,0	16,0	0,80	20,0	8,40	15,0	27,0	15,0	0,60	25,0
3,60	24,0	36,0	24,0	2,53	9,0	8,60	14,0	23,0	14,0	0,53	26,0
3,80	18,0	56,0	18,0	1,20	15,0	8,80	15,0	23,0	15,0	0,53	28,0
4,00	17,0	35,0	17,0	1,13	15,0	9,00	13,0	21,0	13,0	0,53	24,0
4,20	19,0	36,0	19,0	1,13	17,0	9,20	14,0	22,0	14,0	0,47	30,0
4,40	18,0	35,0	18,0	1,00	18,0	9,40	12,0	19,0	12,0	0,47	26,0
4,60	21,0	36,0	21,0	1,00	21,0	9,60	11,0	18,0	11,0	0,60	18,0
4,80	21,0	36,0	21,0	1,27	17,0	9,80	10,0	19,0	10,0	---	---
5,00	16,0	35,0	16,0	0,73	22,0						

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 1

2.010496-05

- committente : Trevi Srl
 - lavoro : Nuova lottizzazione
 - località : Fontana Fredda - Cadeo
 - note :
 - data : 30/12/1899
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -1,40 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



ID: CPT 8_2

LOCALITA': Roveleto, via Emilia

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 2

2.010496-05

- committente : Preg.mo Sig. BATTECCA BRUNO
 - lavoro : Nuovo Fabbricato Residenziale
 - località : Via Emilia Parmense - Roveleto di Cadeo (PC)
 - note :
 - data : 30/12/1899
 - quota inizio : -0.30 m. da Piano Stradale
 - prof. falda : -3,80 m da quota inizio
 - pagina : 1

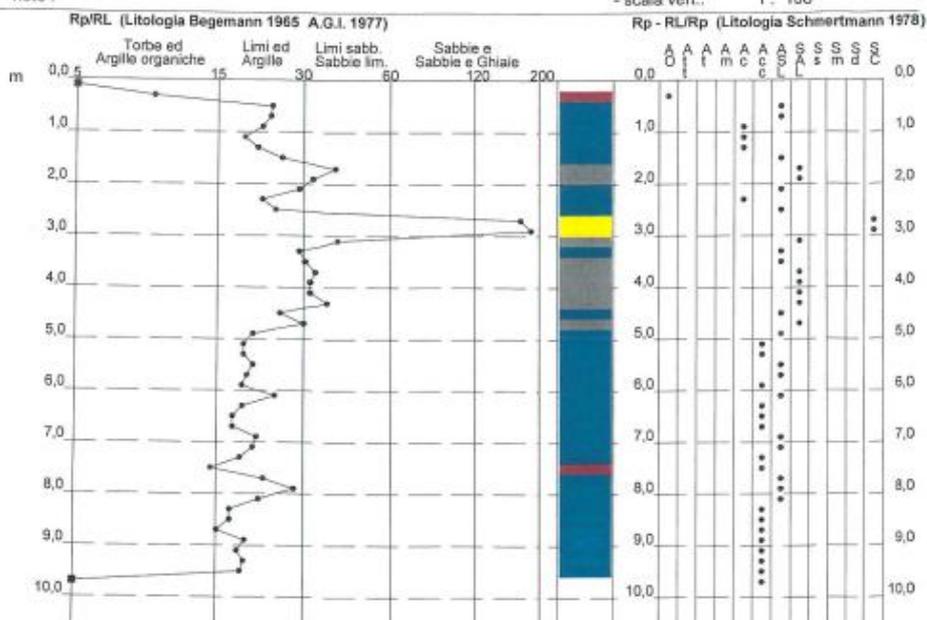
Prof. m	Letture di campagna		Rp	RL	Rp/RL	Prof. m	Letture di campagna		Rp	RL	Rp/RL
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	---	---	---	1,20	---	5,20	35,0	60,0	35,0	1,80	19,0
0,40	10,0	28,0	10,0	1,07	9,0	5,40	35,0	62,0	35,0	1,80	19,0
0,60	21,0	37,0	21,0	0,87	24,0	5,60	35,0	62,0	35,0	1,67	21,0
0,80	24,0	37,0	24,0	1,00	24,0	5,80	36,0	61,0	36,0	1,80	20,0
1,00	18,0	33,0	18,0	0,80	22,0	6,00	32,0	59,0	32,0	1,67	19,0
1,20	13,0	25,0	13,0	0,67	19,0	6,20	30,0	55,0	30,0	1,20	25,0
1,40	13,0	23,0	13,0	0,60	22,0	6,40	27,0	45,0	27,0	1,40	19,0
1,60	14,0	23,0	14,0	0,53	26,0	6,60	25,0	46,0	25,0	1,40	18,0
1,80	21,0	29,0	21,0	0,53	39,0	6,80	25,0	46,0	25,0	1,40	18,0
2,00	22,0	30,0	22,0	0,67	33,0	7,00	26,0	47,0	26,0	1,20	22,0
2,20	20,0	30,0	20,0	0,67	30,0	7,20	28,0	46,0	28,0	1,33	21,0
2,40	21,0	31,0	21,0	0,93	22,0	7,40	24,0	44,0	24,0	1,27	19,0
2,60	20,0	34,0	20,0	0,80	25,0	7,60	25,0	44,0	25,0	1,67	15,0
2,80	23,0	35,0	23,0	0,13	172,0	7,80	29,0	54,0	29,0	1,27	23,0
3,00	25,0	27,0	25,0	0,13	187,0	8,00	29,0	48,0	29,0	1,00	29,0
3,20	24,0	26,0	24,0	0,60	40,0	8,20	25,0	40,0	25,0	1,13	22,0
3,40	26,0	35,0	26,0	0,87	30,0	8,40	21,0	38,0	21,0	1,20	17,0
3,60	25,0	38,0	25,0	0,80	31,0	8,60	21,0	39,0	21,0	1,20	17,0
3,80	29,0	41,0	29,0	0,87	33,0	8,80	20,0	38,0	20,0	1,27	16,0
4,00	28,0	41,0	28,0	0,87	32,0	9,00	25,0	44,0	25,0	1,27	20,0
4,20	28,0	41,0	28,0	0,87	32,0	9,20	25,0	45,0	26,0	1,40	19,0
4,40	22,0	35,0	22,0	0,60	37,0	9,40	30,0	51,0	30,0	1,53	20,0
4,60	26,0	35,0	26,0	1,00	26,0	9,60	33,0	56,0	33,0	1,73	19,0
4,80	33,0	48,0	33,0	1,07	31,0	9,80	35,0	61,0	35,0	---	---
5,00	35,0	51,0	35,0	1,67	21,0						

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 2

2.010496-05

- committente : Preg.mo Sig. BATTECCA BRUNO
 - lavoro : Nuovo Fabbricato Residenziale
 - località : Via Emilia Parmense - Roveleto di Cadeo (PC)
 - note :
 - data : 30/12/1899
 - quota inizio : -0.30 m. da Piano Stradale
 - prof. falda : -3,80 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



ID: CPT 9_1

LOCALITA': Fontana Fredda

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

CPT 01

TABULATI DI CALCOLO

Prova n°		01		Data: 27/03/2012		Dott. Geol. Roberto Ponzanibbio	
Committente		Filippo Segalini		Quota: p.r.		via Bissolo, 3	
Comune		Cadeo		Acqua: -1,20		29019 - San Giorgio (Pc)	
Cantiere		Fontana Fredda					
Prof. m	P Kg/cmq	P-L Kg/cmq	Rt Kg/cmq	Rp Kg/cmq	RI Kg/cmq	Rp/RI	litologia (A.G.I. 1977)
0,0							
0,2	1	2		1	0,07	15	argille e limi
0,4	6	9		6	0,20	30	argille e limi
0,6	70	80		70	0,67	105	sabbie e ghiaie
0,8	4	30		4	1,72	2	argille plastiche
1,0	4	7		4	0,20	20	argille e limi
1,2	3	6		3	0,20	15	argille e limi
1,4	3	5		3	0,13	22	argille e limi
1,6	12	18		12	0,40	30	argille e limi
1,8	7	10		7	0,20	35	sabbie lim. e limi sabb.
2,0	5	7		5	0,13	38	sabbie lim. e limi sabb.
2,2	4	6		4	0,13	30	argille e limi
2,4	8	10		3	0,13	60	sabbie lim. e limi sabb.
2,6	11	14		11	0,20	55	sabbie lim. e limi sabb.
2,8	13	18		13	0,33	39	sabbie lim. e limi sabb.
3,0	14	18		14	0,27	52	sabbie lim. e limi sabb.
3,2	13	18		13	0,33	39	sabbie lim. e limi sabb.
3,4	11	15		11	0,27	42	sabbie lim. e limi sabb.
3,6	9	13		9	0,27	34	sabbie lim. e limi sabb.
3,8	11	15		11	0,27	41	sabbie lim. e limi sabb.
4,0	8	13		5	0,33	24	argille e limi
4,2	8	12		5	0,27	30	argille e limi
4,4	7	11		7	0,27	26	argille e limi
4,6	11	15		11	0,27	41	sabbie lim. e limi sabb.
4,8	14	21		14	0,47	39	argille e limi
5,0	10	16		10	0,40	25	argille e limi
5,2	9	13		9	0,27	24	sabbie lim. e limi sabb.
5,4	7	11		7	0,27	26	argille e limi
5,6	8	11		5	0,20	46	sabbie lim. e limi sabb.
5,8	8	12		5	0,27	30	argille e limi
6,0	7	11		7	0,27	26	argille e limi
6,2	6	9		6	0,20	30	argille e limi
6,4	6	9		6	0,20	30	argille e limi
6,6	6	10		6	0,27	23	argille e limi
6,8	11	14		11	0,20	55	sabbie lim. e limi sabb.
7,0	8	13		5	0,33	24	argille e limi
7,2	6	12		6	0,40	15	argille e limi
7,4	6	8		6	0,13	45	sabbie lim. e limi sabb.
7,6	5	8		5	0,20	25	argille e limi
7,8	6	9		6	0,20	30	argille e limi
8,0	4	7		4	0,20	20	argille e limi
8,2							
8,4							
8,6							
8,8							
9,0							
9,2							
9,4							
9,6							
9,8							
10,0							

Dr. Geol. Segalini Filippo

ID: CPT 9_2

LOCALITA': Fontana Fredda

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

CPT 02

TABULATI DI CALCOLO

Prova n° 02		Data: 22/03/12		Dott. Geol. Roberto Ponzanibbio			
Committente Filippo Segalini				via Bissola, 3			
Comune Cadeo		Quota: p.c.		29019 - San Giorgio (Pc)			
Cantiere Fontana Fredda		Acqua: -1,10					
Prof. m	P Kg/cmq	P+L Kg/cmq	R1 Kg/cmq	Rp Kg/cmq	Rl Kg/cmq	Rp/Rl	litologia (A.G.I. 1977)
0,0							
0,2	1	2		1	0,07	13	argille e limi
0,4	4	6		4	0,13	30	argille e limi
0,6	3	7		3	0,27	11	argille plastiche
0,8	10	20		10	0,67	13	argille e limi
1,0	9	17		9	0,53	17	argille e limi
1,2	9	17		9	0,53	17	argille e limi
1,4	8	18		8	0,67	12	argille plastiche
1,6	8	18		8	0,67	12	argille plastiche
1,8	7	14		7	0,47	13	argille e limi
2,0	4	12		4	0,53	8	argille plastiche
2,2	12	22		12	0,67	18	argille e limi
2,4	9	12		9	0,20	45	sabbie lim. e limi sabb.
2,6	11	16		11	0,33	33	sabbie lim. e limi sabb.
2,8	13	18		13	0,33	39	sabbie lim. e limi sabb.
3,0	11	14		11	0,20	55	sabbie lim. e limi sabb.
3,2	7	18		7	0,73	10	argille plastiche
3,4	9	13		9	0,27	34	sabbie lim. e limi sabb.
3,6	8	11		8	0,20	40	sabbie lim. e limi sabb.
3,8	11	14		11	0,20	55	sabbie lim. e limi sabb.
4,0	10	16		10	0,40	25	argille e limi
4,2	14	21		14	0,47	30	argille e limi
4,4	12	24		12	0,80	15	argille e limi
4,6	6	14		6	0,53	11	argille plastiche
4,8	5	12		5	0,47	11	argille plastiche
5,0	7	22		7	1,00	7	argille plastiche
5,2	8	12		8	0,27	30	argille e limi
5,4	8	11		8	0,20	40	sabbie lim. e limi sabb.
5,6	11	15		11	0,27	41	sabbie lim. e limi sabb.
5,8	14	18		14	0,27	53	sabbie lim. e limi sabb.
6,0	6	9		6	0,20	30	argille e limi
6,2	4	8		4	0,27	15	argille e limi
6,4	5	8		5	0,20	25	argille e limi
6,6	5	9		5	0,27	19	argille e limi
6,8							
7,0							
7,2							
7,4							
7,6							
7,8							
8,0							
8,2							
8,4							
8,6							
8,8							
9,0							
9,2							
9,4							
9,6							
9,8							
10,0							

Dr. Geol. Segalini Filippo

ID: CPT 8_1

LOCALITA': Fontana Fredda

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico
 Via Vitali, 32 - 29100 Piacenza
 Tel/Fax 0523/452257 - Cell. 335/8147227

Rifer. FONTANAF

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 1

2.010496-05

- committente : Trevi Srl
 - lavoro : Nuova lottizzazione
 - località : Fontana Fredda - Cadeo
 - note :
 - data : 30/12/1899
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -1,40 m da quota inizio
 - pagina : 1

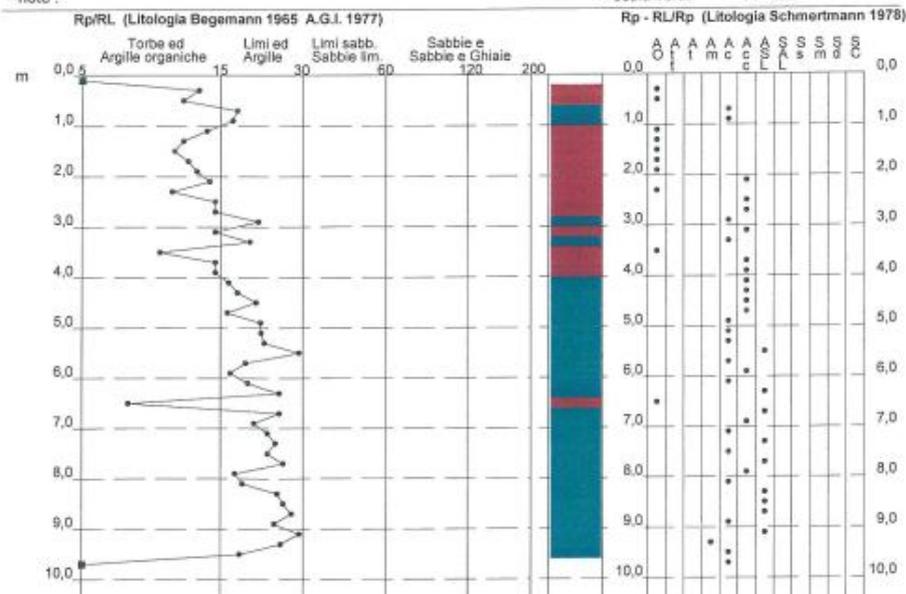
Prof. m	Letture di campagna		Rp	RL	Rp/RL	Prof. m	Letture di campagna		Rp	RL	Rp/RL
	punta	laterale	kg/cm ²	kg/cm ²			punta	laterale	kg/cm ²	kg/cm ²	
0,20	---	---	---	0,93	---	5,20	19,0	30,0	19,0	0,67	22,0
0,40	14,0	28,0	14,0	1,07	13,0	5,40	15,0	28,0	15,0	0,67	22,0
0,60	10,0	26,0	10,0	0,87	12,0	5,60	16,0	26,0	16,0	0,53	30,0
0,80	12,0	25,0	12,0	0,67	18,0	5,80	18,0	26,0	18,0	0,93	19,0
1,00	15,0	25,0	15,0	0,87	17,0	6,00	17,0	31,0	17,0	1,00	17,0
1,20	14,0	27,0	14,0	1,00	14,0	6,20	17,0	32,0	17,0	0,87	20,0
1,40	10,0	25,0	10,0	0,87	12,0	6,40	17,0	30,0	17,0	0,67	25,0
1,60	10,0	23,0	10,0	0,93	11,0	6,60	18,0	28,0	18,0	2,47	7,0
1,80	16,0	30,0	16,0	1,33	12,0	6,80	17,0	54,0	17,0	0,67	25,0
2,00	18,0	38,0	18,0	1,40	13,0	7,00	22,0	32,0	22,0	1,07	21,0
2,20	21,0	42,0	21,0	1,47	14,0	7,20	20,0	36,0	20,0	0,67	23,0
2,40	21,0	43,0	21,0	2,00	10,0	7,40	23,0	36,0	23,0	0,93	25,0
2,60	27,0	57,0	27,0	1,80	15,0	7,60	20,0	34,0	20,0	0,87	23,0
2,80	24,0	51,0	24,0	1,60	15,0	7,80	28,0	41,0	28,0	1,07	26,0
3,00	20,0	44,0	20,0	0,93	21,0	8,00	20,0	36,0	20,0	1,13	18,0
3,20	16,0	30,0	16,0	1,07	15,0	8,20	15,0	32,0	15,0	0,80	19,0
3,40	16,0	32,0	16,0	0,80	20,0	8,40	15,0	27,0	15,0	0,60	25,0
3,60	24,0	36,0	24,0	2,53	9,0	8,60	14,0	23,0	14,0	0,53	26,0
3,80	18,0	56,0	18,0	1,20	15,0	8,80	15,0	23,0	15,0	0,53	28,0
4,00	17,0	35,0	17,0	1,13	15,0	9,00	13,0	21,0	13,0	0,53	24,0
4,20	19,0	36,0	19,0	1,13	17,0	9,20	14,0	22,0	14,0	0,47	30,0
4,40	18,0	35,0	18,0	1,00	18,0	9,40	12,0	19,0	12,0	0,47	26,0
4,60	21,0	36,0	21,0	1,00	21,0	9,60	11,0	18,0	11,0	0,60	18,0
4,80	21,0	36,0	21,0	1,27	17,0	9,80	10,0	19,0	10,0	---	---
5,00	16,0	35,0	16,0	0,73	22,0						

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 1

2.010496-05

- committente : Trevi Srl
 - lavoro : Nuova lottizzazione
 - località : Fontana Fredda - Cadeo
 - note :
 - data : 30/12/1899
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -1,40 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



ID: CPT 8_2

LOCALITA': Roveleto, via Emilia

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 2

2.010496-05

- committente : Preg.mo Sig. BATTECCA BRUNO
 - lavoro : Nuovo Fabbricato Residenziale
 - località : Via Emilia Parmense - Roveleto di Cadeo (PC)
 - note :
 - data : 30/12/1899
 - quota inizio : -0.30 m. da Piano Stradale
 - prof. falda : -3,80 m da quota inizio
 - pagina : 1

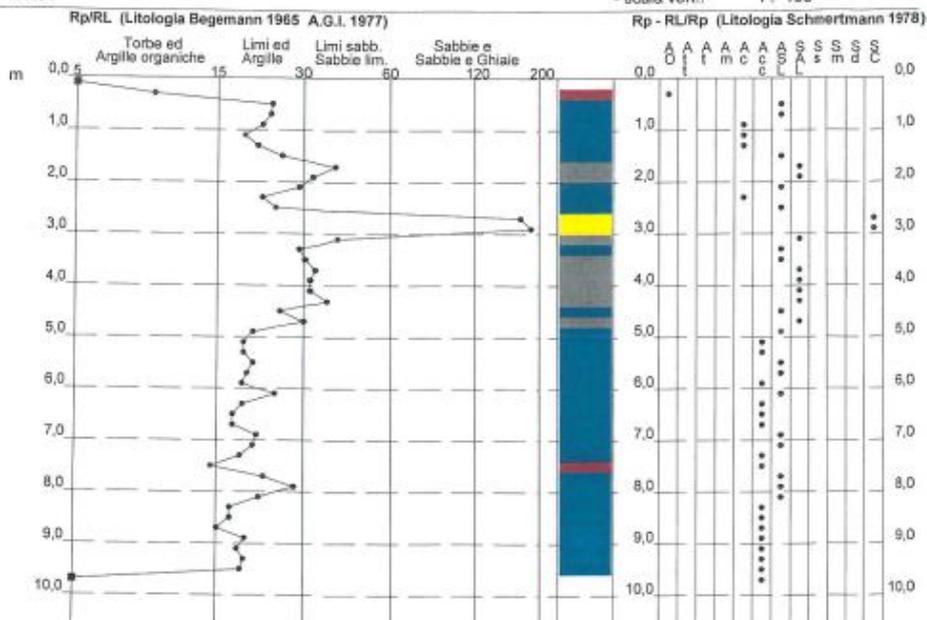
Prof. m	Letture di campagna		Rp	RL	Rp/RL	Prof. m	Letture di campagna		Rp	RL	Rp/RL
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	---	---	---	1,20	---	5,20	35,0	60,0	35,0	1,80	19,0
0,40	10,0	28,0	10,0	1,07	9,0	5,40	35,0	62,0	35,0	1,80	19,0
0,60	21,0	37,0	21,0	0,87	24,0	5,60	35,0	62,0	35,0	1,67	21,0
0,80	24,0	37,0	24,0	1,00	24,0	5,80	36,0	61,0	36,0	1,80	20,0
1,00	18,0	33,0	18,0	0,80	22,0	6,00	32,0	59,0	32,0	1,67	19,0
1,20	13,0	25,0	13,0	0,67	19,0	6,20	30,0	55,0	30,0	1,20	25,0
1,40	13,0	23,0	13,0	0,60	22,0	6,40	27,0	45,0	27,0	1,40	19,0
1,60	14,0	23,0	14,0	0,53	26,0	6,60	25,0	46,0	25,0	1,40	18,0
1,80	21,0	29,0	21,0	0,53	39,0	6,80	25,0	46,0	25,0	1,40	18,0
2,00	22,0	30,0	22,0	0,67	33,0	7,00	26,0	47,0	26,0	1,20	22,0
2,20	20,0	30,0	20,0	0,67	30,0	7,20	28,0	46,0	28,0	1,33	21,0
2,40	21,0	31,0	21,0	0,93	22,0	7,40	24,0	44,0	24,0	1,27	19,0
2,60	20,0	34,0	20,0	0,80	25,0	7,60	25,0	44,0	25,0	1,67	15,0
2,80	23,0	35,0	23,0	0,13	172,0	7,80	29,0	54,0	29,0	1,27	23,0
3,00	25,0	27,0	25,0	0,13	187,0	8,00	29,0	48,0	29,0	1,00	29,0
3,20	24,0	26,0	24,0	0,60	40,0	8,20	25,0	40,0	25,0	1,13	22,0
3,40	26,0	35,0	26,0	0,87	30,0	8,40	21,0	38,0	21,0	1,20	17,0
3,60	25,0	38,0	25,0	0,80	31,0	8,60	21,0	39,0	21,0	1,20	17,0
3,80	29,0	41,0	29,0	0,87	33,0	8,80	20,0	38,0	20,0	1,27	16,0
4,00	28,0	41,0	28,0	0,87	32,0	9,00	25,0	44,0	25,0	1,27	20,0
4,20	28,0	41,0	28,0	0,87	32,0	9,20	25,0	45,0	26,0	1,40	19,0
4,40	22,0	35,0	22,0	0,60	37,0	9,40	30,0	51,0	30,0	1,53	20,0
4,60	26,0	35,0	26,0	1,00	26,0	9,60	33,0	56,0	33,0	1,73	19,0
4,80	33,0	48,0	33,0	1,07	31,0	9,80	35,0	61,0	35,0	---	---
5,00	35,0	51,0	35,0	1,67	21,0						

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 2

2.010496-05

- committente : Preg.mo Sig. BATTECCA BRUNO
 - lavoro : Nuovo Fabbricato Residenziale
 - località : Via Emilia Parmense - Roveleto di Cadeo (PC)
 - note :
 - data : 30/12/1899
 - quota inizio : -0.30 m. da Piano Stradale
 - prof. falda : -3,80 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



ID: AMB 1

LOCALITA': C.na Campagna vecchia

FONTE: Ambiter S.r.l.

Committente : Comune di Cadeo (PC)
 Localita' :
 Impresa esecutrice : Geosystem s.a.s.
 Data : 15-5-2014

progr.: CPT-4.0/S

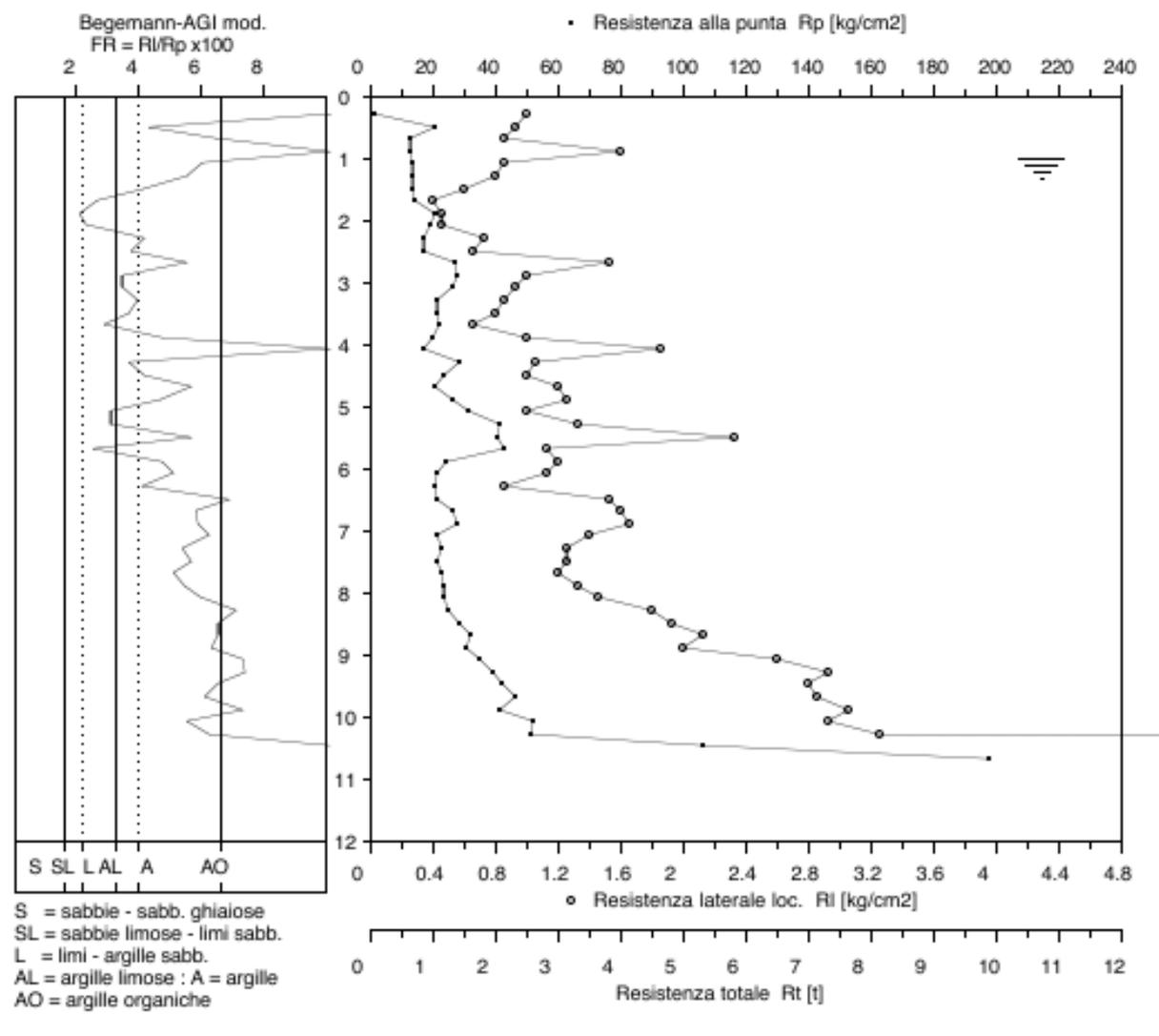
PROVA CPT n. : 1

<p>Parametri penetrometrici</p> <p>Rp = resistenza alla punta [kg/cm²] Rl = resistenza lat. locale [kg/cm²] FR = Rl/Rp x 100 [-] Rt = resistenza totale [kgf]</p> <p>Quota p.c.: m Falda a m -1 dal p.c. z = prof. max. tratto esplorato dalla base penetr.</p>	<p>Parametri geotecnici stimati</p> <p>g = Peso di volume [t/m³] P'v = Press. vert. efficace[kg/cm²] u = Press. neutra [kg/cm²] E = Modulo di deform.[kg/cm²] OCR = Grado di sovracons.[-] Cu = Coesione non drenata[kg/cm²] Fi = Angolo di attrito[gradi] Gmax = Modulo di taglio din.[kg/cm²]</p>
---	---

z[m]	Rp	Rl	FR	Rt	g	P'v	u	E	OCR	Cu	Fi	Gmax	TERRENO (AGI)
0.2	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.4	2.1	1.0	46.9	-	1.75	0.07	0.00	6	4.9	0.08	0.0	-	ARG. ORG.
0.6	21.1	0.9	4.4	-	1.82	0.11	0.00	53	> 50	0.84	0.0	-	ARGILLA
0.8	13.3	0.9	6.5	-	1.79	0.14	0.00	49	33.3	0.52	0.0	-	ARGILLA
1.0	13.3	1.6	12.1	-	1.79	0.18	0.00	36	22.3	0.52	0.0	-	ARG. ORG.
1.2	14.3	0.9	6.1	-	1.79	0.19	0.02	50	21.7	0.56	0.0	-	ARGILLA
1.4	14.3	0.8	5.6	-	1.79	0.21	0.04	50	18.9	0.56	0.0	-	ARGILLA
1.6	14.3	0.6	4.2	-	1.79	0.23	0.06	50	16.6	0.56	0.0	-	ARGILLA
1.8	14.4	0.4	2.8	-	1.79	0.24	0.08	43	-	0.00	27.6	-	LIMO-ARG.S
2.0	21.4	0.5	2.2	-	1.82	0.26	0.10	64	-	0.00	28.9	-	LIMO SABB.
2.2	19.4	0.5	2.4	-	1.81	0.27	0.12	58	-	0.00	28.5	-	LIMO-ARG.S
2.4	17.4	0.7	4.2	-	1.80	0.29	0.14	51	15.0	0.68	0.0	-	ARGILLA
2.6	17.4	0.7	3.8	-	1.80	0.31	0.16	51	13.7	0.68	0.0	-	ARG. LIM.
2.8	27.5	1.5	5.6	-	1.84	0.32	0.18	67	28.1	1.08	0.0	-	ARGILLA
3.0	28.5	1.0	3.5	-	1.84	0.34	0.20	70	27.3	1.12	0.0	-	ARG. LIM.
3.2	26.5	0.9	3.5	-	1.84	0.36	0.22	65	22.0	1.04	0.0	-	ARG. LIM.
3.4	21.5	0.9	4.0	-	1.82	0.37	0.24	54	14.0	0.84	0.0	-	ARGILLA
3.6	21.5	0.8	3.7	-	1.82	0.39	0.26	54	13.0	0.83	0.0	-	ARG. LIM.
3.8	22.6	0.7	2.9	-	1.82	0.41	0.28	68	-	0.00	28.3	-	LIMO-ARG.S
4.0	20.6	1.0	4.8	-	1.81	0.42	0.30	52	10.5	0.80	0.0	-	ARGILLA
4.2	17.6	1.9	10.6	-	1.80	0.44	0.32	49	7.6	0.68	0.0	-	ARG. ORG.
4.4	28.6	1.1	3.7	-	1.84	0.46	0.34	70	16.3	1.11	0.0	-	ARG. LIM.
4.6	23.6	1.0	4.2	-	1.83	0.47	0.36	59	11.0	0.91	0.0	-	ARGILLA
4.8	20.8	1.2	5.8	-	1.81	0.49	0.38	52	8.3	0.80	0.0	-	ARGILLA
5.0	26.8	1.3	4.7	-	1.84	0.50	0.40	66	12.1	1.04	0.0	-	ARGILLA
5.2	31.8	1.0	3.1	-	1.85	0.52	0.42	95	-	0.00	29.0	-	LIMO-ARG.S
5.4	41.8	1.3	3.2	-	1.89	0.54	0.44	125	-	0.00	29.9	-	LIMO-ARG.S
5.6	40.8	2.3	5.7	-	1.89	0.56	0.46	95	21.3	1.59	0.0	-	ARGILLA
5.8	42.9	1.1	2.6	-	1.89	0.58	0.48	129	-	0.00	30.6	-	LIMO-ARG.S
6.0	24.9	1.2	4.8	-	1.83	0.59	0.50	61	8.1	0.95	0.0	-	ARGILLA
6.2	21.9	1.1	5.2	-	1.82	0.61	0.52	55	6.3	0.83	0.0	-	ARGILLA
6.4	20.9	0.9	4.1	-	1.82	0.62	0.54	52	5.6	0.79	0.0	-	ARGILLA
6.6	21.9	1.5	7.0	-	1.82	0.64	0.56	55	5.8	0.83	0.0	-	ARG. ORG.
6.8	27.0	1.6	5.9	-	1.84	0.66	0.58	66	7.8	1.03	0.0	-	ARGILLA
7.0	28.0	1.7	5.9	-	1.84	0.67	0.60	68	8.0	1.07	0.0	-	ARGILLA
7.2	22.0	1.4	6.4	-	1.82	0.69	0.62	55	5.2	0.83	0.0	-	ARGILLA
7.4	23.0	1.3	5.5	-	1.82	0.71	0.64	57	5.3	0.87	0.0	-	ARGILLA
7.6	22.0	1.3	5.7	-	1.82	0.72	0.66	55	4.8	0.83	0.0	-	ARGILLA
7.8	23.2	1.2	5.2	-	1.82	0.74	0.68	57	5.0	0.87	0.0	-	ARGILLA
8.0	24.2	1.3	5.5	-	1.83	0.76	0.70	60	5.2	0.91	0.0	-	ARGILLA
8.2	24.2	1.5	6.1	-	1.83	0.77	0.72	60	5.0	0.91	0.0	-	ARGILLA
8.4	25.2	1.8	7.2	-	1.83	0.79	0.74	62	5.1	0.95	0.0	-	ARG. ORG.
8.6	29.2	1.9	6.6	-	1.85	0.81	0.76	71	6.3	1.10	0.0	-	ARGILLA
8.8	32.3	2.1	6.6	-	1.86	0.82	0.78	78	7.2	1.23	0.0	-	ARGILLA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – ALLEGATO 1

z[m]	Rp	RI	FR	Rt	g	P'v	u	E	OCR	Cu	Fi	Gmax	TERRENO (AGI)
9.0	31.3	2.0	6.4	-	1.85	0.84	0.80	76	6.6	1.19	0.0	-	ARGILLA
9.2	35.3	2.6	7.4	-	1.87	0.86	0.82	84	7.8	1.34	0.0	-	ARG. ORG.
9.4	39.3	2.9	7.5	-	1.88	0.88	0.84	92	9.0	1.50	0.0	-	ARG. ORG.
9.6	42.3	2.8	6.6	-	1.89	0.89	0.86	98	9.9	1.62	0.0	-	ARGILLA
9.8	46.4	2.9	6.2	-	1.91	0.91	0.88	107	11.2	1.79	0.0	-	ARGILLA
10.0	41.4	3.1	7.4	-	1.89	0.93	0.90	97	8.9	1.58	0.0	-	ARG. ORG.
10.2	52.4	2.9	5.6	-	1.93	0.95	0.92	118	12.9	2.02	0.0	-	ARGILLA
10.4	51.4	3.3	6.4	-	1.93	0.97	0.94	116	12.1	1.98	0.0	-	ARGILLA
10.6	106.4	20.3	19.0	-	2.12	0.99	0.96	193	43.0	4.18	0.0	-	ARG. ORG.
10.8	198.6	-	-	-	2.30	1.02	0.98	596	-	-	-	-	-



ID: AMB 2

LOCALITA': loc. Contradone di Sotto

FONTE: Ambiter S.r.l.

Committente : Comune di Cadeo (PC)
 Localita' :
 Impresa esecutrice : Geosystem s.a.s.
 Data : 15-5-2014

progr.: CPT-4.0/5

PROVA CPT n. : 2

Parametri penetrometrici

Parametri geotecnici stimati

Rp = resistenza alla punta [kg/cm²]
 Rl = resistenza lat. locale [kg/cm²]
 FR = Rl/Rp x 100 [-]
 Rt = resistenza totale [kgf]

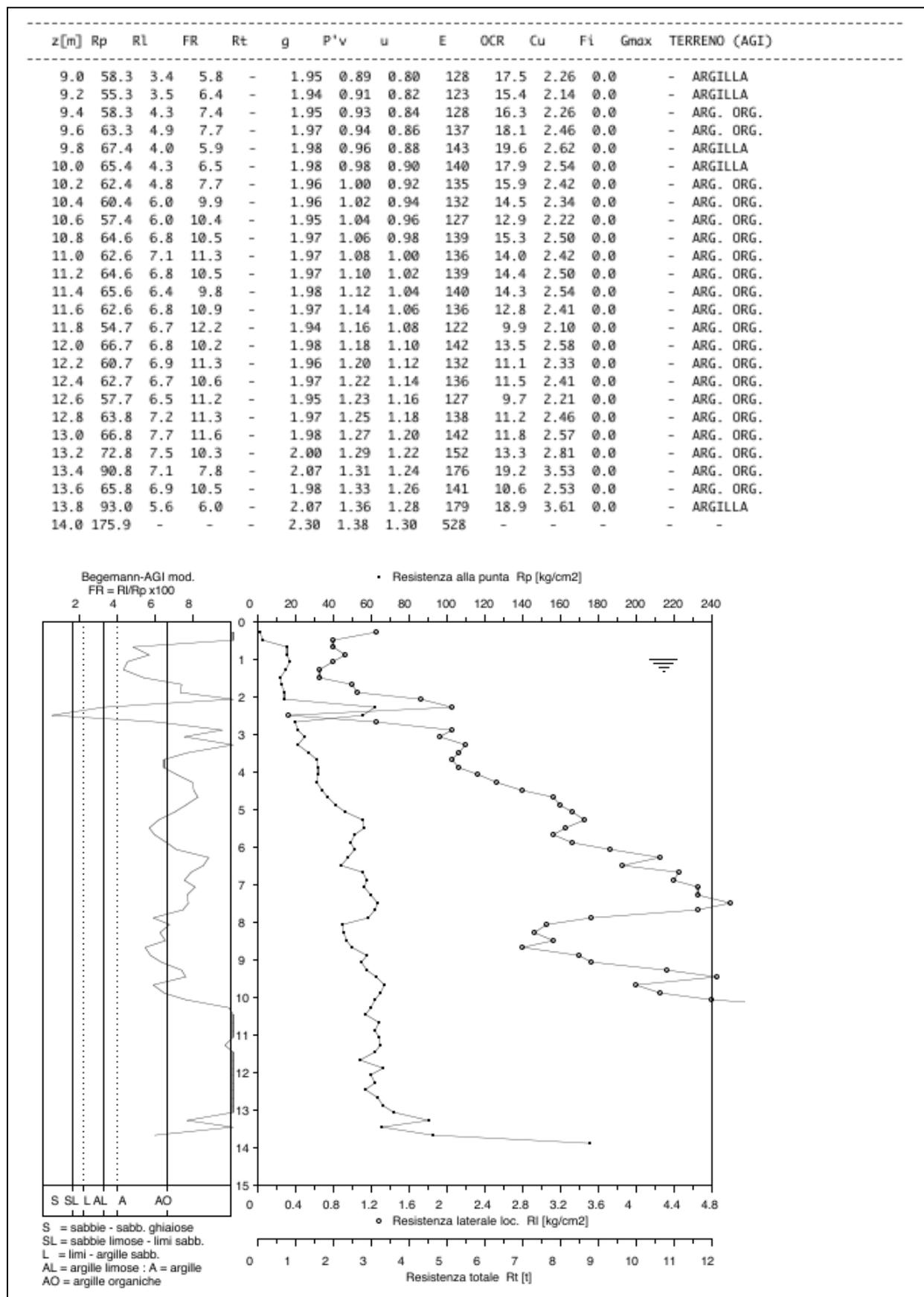
g = Peso di volume [t/m³]
 P'v = Press. vert. efficace[kg/cm²]
 u = Press. neutra [kg/cm²]
 E = Modulo di deform.[kg/cm²]
 OCR = Grado di sovracons.[-]
 Cu = Coesione non drenata[kg/cm²]
 Fi = Angolo di attrito[gradi]
 Gmax = Modulo di taglio din.[kg/cm²]

Quota p.c.: m

Falda a m -1 dal p.c.

z = prof. max. tratto esplorato dalla base penetr.

z[m]	Rp	Rl	FR	Rt	g	P'v	u	E	OCR	Cu	Fi	Gmax	TERRENO (AGI)
0.2	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.4	2.1	1.3	59.5	-	1.75	0.07	0.00	6	4.9	0.08	0.0	-	ARG. ORG.
0.6	3.1	0.8	25.6	-	1.75	0.11	0.00	9	4.8	0.12	0.0	-	ARG. ORG.
0.8	16.3	0.8	4.9	-	1.80	0.14	0.00	51	49.1	0.64	0.0	-	ARGILLA
1.0	16.3	0.9	5.7	-	1.80	0.18	0.00	51	32.4	0.64	0.0	-	ARGILLA
1.2	17.3	0.8	4.6	-	1.80	0.19	0.02	51	30.8	0.68	0.0	-	ARGILLA
1.4	15.3	0.7	4.4	-	1.79	0.21	0.04	51	21.4	0.60	0.0	-	ARGILLA
1.6	12.3	0.7	5.4	-	1.78	0.23	0.06	47	12.8	0.48	0.0	-	ARGILLA
1.8	13.4	1.0	7.5	-	1.79	0.24	0.08	37	13.3	0.52	0.0	-	ARG. ORG.
2.0	14.4	1.1	7.4	-	1.79	0.26	0.10	40	13.4	0.56	0.0	-	ARG. ORG.
2.2	14.4	1.7	12.0	-	1.79	0.27	0.12	40	12.1	0.56	0.0	-	ARG. ORG.
2.4	62.4	2.1	3.3	-	1.96	0.29	0.14	135	> 50	2.48	0.0	-	ARG. LIM.
2.6	56.4	0.3	0.6	-	1.94	0.31	0.16	169	-	0.00	39.6	586	SABBIA
2.8	20.5	1.3	6.2	-	1.81	0.33	0.18	51	16.3	0.80	0.0	-	ARGILLA
3.0	21.5	2.1	9.6	-	1.82	0.34	0.20	54	16.2	0.84	0.0	-	ARG. ORG.
3.2	25.5	1.9	7.6	-	1.83	0.36	0.22	63	20.2	1.00	0.0	-	ARG. ORG.
3.4	21.5	2.2	10.2	-	1.82	0.38	0.24	54	13.8	0.84	0.0	-	ARG. ORG.
3.6	27.5	2.1	7.8	-	1.84	0.39	0.26	67	19.7	1.07	0.0	-	ARG. ORG.
3.8	31.6	2.1	6.5	-	1.85	0.41	0.28	76	23.5	1.24	0.0	-	ARGILLA
4.0	32.6	2.1	6.5	-	1.86	0.43	0.30	79	23.0	1.28	0.0	-	ARGILLA
4.2	32.6	2.3	7.1	-	1.86	0.44	0.32	79	21.5	1.28	0.0	-	ARG. ORG.
4.4	31.6	2.5	8.0	-	1.85	0.46	0.34	76	19.0	1.23	0.0	-	ARG. ORG.
4.6	34.6	2.8	8.1	-	1.86	0.48	0.36	83	20.9	1.35	0.0	-	ARG. ORG.
4.8	37.8	3.1	8.3	-	1.88	0.50	0.38	89	22.9	1.48	0.0	-	ARG. ORG.
5.0	41.8	3.2	7.7	-	1.89	0.51	0.40	97	25.7	1.63	0.0	-	ARG. ORG.
5.2	46.8	3.3	7.1	-	1.91	0.53	0.42	107	29.6	1.83	0.0	-	ARG. ORG.
5.4	55.8	3.5	6.2	-	1.94	0.55	0.44	124	38.4	2.19	0.0	-	ARGILLA
5.6	56.8	3.3	5.8	-	1.94	0.57	0.46	126	37.3	2.23	0.0	-	ARGILLA
5.8	51.9	3.1	6.0	-	1.93	0.59	0.48	117	29.8	2.03	0.0	-	ARGILLA
6.0	49.9	3.3	6.7	-	1.92	0.61	0.50	113	26.3	1.95	0.0	-	ARG. ORG.
6.2	51.9	3.7	7.2	-	1.93	0.63	0.52	117	26.7	2.03	0.0	-	ARG. ORG.
6.4	47.9	4.3	8.9	-	1.91	0.64	0.54	109	21.9	1.87	0.0	-	ARG. ORG.
6.6	44.9	3.9	8.6	-	1.90	0.66	0.56	104	18.6	1.75	0.0	-	ARG. ORG.
6.8	56.0	4.5	8.0	-	1.94	0.68	0.58	124	26.3	2.19	0.0	-	ARG. ORG.
7.0	58.0	4.4	7.6	-	1.95	0.70	0.60	128	26.7	2.27	0.0	-	ARG. ORG.
7.2	57.0	4.7	8.2	-	1.95	0.72	0.62	126	24.6	2.23	0.0	-	ARG. ORG.
7.4	60.0	4.7	7.8	-	1.96	0.74	0.64	131	25.8	2.35	0.0	-	ARG. ORG.
7.6	64.0	5.0	7.8	-	1.97	0.76	0.66	138	27.6	2.50	0.0	-	ARG. ORG.
7.8	62.2	4.7	7.5	-	1.96	0.78	0.68	135	25.0	2.43	0.0	-	ARG. ORG.
8.0	59.2	3.5	6.0	-	1.95	0.80	0.70	130	21.9	2.31	0.0	-	ARGILLA
8.2	45.2	3.1	6.8	-	1.90	0.81	0.72	104	13.0	1.75	0.0	-	ARG. ORG.
8.4	46.2	2.9	6.4	-	1.91	0.83	0.74	106	13.0	1.78	0.0	-	ARGILLA
8.6	47.2	3.1	6.6	-	1.91	0.85	0.76	108	13.0	1.82	0.0	-	ARGILLA
8.8	50.3	2.8	5.6	-	1.92	0.87	0.78	114	14.0	1.95	0.0	-	ARGILLA



ID: AMB 3

LOCALITA': loc. Contradone di Sotto

FONTE: Ambiter S.r.l.

Committente : Comune di Cadeo (PC)
 Localita' :
 Impresa esecutrice : Geosystem s.a.s.
 Data : 15-5-2014

progr.: CPT-4.0/S

PROVA CPT n. : 3

Parametri penetrometrici

Parametri geotecnici stimati

Rp = resistenza alla punta [kg/cm2]
 Rl = resistenza lat. locale [kg/cm2]
 FR = Rl/Rp x 100 [-]
 Rt = resistenza totale [kgf]

g = Peso di volume [t/m3]
 P'v = Press. vert. efficace[kg/cm2]
 u = Press. neutra [kg/cm2]
 E = Modulo di deform.[kg/cm2]
 OCR = Grado di sovracons.[-]
 Cu = Coesione non drenata[kg/cm2]
 Fi = Angolo di attrito[gradi]
 Gmax = Modulo di taglio din.[kg/cm2]

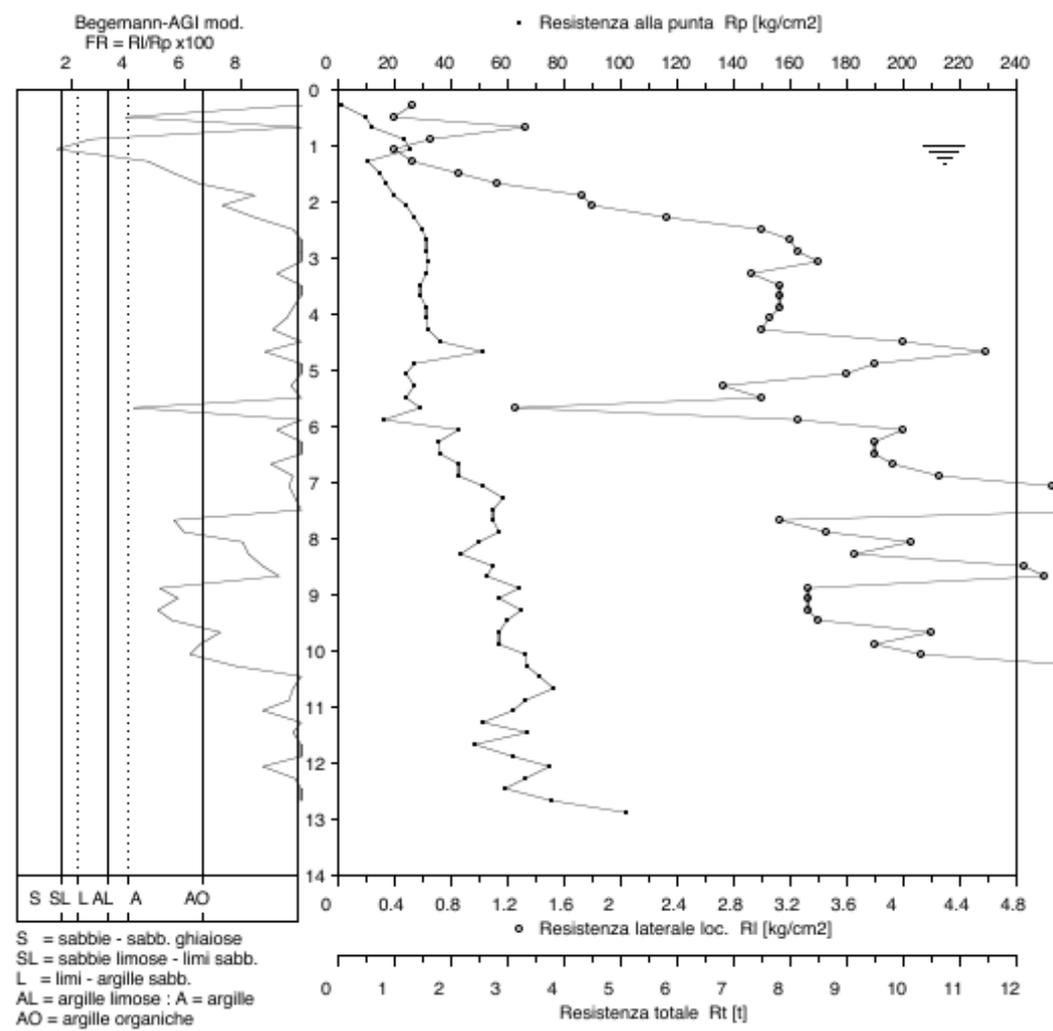
Quota p.c.: m

Falda a m -1 dal p.c.

z = prof. max. tratto esplorato dalla base penetr.

z[m]	Rp	Rl	FR	Rt	g	P'v	u	E	OCR	Cu	Fi	Gmax	TERRENO (AGI)
0.2	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.4	2.1	0.5	25.0	-	1.75	0.07	0.00	6	4.9	0.08	0.0	-	ARG. ORG.
0.6	10.1	0.4	3.9	-	1.78	0.11	0.00	43	34.9	0.40	0.0	-	ARG. LIM.
0.8	12.3	1.3	10.9	-	1.78	0.14	0.00	34	29.2	0.48	0.0	-	ARG. ORG.
1.0	24.3	0.7	2.7	-	1.83	0.18	0.00	73	-	0.00	28.7	-	LIMO-ARG.S
1.2	26.3	0.4	1.5	-	1.83	0.20	0.02	79	-	0.00	38.2	367	SABBIA
1.4	11.3	0.5	4.7	-	1.78	0.21	0.04	45	12.4	0.44	0.0	-	ARGILLA
1.6	15.3	0.9	5.7	-	1.79	0.23	0.06	51	18.6	0.60	0.0	-	ARGILLA
1.8	17.4	1.1	6.5	-	1.80	0.24	0.08	51	20.7	0.68	0.0	-	ARGILLA
2.0	20.4	1.7	8.5	-	1.81	0.26	0.10	51	24.5	0.80	0.0	-	ARG. ORG.
2.2	24.4	1.8	7.4	-	1.83	0.28	0.12	60	30.3	0.96	0.0	-	ARG. ORG.
2.4	27.4	2.3	8.5	-	1.84	0.29	0.14	67	33.5	1.08	0.0	-	ARG. ORG.
2.6	30.4	3.0	9.9	-	1.85	0.31	0.16	74	36.6	1.20	0.0	-	ARG. ORG.
2.8	31.5	3.2	10.2	-	1.85	0.33	0.18	76	35.4	1.24	0.0	-	ARG. ORG.
3.0	31.5	3.3	10.4	-	1.85	0.34	0.20	76	32.2	1.24	0.0	-	ARG. ORG.
3.2	32.5	3.4	10.5	-	1.86	0.36	0.22	78	31.2	1.28	0.0	-	ARG. ORG.
3.4	31.5	2.9	9.3	-	1.85	0.38	0.24	76	27.1	1.24	0.0	-	ARG. ORG.
3.6	29.5	3.1	10.6	-	1.85	0.39	0.26	72	22.2	1.15	0.0	-	ARG. ORG.
3.8	29.6	3.1	10.6	-	1.85	0.41	0.28	72	20.8	1.16	0.0	-	ARG. ORG.
4.0	31.6	3.1	9.9	-	1.85	0.43	0.30	76	21.7	1.24	0.0	-	ARG. ORG.
4.2	31.6	3.1	9.7	-	1.85	0.45	0.32	76	20.2	1.24	0.0	-	ARG. ORG.
4.4	32.6	3.0	9.2	-	1.86	0.46	0.34	79	20.0	1.27	0.0	-	ARG. ORG.
4.6	36.6	4.0	10.9	-	1.87	0.48	0.36	87	23.0	1.43	0.0	-	ARG. ORG.
4.8	51.8	4.6	8.9	-	1.93	0.50	0.38	117	40.3	2.04	0.0	-	ARG. ORG.
5.0	27.8	3.8	13.7	-	1.84	0.52	0.40	68	12.4	1.07	0.0	-	ARG. ORG.
5.2	24.8	3.6	14.5	-	1.83	0.53	0.42	61	9.7	0.95	0.0	-	ARG. ORG.
5.4	27.8	2.7	9.8	-	1.84	0.55	0.44	68	11.1	1.07	0.0	-	ARG. ORG.
5.6	24.8	3.0	12.1	-	1.83	0.57	0.46	61	8.7	0.95	0.0	-	ARG. ORG.
5.8	29.9	1.3	4.2	-	1.85	0.58	0.48	73	11.4	1.15	0.0	-	ARGILLA
6.0	16.9	3.3	19.3	-	1.80	0.60	0.50	47	4.3	0.63	0.0	-	ARG. ORG.
6.2	42.9	4.0	9.3	-	1.89	0.62	0.52	100	19.4	1.67	0.0	-	ARG. ORG.
6.4	35.9	3.8	10.6	-	1.87	0.63	0.54	85	13.5	1.39	0.0	-	ARG. ORG.
6.6	36.9	3.8	10.3	-	1.87	0.65	0.56	88	13.5	1.43	0.0	-	ARG. ORG.
6.8	43.0	3.9	9.1	-	1.89	0.67	0.58	100	16.9	1.67	0.0	-	ARG. ORG.
7.0	43.0	4.3	9.9	-	1.89	0.69	0.60	100	16.1	1.67	0.0	-	ARG. ORG.
7.2	52.0	5.1	9.7	-	1.93	0.71	0.62	117	21.6	2.03	0.0	-	ARG. ORG.
7.4	59.0	5.9	9.9	-	1.95	0.72	0.64	130	25.8	2.31	0.0	-	ARG. ORG.
7.6	55.0	5.6	10.2	-	1.94	0.74	0.66	123	21.7	2.15	0.0	-	ARG. ORG.
7.8	55.2	3.1	5.7	-	1.94	0.76	0.68	123	20.8	2.15	0.0	-	ARGILLA
8.0	57.2	3.5	6.1	-	1.95	0.78	0.70	126	21.2	2.23	0.0	-	ARGILLA
8.2	50.2	4.1	8.1	-	1.92	0.80	0.72	114	16.1	1.95	0.0	-	ARG. ORG.
8.4	44.2	3.7	8.3	-	1.90	0.82	0.74	102	12.4	1.70	0.0	-	ARG. ORG.
8.6	55.2	4.9	8.8	-	1.94	0.84	0.76	123	17.6	2.14	0.0	-	ARG. ORG.
8.8	53.3	5.0	9.4	-	1.93	0.86	0.78	119	16.0	2.07	0.0	-	ARG. ORG.

z[m]	Rp	Rl	FR	Rt	g	P'v	u	E	OCR	Cu	Fi	Gmax	TERRENO (AGI)
9.0	64.3	3.3	5.2	-	1.97	0.87	0.80	138	21.4	2.51	0.0	-	ARGILLA
9.2	57.3	3.3	5.8	-	1.95	0.89	0.82	127	16.8	2.22	0.0	-	ARGILLA
9.4	65.3	3.3	5.1	-	1.98	0.91	0.84	140	20.4	2.54	0.0	-	ARGILLA
9.6	60.3	3.4	5.6	-	1.96	0.93	0.86	132	17.0	2.34	0.0	-	ARGILLA
9.8	57.4	4.2	7.3	-	1.95	0.95	0.88	127	15.1	2.22	0.0	-	ARG. ORG.
10.0	57.4	3.8	6.6	-	1.95	0.97	0.90	127	14.6	2.22	0.0	-	ARGILLA
10.2	66.4	4.1	6.2	-	1.98	0.99	0.92	142	18.2	2.58	0.0	-	ARGILLA
10.4	67.4	5.3	7.9	-	1.98	1.01	0.94	143	18.0	2.62	0.0	-	ARG. ORG.
10.6	71.4	8.4	11.8	-	2.00	1.03	0.96	150	19.3	2.78	0.0	-	ARG. ORG.
10.8	76.6	7.6	9.9	-	2.02	1.05	0.98	157	21.1	2.98	0.0	-	ARG. ORG.
11.0	66.6	6.5	9.7	-	1.98	1.07	1.00	142	15.9	2.58	0.0	-	ARG. ORG.
11.2	62.6	5.5	8.8	-	1.97	1.09	1.02	136	13.8	2.42	0.0	-	ARG. ORG.
11.4	51.6	6.0	11.6	-	1.93	1.11	1.04	116	9.6	1.98	0.0	-	ARG. ORG.
11.6	67.6	6.7	9.9	-	1.98	1.13	1.06	144	14.9	2.61	0.0	-	ARG. ORG.
11.8	48.7	5.2	10.7	-	1.92	1.14	1.08	111	8.2	1.86	0.0	-	ARG. ORG.
12.0	62.7	6.9	11.1	-	1.97	1.16	1.10	136	12.3	2.42	0.0	-	ARG. ORG.
12.2	75.7	6.7	8.8	-	2.01	1.18	1.12	156	16.7	2.94	0.0	-	ARG. ORG.
12.4	66.7	6.7	10.0	-	1.98	1.20	1.14	142	13.0	2.57	0.0	-	ARG. ORG.
12.6	59.7	6.3	10.6	-	1.95	1.22	1.16	131	10.4	2.29	0.0	-	ARG. ORG.
12.8	75.8	13.3	17.6	-	2.01	1.24	1.18	156	15.3	2.94	0.0	-	ARG. ORG.
13.0	102.8	7.7	7.5	-	2.11	1.27	1.20	190	25.6	4.01	0.0	-	ARG. ORG.



ID: AMB 4

LOCALITA': loc. S. Rocco

FONTE: Ambiter S.r.l.

Committente : Comune di Cadeo (PC)
 Localita' :
 Impresa esecutrice : Geosystem s.a.s.
 Data : 15-5-2014

progr.: CPT-4.0/S

PROVA CPT n. : 4

Parametri penetrometrici

Parametri geotecnici stimati

Rp = resistenza alla punta [kg/cm²]
 Rl = resistenza lat. locale [kg/cm²]
 FR = Rl/Rp x 100 [-]
 Rt = resistenza totale [kgf]

g = Peso di volume [t/m³]
 P'v = Press. vert. efficace[kg/cm²]
 u = Press. neutra [kg/cm²]
 E = Modulo di deform.[kg/cm²]
 OCR = Grado di sovracons.[-]
 Cu = Coesione non drenata[kg/cm²]
 Fi = Angolo di attrito[gradi]
 Gmax = Modulo di taglio din.[kg/cm²]

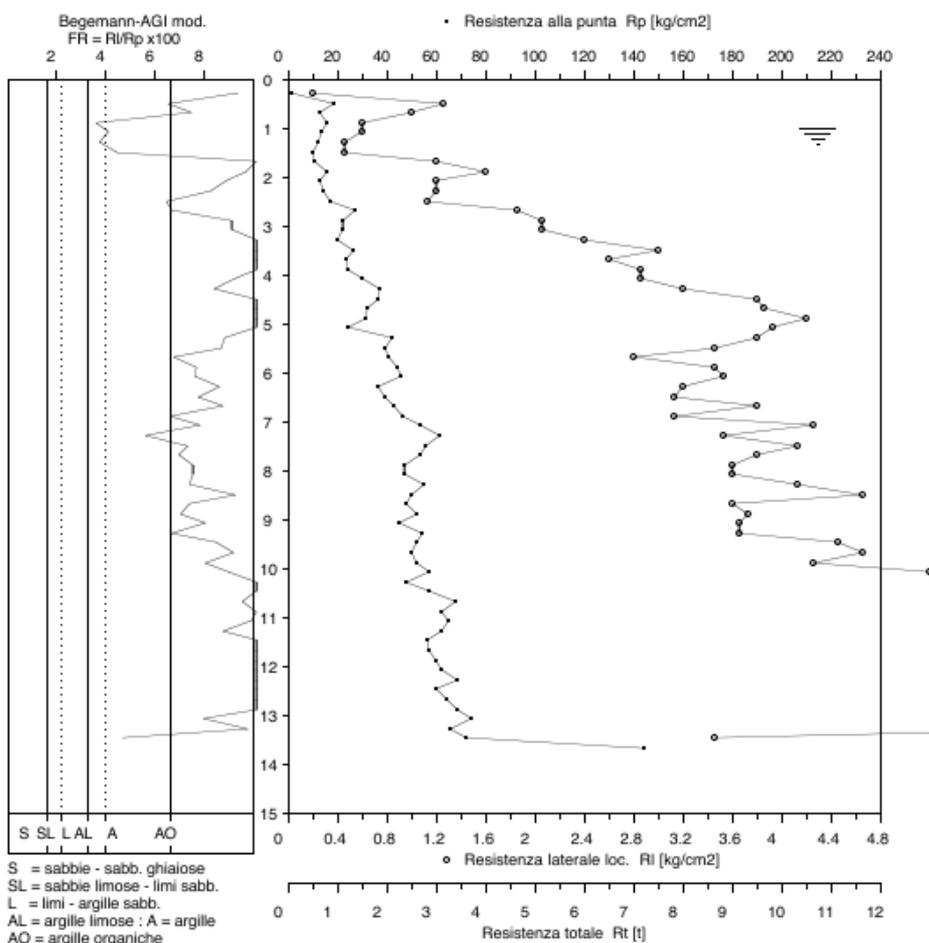
Quota p.c.: m

Falda a m -1 dal p.c.

z = prof. max. tratto esplorato dalla base penetr.

z[m]	Rp	Rl	FR	Rt	g	P'v	u	E	OCR	Cu	Fi	Gmax	TERRENO (AGI)
0.2	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.4	2.1	0.2	9.4	-	1.75	0.07	0.00	6	4.9	0.08	0.0	-	ARG. ORG.
0.6	19.1	1.3	6.6	-	1.81	0.11	0.00	53	> 50	0.76	0.0	-	ARGILLA
0.8	13.3	1.0	7.5	-	1.79	0.14	0.00	36	33.3	0.52	0.0	-	ARG. ORG.
1.0	16.3	0.6	3.7	-	1.80	0.18	0.00	51	32.1	0.64	0.0	-	ARG.LIM.
1.2	14.3	0.6	4.2	-	1.79	0.19	0.02	50	21.7	0.56	0.0	-	ARGILLA
1.4	12.3	0.5	3.8	-	1.78	0.21	0.04	47	14.5	0.48	0.0	-	ARG.LIM.
1.6	10.3	0.5	4.5	-	1.78	0.23	0.06	43	9.4	0.40	0.0	-	ARGILLA
1.8	11.4	1.2	10.5	-	1.78	0.24	0.08	31	10.0	0.44	0.0	-	ARG. ORG.
2.0	16.4	1.6	9.8	-	1.80	0.26	0.10	45	16.8	0.64	0.0	-	ARG. ORG.
2.2	13.4	1.2	9.0	-	1.79	0.27	0.12	37	10.7	0.52	0.0	-	ARG. ORG.
2.4	14.4	1.2	8.3	-	1.79	0.29	0.14	40	10.9	0.56	0.0	-	ARG. ORG.
2.6	17.4	1.1	6.5	-	1.80	0.31	0.16	51	13.8	0.68	0.0	-	ARGILLA
2.8	27.5	1.9	6.8	-	1.84	0.32	0.18	67	28.4	1.08	0.0	-	ARG. ORG.
3.0	22.5	2.1	9.2	-	1.82	0.34	0.20	56	18.1	0.88	0.0	-	ARG. ORG.
3.2	22.5	2.1	9.2	-	1.82	0.35	0.22	56	16.6	0.88	0.0	-	ARG. ORG.
3.4	20.5	2.4	11.7	-	1.81	0.37	0.24	51	13.0	0.80	0.0	-	ARG. ORG.
3.6	26.5	3.0	11.3	-	1.84	0.39	0.26	65	18.9	1.03	0.0	-	ARG. ORG.
3.8	23.6	2.6	11.0	-	1.83	0.40	0.28	59	14.4	0.92	0.0	-	ARG. ORG.
4.0	24.6	2.9	11.6	-	1.83	0.42	0.30	61	14.4	0.96	0.0	-	ARG. ORG.
4.2	30.6	2.9	9.4	-	1.85	0.44	0.32	74	19.7	1.20	0.0	-	ARG. ORG.
4.4	37.6	3.2	8.5	-	1.88	0.46	0.34	89	26.6	1.47	0.0	-	ARG. ORG.
4.6	36.6	3.8	10.4	-	1.87	0.47	0.36	87	23.7	1.43	0.0	-	ARG. ORG.
4.8	32.8	3.9	11.8	-	1.86	0.49	0.38	79	18.2	1.28	0.0	-	ARG. ORG.
5.0	31.8	4.2	13.2	-	1.85	0.51	0.40	77	16.2	1.23	0.0	-	ARG. ORG.
5.2	24.8	3.9	15.9	-	1.83	0.52	0.42	61	9.9	0.95	0.0	-	ARG. ORG.
5.4	42.8	3.8	8.9	-	1.89	0.54	0.44	99	24.5	1.67	0.0	-	ARG. ORG.
5.6	39.8	3.5	8.7	-	1.88	0.56	0.46	93	20.2	1.55	0.0	-	ARG. ORG.
5.8	40.9	2.8	6.8	-	1.89	0.58	0.48	96	20.1	1.59	0.0	-	ARG. ORG.
6.0	44.9	3.5	7.7	-	1.90	0.59	0.50	104	22.5	1.75	0.0	-	ARG. ORG.
6.2	45.9	3.5	7.7	-	1.91	0.61	0.52	106	22.2	1.79	0.0	-	ARG. ORG.
6.4	36.9	3.2	8.7	-	1.87	0.63	0.54	88	14.3	1.43	0.0	-	ARG. ORG.
6.6	39.9	3.1	7.9	-	1.88	0.65	0.56	94	15.6	1.55	0.0	-	ARG. ORG.
6.8	43.0	3.8	8.8	-	1.89	0.67	0.58	100	17.0	1.67	0.0	-	ARG. ORG.
7.0	47.0	3.1	6.7	-	1.91	0.68	0.60	108	19.0	1.83	0.0	-	ARGILLA
7.2	54.0	4.3	7.9	-	1.93	0.70	0.62	121	23.2	2.11	0.0	-	ARG. ORG.
7.4	62.0	3.5	5.7	-	1.96	0.72	0.64	135	28.4	2.43	0.0	-	ARGILLA
7.6	56.0	4.1	7.4	-	1.94	0.74	0.66	124	22.6	2.19	0.0	-	ARG. ORG.
7.8	54.2	3.8	7.0	-	1.94	0.76	0.68	121	20.3	2.11	0.0	-	ARG. ORG.
8.0	47.2	3.6	7.6	-	1.91	0.78	0.70	108	15.2	1.83	0.0	-	ARG. ORG.
8.2	47.2	3.6	7.6	-	1.91	0.80	0.72	108	14.6	1.83	0.0	-	ARG. ORG.
8.4	55.2	4.1	7.5	-	1.94	0.81	0.74	123	18.5	2.14	0.0	-	ARG. ORG.
8.6	50.2	4.7	9.3	-	1.92	0.83	0.76	114	15.0	1.94	0.0	-	ARG. ORG.
8.8	48.3	3.6	7.5	-	1.91	0.85	0.78	110	13.5	1.87	0.0	-	ARG. ORG.

z[m]	Rp	Rl	FR	Rt	g	P'v	u	E	OCR	Cu	Fi	Gmax	TERRENO (AGI)
9.0	52.3	3.7	7.1	-	1.93	0.87	0.80	118	15.0	2.03	0.0	-	ARG. ORG.
9.2	45.3	3.7	8.1	-	1.90	0.89	0.82	104	11.2	1.74	0.0	-	ARG. ORG.
9.4	54.3	3.7	6.8	-	1.94	0.91	0.84	121	14.9	2.10	0.0	-	ARG. ORG.
9.6	52.3	4.5	8.5	-	1.93	0.93	0.86	118	13.4	2.02	0.0	-	ARG. ORG.
9.8	50.4	4.7	9.3	-	1.92	0.94	0.88	114	12.2	1.94	0.0	-	ARG. ORG.
10.0	52.4	4.3	8.1	-	1.93	0.96	0.90	118	12.6	2.02	0.0	-	ARG. ORG.
10.2	57.4	5.2	9.1	-	1.95	0.98	0.92	127	14.3	2.22	0.0	-	ARG. ORG.
10.4	48.4	6.2	12.8	-	1.91	1.00	0.94	110	10.3	1.86	0.0	-	ARG. ORG.
10.6	57.4	6.5	11.4	-	1.95	1.02	0.96	127	13.4	2.22	0.0	-	ARG. ORG.
10.8	68.6	6.6	9.6	-	1.99	1.04	0.98	145	17.7	2.66	0.0	-	ARG. ORG.
11.0	62.6	6.9	11.1	-	1.97	1.06	1.00	136	14.5	2.42	0.0	-	ARG. ORG.
11.2	65.6	6.5	10.0	-	1.98	1.08	1.02	140	15.3	2.54	0.0	-	ARG. ORG.
11.4	62.6	5.5	8.8	-	1.97	1.10	1.04	136	13.6	2.42	0.0	-	ARG. ORG.
11.6	56.6	5.9	10.4	-	1.94	1.12	1.06	125	11.1	2.18	0.0	-	ARG. ORG.
11.8	57.7	6.3	10.9	-	1.95	1.13	1.08	127	11.2	2.22	0.0	-	ARG. ORG.
12.0	60.7	6.3	10.3	-	1.96	1.15	1.10	132	11.8	2.34	0.0	-	ARG. ORG.
12.2	62.7	7.5	11.9	-	1.97	1.17	1.12	136	12.2	2.42	0.0	-	ARG. ORG.
12.4	68.7	7.1	10.4	-	1.99	1.19	1.14	145	13.9	2.65	0.0	-	ARG. ORG.
12.6	60.7	6.5	10.7	-	1.96	1.21	1.16	132	10.9	2.33	0.0	-	ARG. ORG.
12.8	64.8	6.7	10.3	-	1.97	1.23	1.18	139	11.9	2.50	0.0	-	ARG. ORG.
13.0	68.8	8.2	11.9	-	1.99	1.25	1.20	146	12.8	2.65	0.0	-	ARG. ORG.
13.2	74.8	6.0	8.0	-	2.01	1.27	1.22	155	14.4	2.89	0.0	-	ARG. ORG.
13.4	65.8	6.5	9.8	-	1.98	1.29	1.24	141	11.2	2.53	0.0	-	ARG. ORG.
13.6	72.8	3.5	4.8	-	2.00	1.31	1.26	152	13.0	2.81	0.0	-	ARGILLA
13.8	144.9	5.6	3.9	-	2.26	1.34	1.28	218	43.7	5.69	0.0	-	ARG. LIM.



ID: AMB 5

LOCALITA': Fontana Fredda

FONTE: Ambiter S.r.l.

Committente : Comune di Cadeo (PC)
 Localita' :
 Impresa esecutrice : Geosystem s.a.s.
 Data : 15-5-2014

progr.: CPT-4.0/S

PROVA CPT n. : 5

Parametri penetrometrici

Rp = resistenza alla punta [kg/cm²]
 Rl = resistenza lat. locale [kg/cm²]
 FR = Rl/Rp x 100 [-]
 Rt = resistenza totale [kgf]

Parametri geotecnici stimati

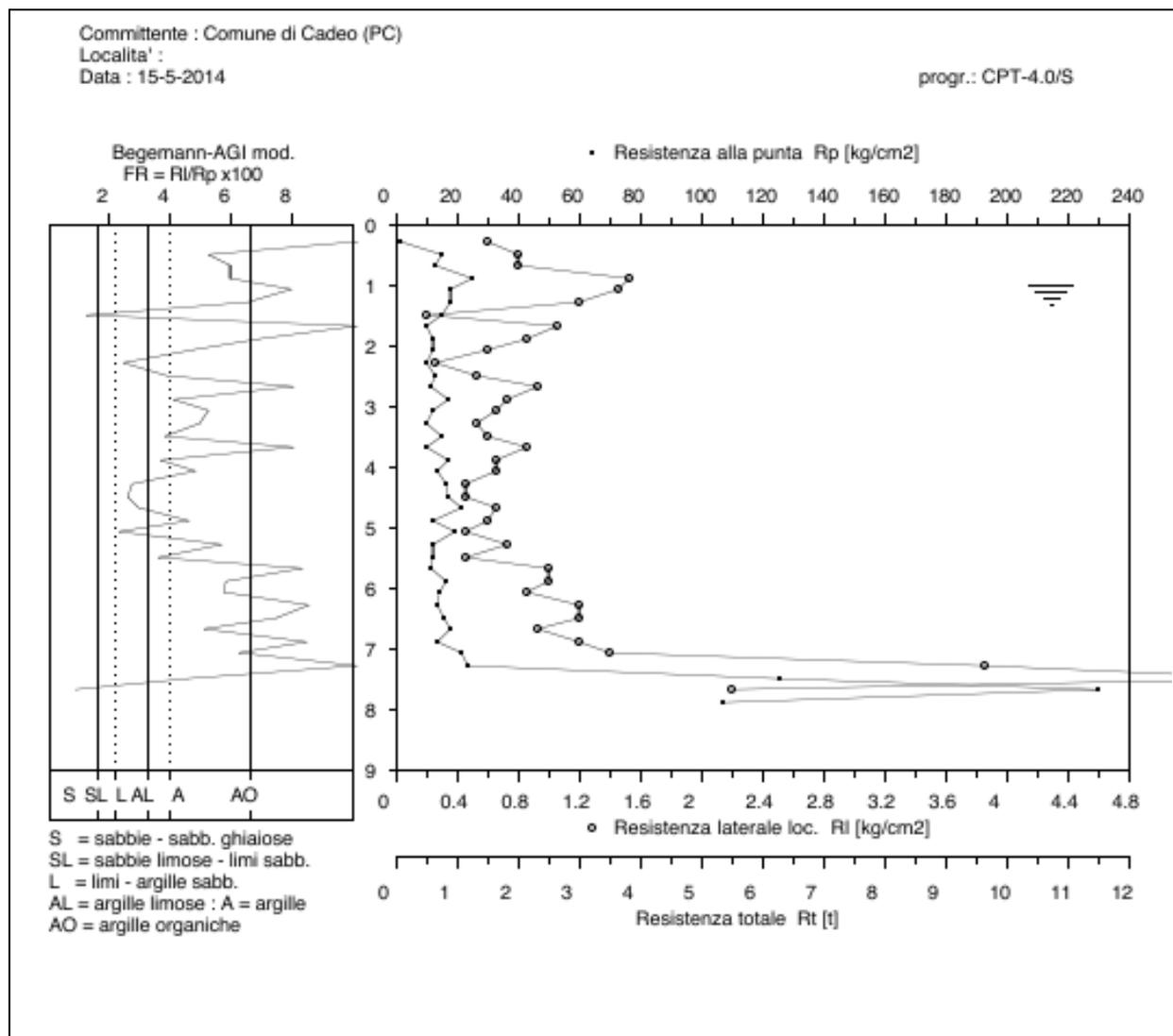
g = Peso di volume [t/m³]
 P'v = Press. vert. efficace[kg/cm²]
 u = Press. neutra [kg/cm²]
 E = Modulo di deform.[kg/cm²]
 OCR = Grado di sovracons.[-]
 Cu = Coesione non drenata[kg/cm²]
 Fi = Angolo di attrito[gradi]
 Gmax = Modulo di taglio din.[kg/cm²]

Quota p.c.: m

Falda a m -1 dal p.c.

z = prof. max. tratto esplorato dalla base penetr.

z[m]	Rp	Rl	FR	Rt	g	P'v	u	E	OCR	Cu	Fi	Gmax	TERRENO (AGI)
0.2	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.4	2.1	0.6	28.2	-	1.75	0.07	0.00	6	4.9	0.08	0.0	-	ARG. ORG.
0.6	15.1	0.8	5.3	-	1.79	0.11	0.00	51	> 50	0.60	0.0	-	ARGILLA
0.8	13.3	0.8	6.0	-	1.79	0.14	0.00	49	33.4	0.52	0.0	-	ARGILLA
1.0	25.3	1.5	6.1	-	1.83	0.18	0.00	62	> 50	1.00	0.0	-	ARGILLA
1.2	18.3	1.5	8.0	-	1.81	0.20	0.02	50	33.7	0.72	0.0	-	ARG. ORG.
1.4	18.3	1.2	6.6	-	1.81	0.21	0.04	51	29.1	0.72	0.0	-	ARGILLA
1.6	15.3	0.2	1.3	-	1.79	0.23	0.06	46	-	0.00	34.9	264	SABBIA
1.8	10.4	1.1	10.3	-	1.78	0.24	0.08	29	8.5	0.40	0.0	-	ARG. ORG.
2.0	12.4	0.9	7.0	-	1.78	0.26	0.10	34	10.3	0.48	0.0	-	ARG. ORG.
2.2	12.4	0.6	4.8	-	1.78	0.27	0.12	47	9.3	0.48	0.0	-	ARGILLA
2.4	10.4	0.3	2.6	-	1.78	0.29	0.14	31	-	0.00	27.4	-	LIMO-ARG. S
2.6	13.4	0.5	4.0	-	1.79	0.31	0.16	49	8.8	0.52	0.0	-	ARG. LIM.
2.8	11.5	0.9	8.1	-	1.78	0.32	0.18	32	6.3	0.44	0.0	-	ARG. ORG.
3.0	17.5	0.7	4.2	-	1.80	0.34	0.20	51	11.7	0.68	0.0	-	ARGILLA
3.2	12.5	0.7	5.3	-	1.79	0.35	0.22	48	6.2	0.48	0.0	-	ARGILLA
3.4	10.5	0.5	5.1	-	1.78	0.37	0.24	44	4.4	0.40	0.0	-	ARGILLA
3.6	15.5	0.6	3.9	-	1.80	0.38	0.26	51	7.6	0.60	0.0	-	ARG. LIM.
3.8	10.7	0.9	8.1	-	1.78	0.40	0.28	29	3.9	0.40	0.0	-	ARG. ORG.
4.0	17.6	0.7	3.8	-	1.80	0.42	0.30	51	8.3	0.68	0.0	-	ARG. LIM.
4.2	13.7	0.7	4.9	-	1.79	0.43	0.32	49	5.1	0.52	0.0	-	ARGILLA
4.4	16.6	0.5	2.8	-	1.80	0.45	0.34	50	-	0.00	27.8	-	LIMO-ARG. S
4.6	17.6	0.5	2.6	-	1.80	0.46	0.36	53	-	0.00	28.1	-	LIMO-ARG. S
4.8	21.8	0.7	3.1	-	1.82	0.48	0.38	65	-	0.00	28.1	-	LIMO-ARG. S
5.0	12.8	0.6	4.7	-	1.79	0.50	0.40	48	3.7	0.48	0.0	-	ARGILLA
5.2	19.8	0.5	2.4	-	1.81	0.51	0.42	59	-	0.00	28.6	-	LIMO-ARG. S
5.4	12.8	0.7	5.7	-	1.79	0.53	0.44	48	3.4	0.47	0.0	-	ARGILLA
5.6	12.8	0.5	3.7	-	1.79	0.54	0.46	48	3.2	0.47	0.0	-	ARG. LIM.
5.8	11.9	1.0	8.4	-	1.78	0.56	0.48	33	2.8	0.43	0.0	-	ARG. ORG.
6.0	16.9	1.0	5.9	-	1.80	0.58	0.50	51	4.5	0.63	0.0	-	ARGILLA
6.2	14.9	0.9	5.8	-	1.79	0.59	0.52	51	3.6	0.55	0.0	-	ARGILLA
6.4	13.9	1.2	8.6	-	1.79	0.61	0.54	38	3.1	0.51	0.0	-	ARG. ORG.
6.6	15.9	1.2	7.5	-	1.80	0.62	0.56	44	3.7	0.59	0.0	-	ARG. ORG.
6.8	18.0	0.9	5.2	-	1.80	0.64	0.58	51	4.3	0.67	0.0	-	ARGILLA
7.0	14.0	1.2	8.5	-	1.79	0.65	0.60	39	2.8	0.51	0.0	-	ARG. ORG.
7.2	22.0	1.4	6.4	-	1.82	0.67	0.62	55	5.4	0.83	0.0	-	ARGILLA
7.4	24.0	3.9	16.1	-	1.83	0.69	0.64	59	6.0	0.91	0.0	-	ARG. ORG.
7.6	126.0	5.8	4.6	-	2.19	0.71	0.66	209	> 50	4.99	0.0	-	ARGILLA
7.8	230.2	2.2	1.0	-	2.30	0.74	0.68	691	-	0.00	42.2	1384	SABBIA
8.0	107.2	3.6	3.4	-	2.13	0.76	0.70	194	> 50	4.23	0.0	-	ARG. LIM.



PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPM30

ID: POC R1.1

LOCALITA': Saliceto

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

Dott. Paolo Mancioffi Studio Geologico
 Via Vitali, 32 - 29100 Piacenza
 Tel/Fax 0523/452257 - Cell. 335/8147227

Riferimento: CadeoR1.1

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

n° R1.1

- indagine :	Piano Operativo Comunale	- data :	28/03/2005
- cantiere :		- quota inizio :	Piano campagna
- località :	Saliceto di Cadeo (PC)	- prof. falda :	0,00 m da quota inizio
- note :		- pagina :	1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	1	3,9	---	1	3,00 - 3,10	3	10,1	---	4
0,10 - 0,20	2	7,8	---	1	3,10 - 3,20	4	13,4	---	4
0,20 - 0,30	1	3,9	---	1	3,20 - 3,30	4	13,4	---	4
0,30 - 0,40	1	3,9	---	1	3,30 - 3,40	5	16,8	---	4
0,40 - 0,50	2	7,8	---	1	3,40 - 3,50	7	23,5	---	4
0,50 - 0,60	4	15,5	---	1	3,50 - 3,60	6	20,1	---	4
0,60 - 0,70	3	11,6	---	1	3,60 - 3,70	5	16,8	---	4
0,70 - 0,80	3	11,6	---	1	3,70 - 3,80	4	13,4	---	4
0,80 - 0,90	3	11,6	---	1	3,80 - 3,90	5	16,8	---	4
0,90 - 1,00	3	11,1	---	2	3,90 - 4,00	4	12,9	---	5
1,00 - 1,10	2	7,4	---	2	4,00 - 4,10	5	16,1	---	5
1,10 - 1,20	2	7,4	---	2	4,10 - 4,20	5	16,1	---	5
1,20 - 1,30	3	11,1	---	2	4,20 - 4,30	7	22,5	---	5
1,30 - 1,40	4	14,8	---	2	4,30 - 4,40	6	19,3	---	5
1,40 - 1,50	4	14,8	---	2	4,40 - 4,50	9	28,9	---	5
1,50 - 1,60	4	14,8	---	2	4,50 - 4,60	10	32,1	---	5
1,60 - 1,70	5	18,4	---	2	4,60 - 4,70	9	28,9	---	5
1,70 - 1,80	5	18,4	---	2	4,70 - 4,80	10	32,1	---	5
1,80 - 1,90	4	14,8	---	2	4,80 - 4,90	8	25,7	---	5
1,90 - 2,00	5	17,6	---	3	4,90 - 5,00	4	12,3	---	6
2,00 - 2,10	4	14,1	---	3	5,00 - 5,10	5	15,4	---	6
2,10 - 2,20	4	14,1	---	3	5,10 - 5,20	6	18,5	---	6
2,20 - 2,30	3	10,5	---	3	5,20 - 5,30	5	15,4	---	6
2,30 - 2,40	4	14,1	---	3	5,30 - 5,40	5	15,4	---	6
2,40 - 2,50	5	17,6	---	3	5,40 - 5,50	6	18,5	---	6
2,50 - 2,60	5	17,6	---	3	5,50 - 5,60	7	21,6	---	6
2,60 - 2,70	5	17,6	---	3	5,60 - 5,70	8	24,7	---	6
2,70 - 2,80	3	10,5	---	3	5,70 - 5,80	7	21,6	---	6
2,80 - 2,90	4	14,1	---	3	5,80 - 5,90	9	27,7	---	6
2,90 - 3,00	4	13,4	---	4					

ID: POC ASI.1

LOCALITA': Saliceto

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

Dott. Paolo Mancioffi Studio Geologico
 Via Vitali, 32 - 29100 Piacenza
 Tel/Fax 0523/452257 - Cell. 335/8147227

Riferimento: CadeoASI.1

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

n° ASI.1

- indagine :	Piano Operativo Comunale	- data :	28/03/2005
- cantiere :		- quota inizio :	Piano campagna
- località :	Cadeo (PC)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	2	7,8	---	1	3,00 - 3,10	5	16,8	---	4
0,10 - 0,20	3	11,6	---	1	3,10 - 3,20	5	16,8	---	4
0,20 - 0,30	3	11,6	---	1	3,20 - 3,30	5	16,8	---	4
0,30 - 0,40	2	7,8	---	1	3,30 - 3,40	6	20,1	---	4
0,40 - 0,50	3	11,6	---	1	3,40 - 3,50	7	23,5	---	4
0,50 - 0,60	2	7,8	---	1	3,50 - 3,60	7	23,5	---	4
0,60 - 0,70	3	11,6	---	1	3,60 - 3,70	7	23,5	---	4
0,70 - 0,80	3	11,6	---	1	3,70 - 3,80	7	23,5	---	4
0,80 - 0,90	3	11,6	---	1	3,80 - 3,90	4	13,4	---	4
0,90 - 1,00	3	11,1	---	2	3,90 - 4,00	6	19,3	---	5
1,00 - 1,10	4	14,8	---	2	4,00 - 4,10	6	19,3	---	5
1,10 - 1,20	4	14,8	---	2	4,10 - 4,20	7	22,5	---	5
1,20 - 1,30	5	18,4	---	2	4,20 - 4,30	7	22,5	---	5
1,30 - 1,40	5	18,4	---	2	4,30 - 4,40	8	25,7	---	5
1,40 - 1,50	5	18,4	---	2	4,40 - 4,50	8	25,7	---	5
1,50 - 1,60	4	14,8	---	2	4,50 - 4,60	10	32,1	---	5
1,60 - 1,70	4	14,8	---	2	4,60 - 4,70	12	38,8	---	5
1,70 - 1,80	5	18,4	---	2	4,70 - 4,80	10	32,1	---	5
1,80 - 1,90	4	14,8	---	2	4,80 - 4,90	10	32,1	---	5
1,90 - 2,00	5	17,6	---	3	4,90 - 5,00	12	37,0	---	6
2,00 - 2,10	5	17,6	---	3	5,00 - 5,10	10	30,8	---	6
2,10 - 2,20	4	14,1	---	3	5,10 - 5,20	13	40,1	---	6
2,20 - 2,30	6	21,1	---	3	5,20 - 5,30	12	37,0	---	6
2,30 - 2,40	5	17,6	---	3	5,30 - 5,40	12	37,0	---	6
2,40 - 2,50	5	17,6	---	3	5,40 - 5,50	13	40,1	---	6
2,50 - 2,60	6	21,1	---	3	5,50 - 5,60	14	43,2	---	6
2,60 - 2,70	6	21,1	---	3	5,60 - 5,70	19	58,6	---	6
2,70 - 2,80	4	14,1	---	3	5,70 - 5,80	20	61,6	---	6
2,80 - 2,90	4	14,1	---	3	5,80 - 5,90	17	52,4	---	6
2,90 - 3,00	5	16,8	---	4					

ID: POC 4R.1

LOCALITA': Roveleto

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

Dott. Paolo Mancioffi Studio Geologico
 Via Vitali, 32 - 29100 Piacenza
 Tel/Fax 0523/452257 - Cell. 335/8147227

Riferimento: Cadeo

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

n° 4R 1

- indagine :	Piano Operativo Comunale	- data :	15/06/2007
- cantiere :		- quota inizio :	p.c.
- località :	Cadeo6	- prof. falda :	0,00 m da quota inizio
- note :		- pagina :	1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	1	3,9	----	1	2,50 - 2,60	5	17,6	----	3
0,10 - 0,20	2	7,8	----	1	2,60 - 2,70	6	21,1	----	3
0,20 - 0,30	2	7,8	----	1	2,70 - 2,80	6	21,1	----	3
0,30 - 0,40	3	11,6	----	1	2,80 - 2,90	8	28,1	----	3
0,40 - 0,50	2	7,8	----	1	2,90 - 3,00	5	16,8	----	4
0,50 - 0,60	3	11,6	----	1	3,00 - 3,10	6	20,1	----	4
0,60 - 0,70	2	7,8	----	1	3,10 - 3,20	6	20,1	----	4
0,70 - 0,80	5	19,4	----	1	3,20 - 3,30	6	20,1	----	4
0,80 - 0,90	5	19,4	----	1	3,30 - 3,40	7	23,5	----	4
0,90 - 1,00	4	14,8	----	2	3,40 - 3,50	6	20,1	----	4
1,00 - 1,10	5	18,4	----	2	3,50 - 3,60	7	23,5	----	4
1,10 - 1,20	5	18,4	----	2	3,60 - 3,70	7	23,5	----	4
1,20 - 1,30	5	18,4	----	2	3,70 - 3,80	5	16,8	----	4
1,30 - 1,40	6	22,1	----	2	3,80 - 3,90	5	16,8	----	4
1,40 - 1,50	6	22,1	----	2	3,90 - 4,00	10	32,1	----	5
1,50 - 1,60	8	29,5	----	2	4,00 - 4,10	12	38,6	----	5
1,60 - 1,70	5	18,4	----	2	4,10 - 4,20	12	38,6	----	5
1,70 - 1,80	6	22,1	----	2	4,20 - 4,30	10	32,1	----	5
1,80 - 1,90	6	22,1	----	2	4,30 - 4,40	11	35,4	----	5
1,90 - 2,00	8	28,1	----	3	4,40 - 4,50	15	48,2	----	5
2,00 - 2,10	8	28,1	----	3	4,50 - 4,60	12	38,6	----	5
2,10 - 2,20	9	31,6	----	3	4,60 - 4,70	22	70,7	----	5
2,20 - 2,30	6	21,1	----	3	4,70 - 4,80	23	73,9	----	5
2,30 - 2,40	6	21,1	----	3	4,80 - 4,90	26	83,6	----	5
2,40 - 2,50	7	24,6	----	3					

ID: POC R3.1

LOCALITA': Roveleto, loc. Torricella

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

Dott. Paolo Mancioffi Studio Geologico
 Via Vitali, 32 - 29100 Piacenza
 Tel/Fax 0523/452257 - Cell. 335/8147227

Riferimento: CadeoR3

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

n° R3.1

- indagine : Piano Operativo Comunale
 - cantiere :
 - località : Cadeo (PC)
 - note :

- data : 23/03/2005
 - quota inizio : Piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	1	3,9	---	1	2,80 - 2,90	5	17,6	---	3
0,10 - 0,20	1	3,9	---	1	2,90 - 3,00	6	20,1	---	4
0,20 - 0,30	3	11,6	---	1	3,00 - 3,10	5	16,8	---	4
0,30 - 0,40	2	7,8	---	1	3,10 - 3,20	6	20,1	---	4
0,40 - 0,50	4	15,5	---	1	3,20 - 3,30	7	23,5	---	4
0,50 - 0,60	5	19,4	---	1	3,30 - 3,40	7	23,5	---	4
0,60 - 0,70	4	15,5	---	1	3,40 - 3,50	7	23,5	---	4
0,70 - 0,80	2	7,8	---	1	3,50 - 3,60	6	20,1	---	4
0,80 - 0,90	3	11,6	---	1	3,60 - 3,70	6	20,1	---	4
0,90 - 1,00	2	7,4	---	2	3,70 - 3,80	7	23,5	---	4
1,00 - 1,10	3	11,1	---	2	3,80 - 3,90	8	26,9	---	4
1,10 - 1,20	4	14,8	---	2	3,90 - 4,00	7	22,5	---	5
1,20 - 1,30	4	14,8	---	2	4,00 - 4,10	7	22,5	---	5
1,30 - 1,40	4	14,8	---	2	4,10 - 4,20	8	25,7	---	5
1,40 - 1,50	4	14,8	---	2	4,20 - 4,30	9	28,9	---	5
1,50 - 1,60	4	14,8	---	2	4,30 - 4,40	5	16,1	---	5
1,60 - 1,70	3	11,1	---	2	4,40 - 4,50	12	38,6	---	5
1,70 - 1,80	3	11,1	---	2	4,50 - 4,60	6	19,3	---	5
1,80 - 1,90	3	11,1	---	2	4,60 - 4,70	13	41,8	---	5
1,90 - 2,00	4	14,1	---	3	4,70 - 4,80	13	41,8	---	5
2,00 - 2,10	5	17,6	---	3	4,80 - 4,90	18	57,9	---	5
2,10 - 2,20	5	17,6	---	3	4,90 - 5,00	18	55,5	---	6
2,20 - 2,30	5	17,6	---	3	5,00 - 5,10	18	55,5	---	6
2,30 - 2,40	6	21,1	---	3	5,10 - 5,20	20	61,6	---	6
2,40 - 2,50	5	17,6	---	3	5,20 - 5,30	18	55,5	---	6
2,50 - 2,60	4	14,1	---	3	5,30 - 5,40	20	61,6	---	6
2,60 - 2,70	6	21,1	---	3	5,40 - 5,50	25	77,1	---	6
2,70 - 2,80	7	24,6	---	3	5,50 - 5,60	26	80,1	---	6

ID: POC R4.1

LOCALITA': Roveleto, loc. Torricella

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

Dott. Paolo Mancioppi Studio Geologico
 Via Vitali, 32 - 29100 Piacenza
 Tel/Fax 0523/452257 - Cell. 335/8147227

Riferimento: CadeoR4

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

n° R4.1

- indagine :	Piano Operativo Comunale	- data :	28/03/2005
- cantiere :		- quota inizio :	Piano campagna
- località :	Cadeo (PC)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	1	3,9	---	1	3,00 - 3,10	3	10,1	---	4
0,10 - 0,20	2	7,8	---	1	3,10 - 3,20	4	13,4	---	4
0,20 - 0,30	4	15,5	---	1	3,20 - 3,30	2	6,7	---	4
0,30 - 0,40	2	7,8	---	1	3,30 - 3,40	3	10,1	---	4
0,40 - 0,50	3	11,6	---	1	3,40 - 3,50	3	10,1	---	4
0,50 - 0,60	5	19,4	---	1	3,50 - 3,60	6	20,1	---	4
0,60 - 0,70	3	11,6	---	1	3,60 - 3,70	7	23,5	---	4
0,70 - 0,80	4	15,5	---	1	3,70 - 3,80	8	26,9	---	4
0,80 - 0,90	4	15,5	---	1	3,80 - 3,90	7	23,5	---	4
0,90 - 1,00	4	14,8	---	2	3,90 - 4,00	6	19,3	---	5
1,00 - 1,10	2	7,4	---	2	4,00 - 4,10	7	22,5	---	5
1,10 - 1,20	2	7,4	---	2	4,10 - 4,20	6	19,3	---	5
1,20 - 1,30	2	7,4	---	2	4,20 - 4,30	3	9,6	---	5
1,30 - 1,40	3	11,1	---	2	4,30 - 4,40	3	9,6	---	5
1,40 - 1,50	4	14,8	---	2	4,40 - 4,50	4	12,9	---	5
1,50 - 1,60	4	14,8	---	2	4,50 - 4,60	5	16,1	---	5
1,60 - 1,70	1	3,7	---	2	4,60 - 4,70	6	19,3	---	5
1,70 - 1,80	2	7,4	---	2	4,70 - 4,80	10	32,1	---	5
1,80 - 1,90	2	7,4	---	2	4,80 - 4,90	12	38,6	---	5
1,90 - 2,00	3	10,5	---	3	4,90 - 5,00	14	43,2	---	6
2,00 - 2,10	7	24,6	---	3	5,00 - 5,10	12	37,0	---	6
2,10 - 2,20	6	21,1	---	3	5,10 - 5,20	13	40,1	---	6
2,20 - 2,30	2	7,0	---	3	5,20 - 5,30	13	40,1	---	6
2,30 - 2,40	2	7,0	---	3	5,30 - 5,40	11	33,9	---	6
2,40 - 2,50	2	7,0	---	3	5,40 - 5,50	16	49,3	---	6
2,50 - 2,60	2	7,0	---	3	5,50 - 5,60	16	49,3	---	6
2,60 - 2,70	1	3,5	---	3	5,60 - 5,70	23	70,9	---	6
2,70 - 2,80	1	3,5	---	3	5,70 - 5,80	26	80,1	---	6
2,80 - 2,90	2	7,0	---	3	5,80 - 5,90	20	61,6	---	6
2,90 - 3,00	3	10,1	---	4					

ID: POC R5.1

LOCALITA': Fontana Freda

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

Dott. Paolo Mancioffi Studio Geologico
 Via Vitali, 32 - 29100 Piacenza
 Tel/Fax 0523/452257 - Cell. 335/8147227

Riferimento: CadeoR5

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

n° R5.1

- indagine : Piano Operativo Comunale - data : 23/03/2005
 - cantiere : - quota inizio : Piano campagna
 - località : Fontana Fredda- Cadeo (PC) - prof. falda : 1,00 m da quota inizio
 - note : - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	1	3,9	---	1	3,00 - 3,10	6	20,1	---	4
0,10 - 0,20	2	7,8	---	1	3,10 - 3,20	8	26,9	---	4
0,20 - 0,30	3	11,6	---	1	3,20 - 3,30	7	23,5	---	4
0,30 - 0,40	2	7,8	---	1	3,30 - 3,40	7	23,5	---	4
0,40 - 0,50	4	15,5	---	1	3,40 - 3,50	7	23,5	---	4
0,50 - 0,60	2	7,8	---	1	3,50 - 3,60	8	26,9	---	4
0,60 - 0,70	3	11,6	---	1	3,60 - 3,70	8	26,9	---	4
0,70 - 0,80	3	11,6	---	1	3,70 - 3,80	7	23,5	---	4
0,80 - 0,90	5	19,4	---	1	3,80 - 3,90	7	23,5	---	4
0,90 - 1,00	4	14,8	---	2	3,90 - 4,00	7	22,5	---	5
1,00 - 1,10	3	11,1	---	2	4,00 - 4,10	5	16,1	---	5
1,10 - 1,20	4	14,8	---	2	4,10 - 4,20	7	22,5	---	5
1,20 - 1,30	4	14,8	---	2	4,20 - 4,30	9	28,9	---	5
1,30 - 1,40	4	14,8	---	2	4,30 - 4,40	9	28,9	---	5
1,40 - 1,50	4	14,8	---	2	4,40 - 4,50	10	32,1	---	5
1,50 - 1,60	4	14,8	---	2	4,50 - 4,60	11	35,4	---	5
1,60 - 1,70	2	7,4	---	2	4,60 - 4,70	12	38,6	---	5
1,70 - 1,80	3	11,1	---	2	4,70 - 4,80	11	35,4	---	5
1,80 - 1,90	2	7,4	---	2	4,80 - 4,90	13	41,8	---	5
1,90 - 2,00	4	14,1	---	3	4,90 - 5,00	16	49,3	---	6
2,00 - 2,10	4	14,1	---	3	5,00 - 5,10	17	52,4	---	6
2,10 - 2,20	4	14,1	---	3	5,10 - 5,20	20	61,6	---	6
2,20 - 2,30	4	14,1	---	3	5,20 - 5,30	17	52,4	---	6
2,30 - 2,40	5	17,6	---	3	5,30 - 5,40	19	58,6	---	6
2,40 - 2,50	4	14,1	---	3	5,40 - 5,50	20	61,6	---	6
2,50 - 2,60	5	17,6	---	3	5,50 - 5,60	21	64,7	---	6
2,60 - 2,70	4	14,1	---	3	5,60 - 5,70	24	74,0	---	6
2,70 - 2,80	5	17,6	---	3	5,70 - 5,80	23	70,9	---	6
2,80 - 2,90	6	21,1	---	3	5,80 - 5,90	22	67,8	---	6
2,90 - 3,00	9	30,2	---	4					

ID: POC RM2.1

LOCALITA': Fontana Freda

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

Dott. Paolo Mancioffi Studio Geologico
 Via Vitali, 32 - 29100 Piacenza
 Tel/Fax 0523/452257 - Cell. 335/8147227

Riferimento: CadeoRM2.1

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

n° RM2.1

- indagine :	Piano Operativo Comunale	- data :	28/03/2005
- cantiere :		- quota inizio :	Piano campagna
- località :	Cadeo (PC)	- prof. falda :	1,00 m da quota inizio
- note :		- pagina :	1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	1	3,9	---	1	3,00 - 3,10	3	10,1	---	4
0,10 - 0,20	1	3,9	---	1	3,10 - 3,20	3	10,1	---	4
0,20 - 0,30	3	11,6	---	1	3,20 - 3,30	2	6,7	---	4
0,30 - 0,40	3	11,6	---	1	3,30 - 3,40	3	10,1	---	4
0,40 - 0,50	3	11,6	---	1	3,40 - 3,50	4	13,4	---	4
0,50 - 0,60	5	19,4	---	1	3,50 - 3,60	6	20,1	---	4
0,60 - 0,70	3	11,6	---	1	3,60 - 3,70	7	23,5	---	4
0,70 - 0,80	4	15,5	---	1	3,70 - 3,80	6	20,1	---	4
0,80 - 0,90	3	11,6	---	1	3,80 - 3,90	6	20,1	---	4
0,90 - 1,00	2	7,4	---	2	3,90 - 4,00	4	12,9	---	5
1,00 - 1,10	1	3,7	---	2	4,00 - 4,10	3	9,6	---	5
1,10 - 1,20	2	7,4	---	2	4,10 - 4,20	3	9,6	---	5
1,20 - 1,30	1	3,7	---	2	4,20 - 4,30	2	6,4	---	5
1,30 - 1,40	1	3,7	---	2	4,30 - 4,40	3	9,6	---	5
1,40 - 1,50	1	3,7	---	2	4,40 - 4,50	3	9,6	---	5
1,50 - 1,60	1	3,7	---	2	4,50 - 4,60	6	19,3	---	5
1,60 - 1,70	1	3,7	---	2	4,60 - 4,70	7	22,5	---	5
1,70 - 1,80	1	3,7	---	2	4,70 - 4,80	8	25,7	---	5
1,80 - 1,90	1	3,7	---	2	4,80 - 4,90	9	28,9	---	5
1,90 - 2,00	3	10,5	---	3	4,90 - 5,00	11	33,9	---	6
2,00 - 2,10	7	24,6	---	3	5,00 - 5,10	11	33,9	---	6
2,10 - 2,20	5	17,6	---	3	5,10 - 5,20	13	40,1	---	6
2,20 - 2,30	2	7,0	---	3	5,20 - 5,30	13	40,1	---	6
2,30 - 2,40	1	3,5	---	3	5,30 - 5,40	11	33,9	---	6
2,40 - 2,50	2	7,0	---	3	5,40 - 5,50	14	43,2	---	6
2,50 - 2,60	1	3,5	---	3	5,50 - 5,60	16	49,3	---	6
2,60 - 2,70	1	3,5	---	3	5,60 - 5,70	28	86,3	---	6
2,70 - 2,80	1	3,5	---	3	5,70 - 5,80	31	95,5	---	6
2,80 - 2,90	1	3,5	---	3	5,80 - 5,90	20	61,6	---	6
2,90 - 3,00	3	10,1	---	4					

ID: POC C1.1

LOCALITA': Cadeo, loc. S.Lucia

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

Dott. Paolo Mancioffi Studio Geologico
 Via Vitali, 32 - 29100 Piacenza
 Tel/Fax 0523/452257 - Cell. 335/8147227

Riferimento: CadeoC1.1

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

n° C1.1

- indagine :	Piano Operativo Comunale	- data :	28/03/2005
- cantiere :		- quota inizio :	Piano campagna
- località :	Cadeo (PC)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	2	7,8	---	1	3,50 - 3,60	4	13,4	---	4
0,10 - 0,20	2	7,8	---	1	3,60 - 3,70	3	10,1	---	4
0,20 - 0,30	1	3,9	---	1	3,70 - 3,80	3	10,1	---	4
0,30 - 0,40	2	7,8	---	1	3,80 - 3,90	8	26,9	---	4
0,40 - 0,50	1	3,9	---	1	3,90 - 4,00	7	22,5	---	5
0,50 - 0,60	2	7,8	---	1	4,00 - 4,10	7	22,5	---	5
0,60 - 0,70	3	11,6	---	1	4,10 - 4,20	7	22,5	---	5
0,70 - 0,80	3	11,6	---	1	4,20 - 4,30	6	19,3	---	5
0,80 - 0,90	2	7,8	---	1	4,30 - 4,40	8	25,7	---	5
0,90 - 1,00	3	11,1	---	2	4,40 - 4,50	9	28,9	---	5
1,00 - 1,10	5	18,4	---	2	4,50 - 4,60	9	28,9	---	5
1,10 - 1,20	6	22,1	---	2	4,60 - 4,70	8	25,7	---	5
1,20 - 1,30	5	18,4	---	2	4,70 - 4,80	7	22,5	---	5
1,30 - 1,40	6	22,1	---	2	4,80 - 4,90	8	25,7	---	5
1,40 - 1,50	4	14,8	---	2	4,90 - 5,00	8	24,7	---	6
1,50 - 1,60	5	18,4	---	2	5,00 - 5,10	9	27,7	---	6
1,60 - 1,70	5	18,4	---	2	5,10 - 5,20	10	30,8	---	6
1,70 - 1,80	5	18,4	---	2	5,20 - 5,30	12	37,0	---	6
1,80 - 1,90	4	14,8	---	2	5,30 - 5,40	12	37,0	---	6
1,90 - 2,00	3	10,5	---	3	5,40 - 5,50	12	37,0	---	6
2,00 - 2,10	3	10,5	---	3	5,50 - 5,60	9	27,7	---	6
2,10 - 2,20	4	14,1	---	3	5,60 - 5,70	10	30,8	---	6
2,20 - 2,30	5	17,6	---	3	5,70 - 5,80	12	37,0	---	6
2,30 - 2,40	3	10,5	---	3	5,80 - 5,90	11	33,9	---	6
2,40 - 2,50	5	17,6	---	3	5,90 - 6,00	12	35,5	---	7
2,50 - 2,60	4	14,1	---	3	6,00 - 6,10	12	35,5	---	7
2,60 - 2,70	4	14,1	---	3	6,10 - 6,20	13	38,5	---	7
2,70 - 2,80	4	14,1	---	3	6,20 - 6,30	14	41,4	---	7
2,80 - 2,90	3	10,5	---	3	6,30 - 6,40	12	35,5	---	7
2,90 - 3,00	3	10,1	---	4	6,40 - 6,50	12	35,5	---	7
3,00 - 3,10	4	13,4	---	4	6,50 - 6,60	18	53,3	---	7
3,10 - 3,20	4	13,4	---	4	6,60 - 6,70	25	74,0	---	7
3,20 - 3,30	5	16,8	---	4	6,70 - 6,80	26	77,0	---	7
3,30 - 3,40	5	16,8	---	4	6,80 - 6,90	32	94,7	---	7
3,40 - 3,50	4	13,4	---	4					

ID: POC P1.1

LOCALITA': C.na CampagnaVecchia

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

Dott. Paolo Mancioffi Studio Geologico
 Via Vitali, 32 - 29100 Piacenza
 Tel/Fax 0523/452257 - Cell. 335/8147227

Riferimento: CadeoP1

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

n° P1.1

- indagine :	Piano Operativo Comunale	- data :	23/03/2005
- cantiere :		- quota inizio :	Piano campagna
- località :	Stabilimento RDB - Cadeo (PC)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	2	7,8	---	1	3,00 - 3,10	4	13,4	---	4
0,10 - 0,20	1	3,9	---	1	3,10 - 3,20	8	26,9	---	4
0,20 - 0,30	2	7,8	---	1	3,20 - 3,30	8	26,9	---	4
0,30 - 0,40	3	11,6	---	1	3,30 - 3,40	7	23,5	---	4
0,40 - 0,50	4	15,5	---	1	3,40 - 3,50	7	23,5	---	4
0,50 - 0,60	3	11,6	---	1	3,50 - 3,60	9	30,2	---	4
0,60 - 0,70	4	15,5	---	1	3,60 - 3,70	9	30,2	---	4
0,70 - 0,80	5	19,4	---	1	3,70 - 3,80	8	26,9	---	4
0,80 - 0,90	5	19,4	---	1	3,80 - 3,90	8	26,9	---	4
0,90 - 1,00	4	14,8	---	2	3,90 - 4,00	7	22,5	---	5
1,00 - 1,10	5	18,4	---	2	4,00 - 4,10	5	16,1	---	5
1,10 - 1,20	4	14,8	---	2	4,10 - 4,20	7	22,5	---	5
1,20 - 1,30	5	18,4	---	2	4,20 - 4,30	9	28,9	---	5
1,30 - 1,40	5	18,4	---	2	4,30 - 4,40	9	28,9	---	5
1,40 - 1,50	4	14,8	---	2	4,40 - 4,50	12	38,6	---	5
1,50 - 1,60	5	18,4	---	2	4,50 - 4,60	13	41,8	---	5
1,60 - 1,70	3	11,1	---	2	4,60 - 4,70	11	35,4	---	5
1,70 - 1,80	5	18,4	---	2	4,70 - 4,80	10	32,1	---	5
1,80 - 1,90	4	14,8	---	2	4,80 - 4,90	13	41,8	---	5
1,90 - 2,00	4	14,1	---	3	4,90 - 5,00	16	49,3	---	6
2,00 - 2,10	4	14,1	---	3	5,00 - 5,10	19	58,6	---	6
2,10 - 2,20	6	21,1	---	3	5,10 - 5,20	18	55,5	---	6
2,20 - 2,30	5	17,6	---	3	5,20 - 5,30	19	58,6	---	6
2,30 - 2,40	4	14,1	---	3	5,30 - 5,40	19	58,6	---	6
2,40 - 2,50	4	14,1	---	3	5,40 - 5,50	20	61,6	---	6
2,50 - 2,60	5	17,6	---	3	5,50 - 5,60	21	64,7	---	6
2,60 - 2,70	4	14,1	---	3	5,60 - 5,70	25	77,1	---	6
2,70 - 2,80	4	14,1	---	3	5,70 - 5,80	23	70,9	---	6
2,80 - 2,90	6	21,1	---	3	5,80 - 5,90	24	74,0	---	6
2,90 - 3,00	9	30,2	---	4					

ID: POC P2.1

LOCALITA': Roveleto

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

Dott. Paolo Mancioffi Studio Geologico
 Via Vitali, 32 - 29100 Piacenza
 Tel/Fax 0523/452257 - Cell. 335/8147227

Riferimento: CadeoP2.1

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

n° P2.1

- indagine :	Piano Operativo Comunale	- data :	28/03/2005
- cantiere :		- quota inizio :	Piano campagna
- località :	Cadeo (PC)	- prof. falda :	0,00 m da quota inizio
- note :		- pagina :	1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	1	3,9	---	1	2,60 - 2,70	8	28,1	---	3
0,10 - 0,20	2	7,8	---	1	2,70 - 2,80	9	31,6	---	3
0,20 - 0,30	2	7,8	---	1	2,80 - 2,90	10	35,2	---	3
0,30 - 0,40	2	7,8	---	1	2,90 - 3,00	5	16,8	---	4
0,40 - 0,50	3	11,6	---	1	3,00 - 3,10	5	16,8	---	4
0,50 - 0,60	3	11,6	---	1	3,10 - 3,20	5	16,8	---	4
0,60 - 0,70	1	3,9	---	1	3,20 - 3,30	3	10,1	---	4
0,70 - 0,80	1	3,9	---	1	3,30 - 3,40	4	13,4	---	4
0,80 - 0,90	1	3,9	---	1	3,40 - 3,50	6	20,1	---	4
0,90 - 1,00	3	11,1	---	2	3,50 - 3,60	9	30,2	---	4
1,00 - 1,10	4	14,8	---	2	3,60 - 3,70	9	30,2	---	4
1,10 - 1,20	4	14,8	---	2	3,70 - 3,80	10	33,6	---	4
1,20 - 1,30	4	14,8	---	2	3,80 - 3,90	9	30,2	---	4
1,30 - 1,40	3	11,1	---	2	3,90 - 4,00	9	28,9	---	5
1,40 - 1,50	3	11,1	---	2	4,00 - 4,10	14	45,0	---	5
1,50 - 1,60	4	14,8	---	2	4,10 - 4,20	12	38,6	---	5
1,60 - 1,70	5	18,4	---	2	4,20 - 4,30	14	45,0	---	5
1,70 - 1,80	7	25,8	---	2	4,30 - 4,40	15	48,2	---	5
1,80 - 1,90	7	25,8	---	2	4,40 - 4,50	17	54,6	---	5
1,90 - 2,00	6	21,1	---	3	4,50 - 4,60	18	57,9	---	5
2,00 - 2,10	6	21,1	---	3	4,60 - 4,70	19	61,1	---	5
2,10 - 2,20	4	14,1	---	3	4,70 - 4,80	23	73,9	---	5
2,20 - 2,30	5	17,6	---	3	4,80 - 4,90	28	90,0	---	5
2,30 - 2,40	7	24,6	---	3	4,90 - 5,00	29	89,4	---	6
2,40 - 2,50	7	24,6	---	3	5,00 - 5,10	33	101,7	---	6
2,50 - 2,60	8	28,1	---	3					

ID: POC P3.1

LOCALITA': Roveleto

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

Dott. Paolo Mancioffi Studio Geologico
 Via Vitali, 32 - 29100 Piacenza
 Tel/Fax 0523/452257 - Cell. 335/8147227

Riferimento: CadeoP3.1

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

n° P3.1

- indagine :	Plano Operativo Comunale	- data :	28/03/2005
- cantiere :		- quota inizio :	Piano campagna
- località :	Cadeo (PC)	- prof. falda :	1,30 m da quota inizio
- note :		- pagina :	1

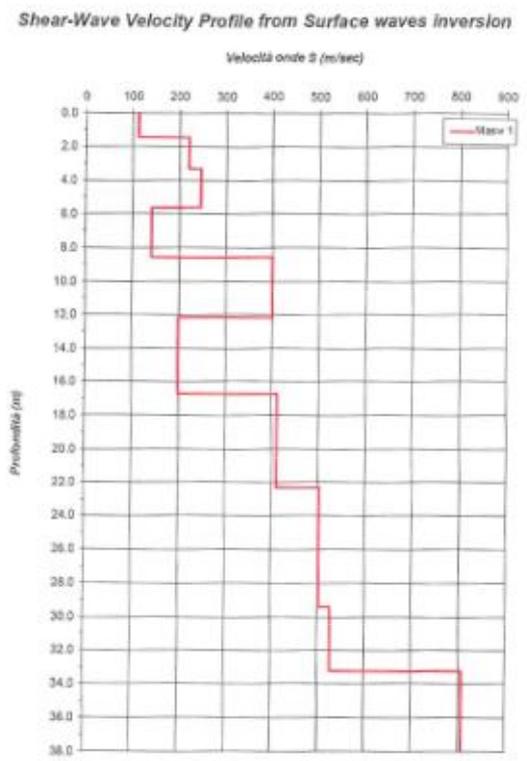
Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r) asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r) asta		
0,00 - 0,10	1	3,9	---	1	3,00 - 3,10	1	3,4	---	4
0,10 - 0,20	2	7,8	---	1	3,10 - 3,20	4	13,4	---	4
0,20 - 0,30	2	7,8	---	1	3,20 - 3,30	4	13,4	---	4
0,30 - 0,40	3	11,6	---	1	3,30 - 3,40	3	10,1	---	4
0,40 - 0,50	3	11,6	---	1	3,40 - 3,50	4	13,4	---	4
0,50 - 0,60	3	11,6	---	1	3,50 - 3,60	3	10,1	---	4
0,60 - 0,70	3	11,6	---	1	3,60 - 3,70	3	10,1	---	4
0,70 - 0,80	4	15,5	---	1	3,70 - 3,80	3	10,1	---	4
0,80 - 0,90	3	11,6	---	1	3,80 - 3,90	3	10,1	---	4
0,90 - 1,00	3	11,1	---	2	3,90 - 4,00	4	12,9	---	5
1,00 - 1,10	5	18,4	---	2	4,00 - 4,10	4	12,9	---	5
1,10 - 1,20	2	7,4	---	2	4,10 - 4,20	5	16,1	---	5
1,20 - 1,30	3	11,1	---	2	4,20 - 4,30	4	12,9	---	5
1,30 - 1,40	3	11,1	---	2	4,30 - 4,40	4	12,9	---	5
1,40 - 1,50	2	7,4	---	2	4,40 - 4,50	5	16,1	---	5
1,50 - 1,60	2	7,4	---	2	4,50 - 4,60	7	22,5	---	5
1,60 - 1,70	1	3,7	---	2	4,60 - 4,70	6	19,3	---	5
1,70 - 1,80	2	7,4	---	2	4,70 - 4,80	9	28,9	---	5
1,80 - 1,90	2	7,4	---	2	4,80 - 4,90	10	32,1	---	5
1,90 - 2,00	2	7,0	---	3	4,90 - 5,00	12	37,0	---	6
2,00 - 2,10	3	10,5	---	3	5,00 - 5,10	8	24,7	---	6
2,10 - 2,20	2	7,0	---	3	5,10 - 5,20	14	43,2	---	6
2,20 - 2,30	3	10,5	---	3	5,20 - 5,30	11	33,9	---	6
2,30 - 2,40	2	7,0	---	3	5,30 - 5,40	16	49,3	---	6
2,40 - 2,50	2	7,0	---	3	5,40 - 5,50	19	58,6	---	6
2,50 - 2,60	3	10,5	---	3	5,50 - 5,60	18	55,5	---	6
2,60 - 2,70	3	10,5	---	3	5,60 - 5,70	20	61,6	---	6
2,70 - 2,80	4	14,1	---	3	5,70 - 5,80	22	67,8	---	6
2,80 - 2,90	3	10,5	---	3	5,80 - 5,90	21	64,7	---	6
2,90 - 3,00	2	6,7	---	4					

INDAGINI GEOFISICHE MASW

ID: MW_1

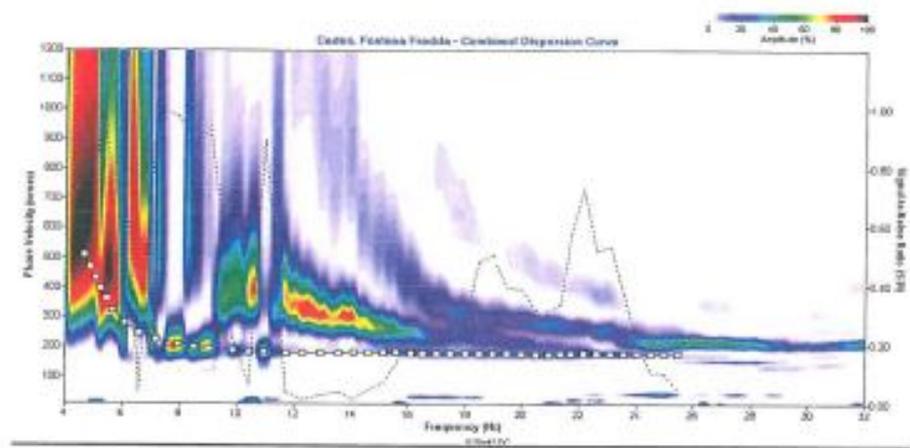
LOCALITA': Fontana Fredda

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo



Modello 1			
Strato	Spessore [m]	Vs [m/s]	Profondità
1	1.48	111.25	1.48
2	1.85	220.28	3.33
3	2.31	245.03	5.65
4	2.89	138.40	8.54
5	3.62	400.44	12.16
6	4.52	198.68	16.68
7	5.65	410.71	22.33
8	7.06	502.38	29.39
9	3.83	526.09	33.22
10	5.05	807.18	38.27

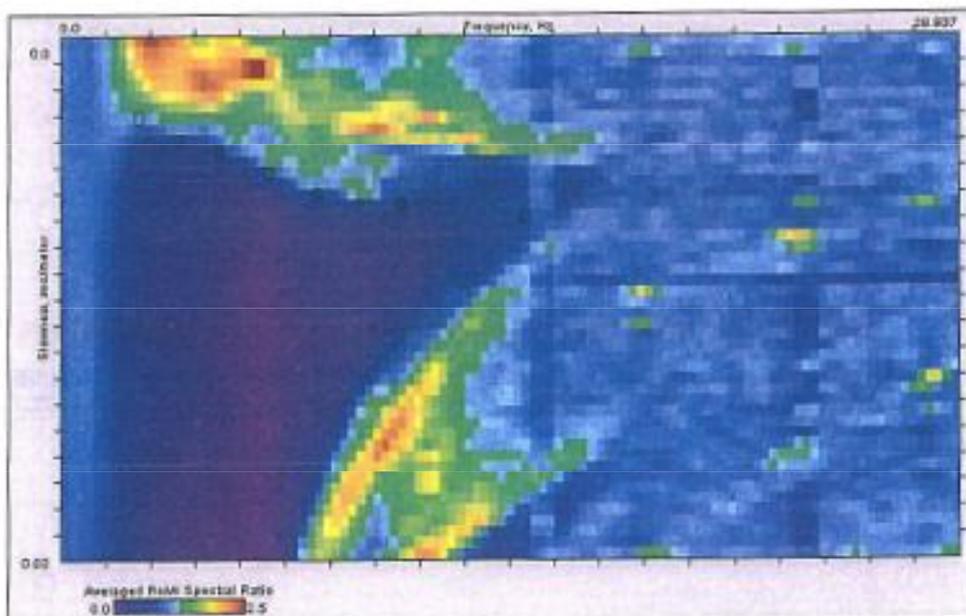
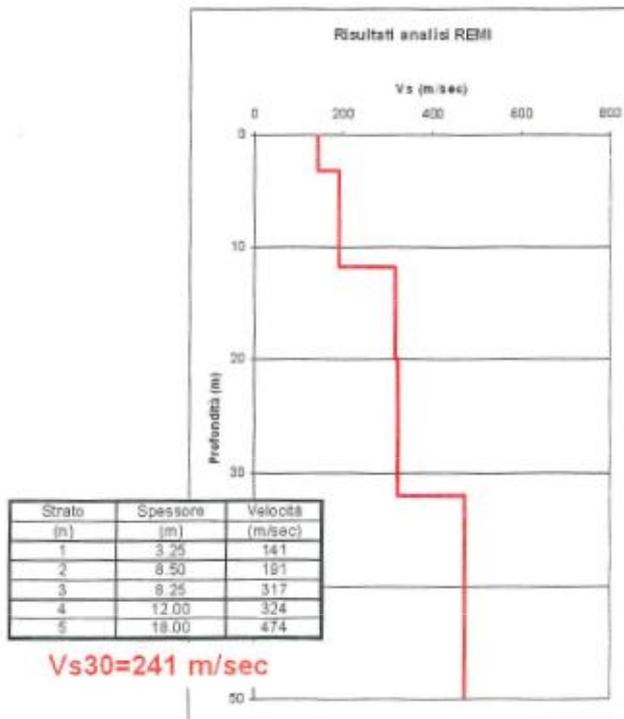
CURVA DI DISPERSIONE COMBINATA



ID: RM_4

LOCALITA': Cadeo

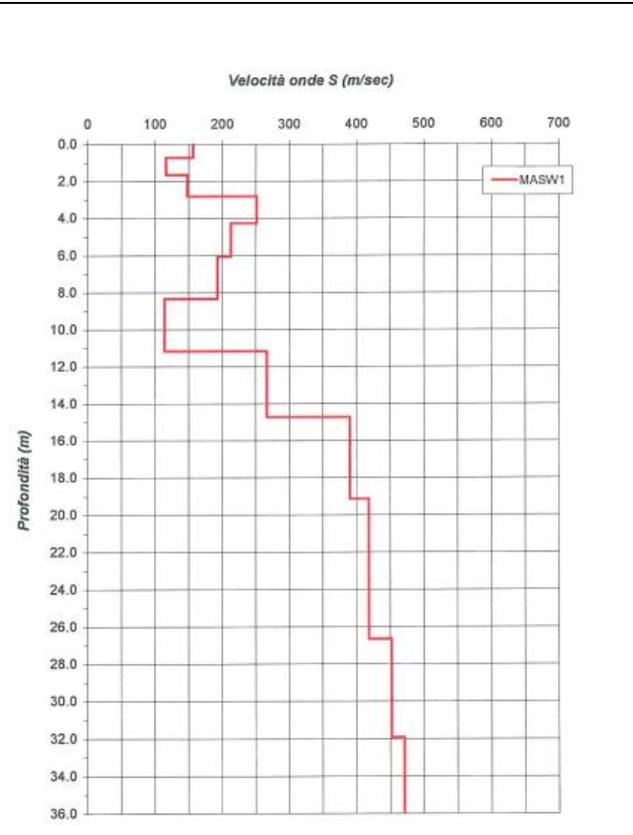
FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo



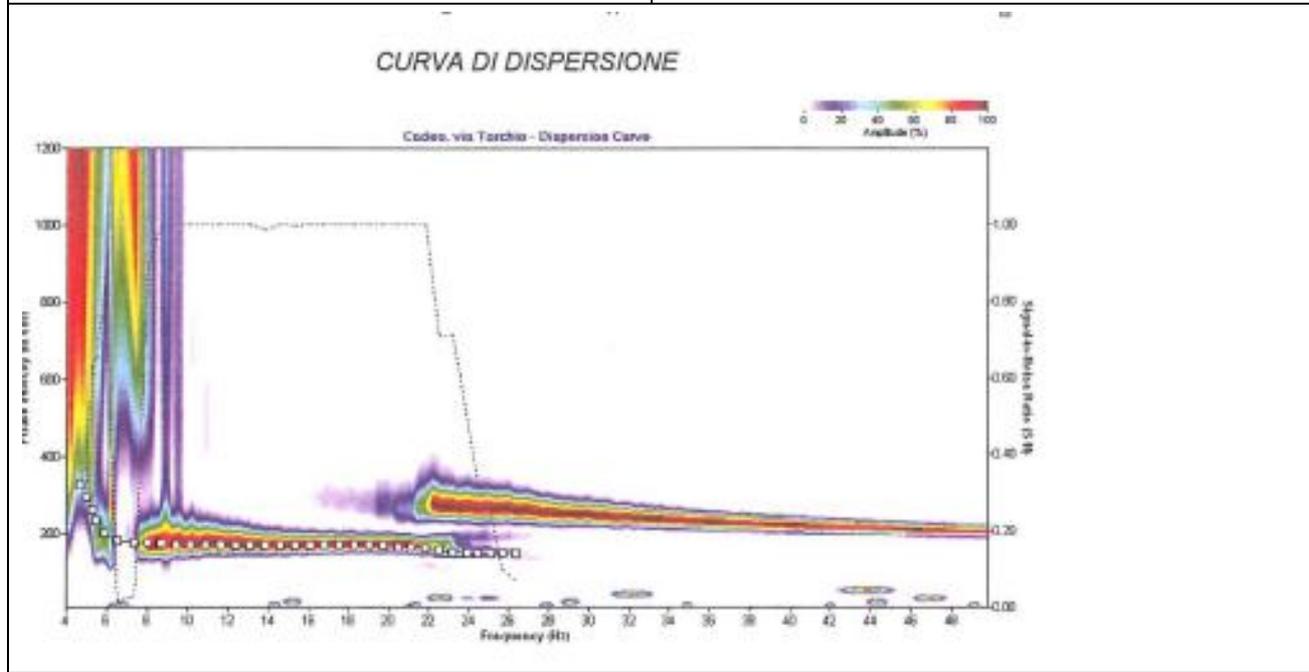
ID: MW_5

LOCALITA': Roveieto

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo



MASW 1			
Strato	Spessore [m]	Vs [m/s]	Profondità
1	0.74	155.57	0.74
2	0.93	115.20	1.67
3	1.16	146.85	2.83
4	1.45	250.20	4.28
5	1.81	212.53	6.09
6	2.26	192.35	8.35
7	2.83	113.42	11.18
8	3.54	265.89	14.72
9	4.42	389.48	19.14
10	7.53	417.63	26.66
11	5.27	451.38	31.93
12	4.35	469.97	36.27



ID: MW_7

LOCALITA': Roveleto

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo

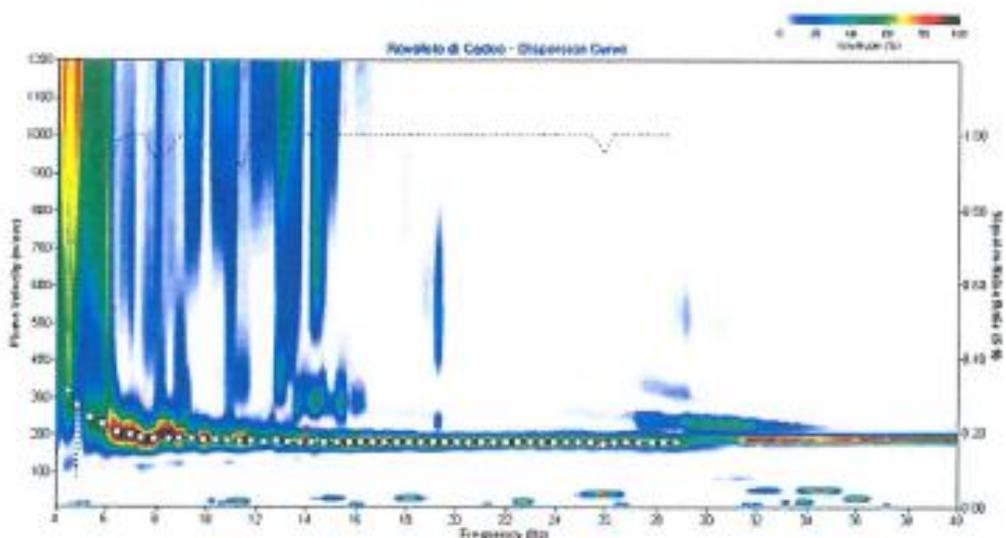
Shear-Wave Velocity Profile from Surface waves inversion



Modello 1

Strato	Spessore [m]	Vs [m/s]	Profondità
1	0.58	196.38	0.58
2	0.73	211.55	1.31
3	0.91	200.23	2.23
4	1.14	172.48	3.37
5	1.43	178.38	4.79
6	1.78	209.86	6.58
7	2.23	210.12	8.80
8	2.79	169.76	11.59
9	3.48	207.91	15.07
10	4.35	294.51	19.42
11	5.44	316.57	24.86
12	8.22	472.05	33.08

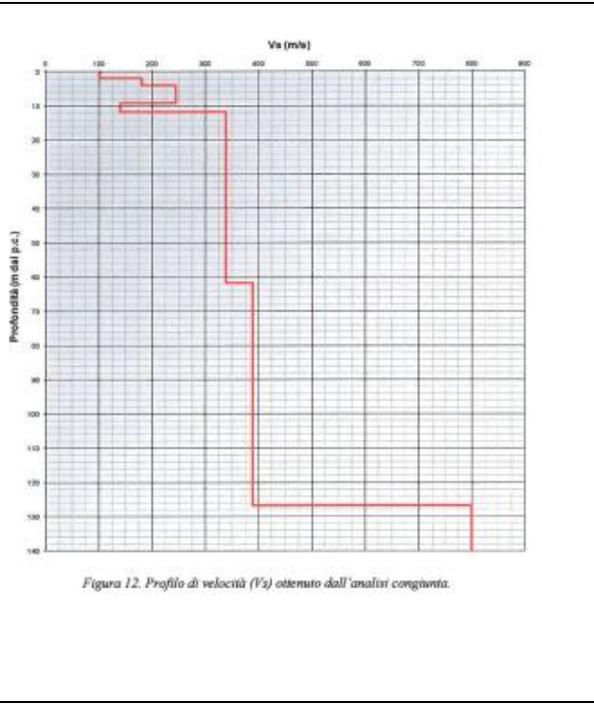
CURVA DI DISPERSIONE COMBINATA



ID: MW_9

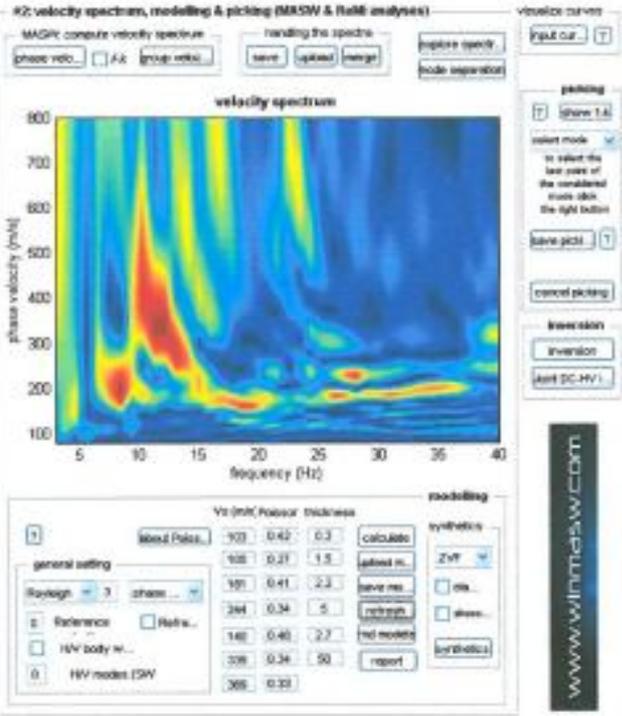
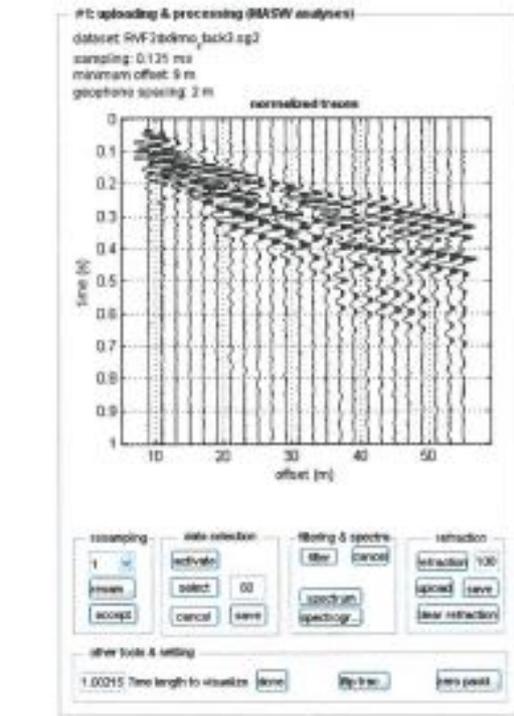
LOCALITA': Fontana Fredda

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo



Spessore (m)	V_s (m/s)	Modulo di taglio (Mpa)
0.3	103	18
1.5	100	16
2.2	181	61
5.0	244	112
2.7	140	37
50.0	339	226
65.0	389	301
Inf.	800	1343

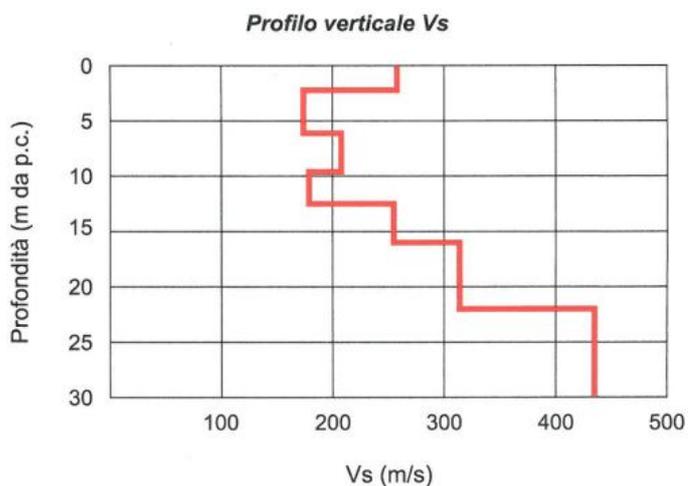
Modello del sottosuolo individuato.



ID: MW_11

LOCALITA': Cadeo

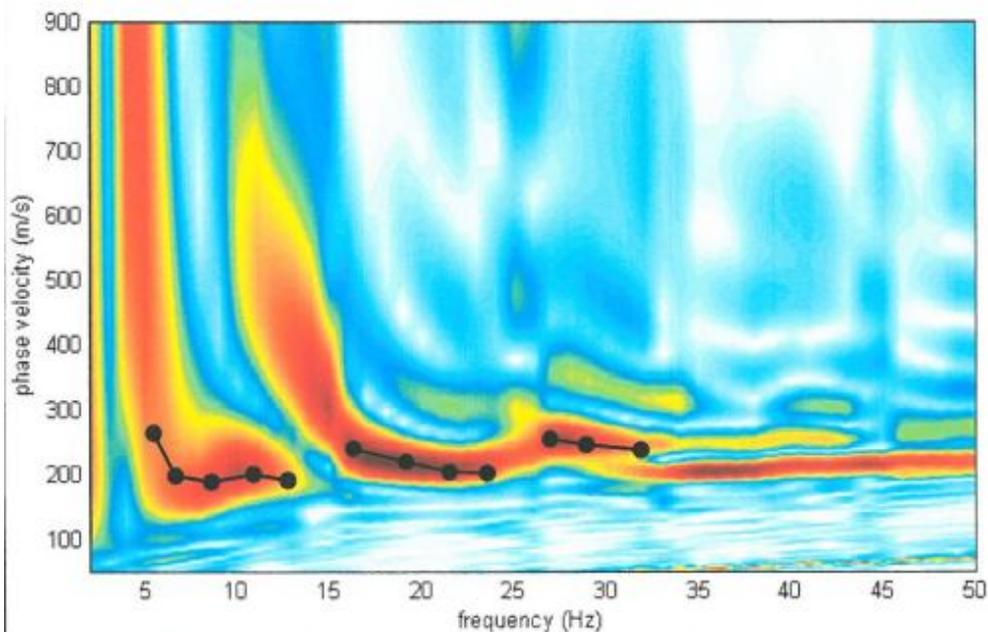
FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo



Profondità (m)		Vs (m/s)	Modulo di taglio (Mpa)
da	a		
0.0	2.2	258	131
2.2	6.1	174	56
6.1	9.6	208	83
9.6	12.5	179	60
12.5	16.0	255	124
16.0	22.0	314	193
22.0	30.0	435	379

Vs30 = 260 m/s

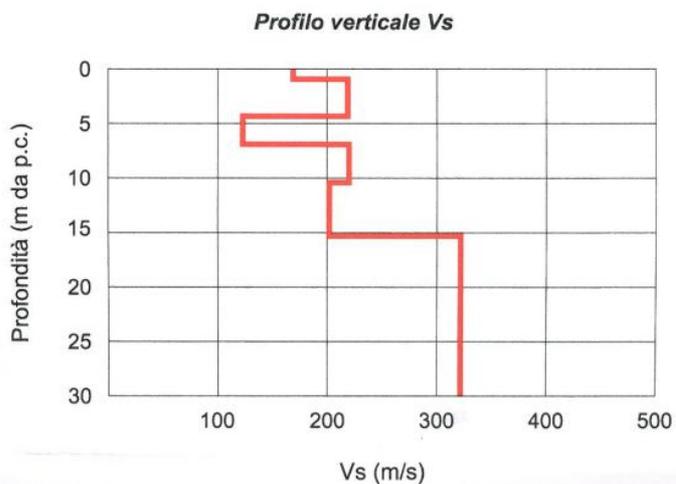
Spettro di velocità e curva di dispersione



ID: MW_12

LOCALITA': S. Rocco

FONTE: Archivio Ufficio Tecnico Comune di Cadeo



Profondità (m)		Vs (m/s)	Modulo di taglio (Mpa)
da	a		
0.0	0.9	169	56
0.9	4.3	219	101
4.3	6.9	123	28
6.9	10.4	220	92
10.4	15.3	202	75
15.3	30.0	322	200

Vs30 = 235 m/s

Spettro di velocità e curva di dispersione

