

RELAZIONE GEOLOGICA

OGGETTO: Lavori di sistemazione strada consortile Fondo Valle Sinello .

COMMITTENTE: Amministrazione Provinciale di Chieti – VI Settore.

LUOGO: Tratto S.P.154 (Km 4-5, tratto relativo al bivio Pollutri – Gissi) in località La Martina.

Data: 20/02/2011

Dott. Geol.
Giuseppe Germani



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Giuseppe Germani".

Dirigente del Settore e R.U.P.
Ing. Carlo Cristini

Sommario

Premessa.....	2
1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	3
1.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO LOCALE.....	3
1.2 VINCOLO IDROGEOLOGICO DEL PAI.....	4
2. METODOLOGIE DI INDAGINE UTILIZZATE	6
2.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO	6
2.2 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CPT)	7
2.3 PRELIEVO DI CAMPIONI.....	8
2.4 PROVE DI LABORATORIO	9
2.4.1 L'ANALISI GRANULOMETRICA	9
2.4.2 LA PROVA EDOMETRICA	9
2.5 PROSPEZIONE SISMICA PASSIVA – TECNICA DEI MICROTREMORI.....	10
2.5.1 METODO DI NAKAMURA.....	11
2.5.2 PROGETTO EUROPEO SESAME- SITE EFFECTS ASSESMENT USING AMBIENT EXITATIONS	13
2.5.3 STIMA DELLA FREQUENZA DI RISONANZA DEI TERRENI.....	13
3. MODELLO GEOLOGICO	14
3.1 MODELLO STRATIGRAFICO.....	14
3.2 PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA.....	15
4. CONSIDERAZIONI SISMICHE.....	16
4.1 STIMA DELLA CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE.....	16
4.2 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	18
4.3 DEFINIZIONE DELL' AZIONE SISMICA DI PROGETTO	18
5. CONCLUSIONI.....	20
Bibliografia	22

Allegati

- I. COROGRAFIA: Stralcio dalla IGMI Foglio 371 Est Scala 1:25.000
- II. COROGRAFIA: Stralcio dalla CTR Foglio 731081 Scala 1:5.000
- III. CARTA GEOLOGICA: Stralcio dalla Carta Geologica d'Abruzzo Vezzani & Ghisetti: Scala 1:100.000
- IV. CARTA GEOMORFOLOGICA DEL PAI: Scala 1:25.000
- V. CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DEL PAI: Scala 1:25.000
- VI. CARTA DEL RISCHIO PAI: Scala 1:25.000
- VII. CARTA DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO: Scala 1:25.000
- VIII. CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DEL PSDA: Scala 1:25.000
- IX. CARTA DEI VINCOLI DEL PPR: Scala 1:25.000
- X. ELABORATI PROGETTUALI
- XI. UBICAZIONI DELLE INDAGINI
- XII. SONDAGGIO GEOGNOSTICO
- XIII. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
- XIV. PROVE DI LABORATORIO
- XV. PROSPEZIONE SISMICA PASSIVA
- XVI. RILIEVO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO
- XVII. SEZIONI STRATIGRAFICHE
- XVIII. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Premessa

Nella presente relazione è illustrato uno studio di carattere geologico, eseguito su incarico dell'Amministrazione Provinciale di Chieti – Settore 6, mediante la Determinazione Dirigenziale N. DT – 1558 del 15/11/2011, con oggetto i *Lavori di sistemazione strada consortile Fondovalle Sinello*.

L'area in esame è contrassegnata nella Carta dell'I.G.M.I nel Foglio 371 Est, alla scala 1:25.000 (Allegato I). La cartografia geologica di base utilizzata è quella di Vezzani & Ghisetti (1998) alla scala 1:100.000 (vedi Allegato II).

La base cartografica del PAI utilizzata (Carta Geomorfologica, Carta della Pericolosità e Carta del Rischio) è compresa nell'Ambito Territoriale di Piano Stralcio n 371 Est (vedi Allegati III-IV-V). Si è presa visione degli elaborati cartografici del "Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico dei bacini di rilievo regionale abruzzesi e del bacino interregionale del fiume Sangro L. 18.05.1989 n. 183, art.17, comma 6 ter" redatti dalla Regione Abruzzo riguardanti i "Fenomeni gravitativi e processi erosivi", carta c070214si02_00 (vedi Allegato VI). L'area in esame non è sottoposta a Vincolo Idrogeologico di cui al R.D.L. 30 dicembre 1923, n. 3267 "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani".

Le indagini effettuate per la redazione di tale lavoro sono consistite nel sopralluogo e nella verifica delle caratteristiche geologiche e geotecniche del sito in esame. Per la caratterizzazione fisico-meccanica e sismica dei terreni sono state effettuate indagini in situ e prove di laboratorio.

Lo studio è condotto nel rispetto della normativa regionale e nazionale vigente, come di seguito descritta.

I dati riportati nel presente documento sono in accordo con le vigenti normative tecniche circa le indagini sui terreni e sulle rocce, e la realizzazione di scavi e di fondazioni sia superficiali che profonde – (Nuovo Testo Unico per le Costruzioni D.M. 14 gennaio 2008, con relative circolari applicative e Legge sismica del 23 marzo 2003, pubblic. G.U. 8 maggio 2003), secondo le disposizioni dell'art. 27 del DPR 554/1999 (Regolamento di attuazione della legge quadro sui LL.PP. n. 109/1994 e s.m.i.) della Circolare Ministero LL PP del 16.12.1999 n. 349/STC ed ai sensi delle norme tecniche di cui al D.M. 11.03.1998 e s.m.i..

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Il sito in esame è ubicato ad una quota di circa 75 m.s.l.m., lungo la SP 154, all'altezza del bivio Pollutri-Gissi in località La Martina.

I terreni sono costituiti da sedimenti alluvionali ghiaioso-sabbiosi recenti (Olocene) che colmano l'alveo del Fiume Sinello il quale in quest'area ha un andamento circa N-S e mostra un pattern anastomosato, a tratti meandriforme.

Come si osserva dal Foglio 148 "Vasto" della Carta Geologica d'Italia e dalla Carta Geologica dell'Abruzzo (Vezzani e Ghisetti, 1998), alluvioni ghiaioso-sabbiose costituiscono depositi terrazzati che affiorano per lo più lungo i versanti in sinistra idrografica del Fiume Sinello.

Questi depositi fluviali poggiano su una successione fluvio-deltizia di transizione, pleistocenica, caratterizzata da una notevole varietà di facies. La cartografia geologica, infatti, differenzia vari membri che nel complesso vedono il passaggio da facies più sabbiose a facies maggiormente argillose, spesso contenenti ciottoli e puddinghe poligeniche.

Tali sedimenti passano con continuità alla sottostante formazione delle argille grigio-azzurre plioceniche.

Nel complesso, l'area è caratterizzata da una morfologia tipicamente collinare, con rilievi dolci e pendenze minime. Il reticolo idrografico è poco sviluppato ed è caratterizzato da piccoli fossi e vallette che si sviluppano perlopiù in sinistra idrografica del Fiume Sinello e che, con andamenti circa E-W, confluiscono nel corso d'acqua principale.

I terreni argilloso-sabbiosi affioranti lungo i versanti circostanti l'area di interesse risultano sottoposti a scorrimenti superficiali attivi e quiescenti e alla presenza di scarpate di origine fluviale e torrentizia.

Data tale conformazione geologica, nell'area in cui sarà realizzata l'opera si dovranno eseguire apposite indagini, di seguito illustrate, al fine di redigere uno studio di dettaglio utile alla caratterizzazione del volume di terreno coinvolto nella realizzazione dell'opera.

1.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO LOCALE

L'area in esame è situata sui terreni in sinistra idrografica del Fiume Sinello. Come è possibile osservare dalla carta topografica (Allegati I e II), il sito di studio è caratterizzato da una topografia sub-pianeggiante, interrotta da piccole scarpate di origine fluviale. Come riportato dalla cartografia geologica (Allegato III), la Strada Provinciale 154 corre, infatti, circa in corrispondenza del limite tra le alluvioni ghiaioso-sabbiose oloceniche che colmano l'alveo del Fiume Sinello e i depositi ghiaioso-sabbiosi, con intercalazioni di suoli nerastri, del Pleistocene superiore, che rappresentano depositi terrazzati del III ordine. Dalla carta

geologica si evince che i terrazzi sono ben sviluppati in sinistra idrografica del corso d'acqua e poggiano in discordanza su argille e sabbie pleistoceniche.

Dal punto di vista geomorfologico si evidenziano fenomeni riconducibili a dissesti potenziali e/o in atto del terreno, caratterizzati perlopiù da scorrimenti superficiali lenti, che coinvolgono i versanti a nord e a sud dell'area in esame. Il sito in particolare, non risulta essere sottoposto a fenomeni di questo tipo, ma maggiore attenzione bisogna prestare ai dissesti legati all'attività delle acque correnti superficiali.

Nel settore in esame il Fiume Sinello presenta un andamento generale N-S ed un pattern anastomosato, a tratti meandriiforme. Il bacino idrografico è caratterizzato da una bassa densità di drenaggio con piccoli canali di erosione e minori corsi d'acqua a direzione circa E-W che si raccordano al fiume. Il regime fluviale è caratterizzato da fasi di piena e di magra che si alternano stagionalmente e che risentono direttamente delle condizioni meteoriche e delle precipitazioni. Orli di scarpata di erosione fluviale, accompagnati da fenomeni di erosione laterale, bordano l'alveo del Fiume Sinello, come riportato nella carta geomorfologica (Allegato IV) dove sono classificati con stato di attività quiescente. Altre minori scarpate di erosione sono legate invece, all'attività torrentizia dei piccoli canali che interessano il versante ad ovest del sito in esame.

Pertanto, nel complesso l'area che sarà interessata dagli interventi di sistemazione ricade in Zona Bianca nelle Carte di Pericolosità e del Rischio del PAI pur presentando pericolosità da scarpata nelle vicinanze (Allegati V e VI).

I terreni sono caratterizzati da una permeabilità che varia da bassa, in corrispondenza dei litotipi argillosi, a medio-alta in corrispondenza dei termini a maggiore contenuto ghiaioso e sabbioso. Di conseguenza, i depositi ghiaiosi e sabbiosi di terrazzo poggianti al di sopra di eventuali facies maggiormente argillose all'interno della successione marina pleistocenica rappresentano potenziali acquiferi in grado di ospitare falde di piccole dimensioni.

1.2 VINCOLO IDROGEOLOGICO DEL PAI

Secondo il PAI la presenza di scarpate nelle immediate vicinanze di un'opera da realizzare comporta la realizzazione di uno Studio di compatibilità idrogeologica volto ad analizzare ed eventualmente limitare i rischi correlati all'opera, ponendo attenzione alle fasce di rispetto stabilite. Tali fasce di rispetto per le scarpate in terra devono essere calcolate considerando un'ampiezza dal ciglio della scarpata verso l'interno "pari al doppio dell'altezza della scarpata fino ad una distanza massima di 60 m e dal piede verso l'esterno per un'ampiezza pari all'altezza della scarpata e comunque non oltre l'eventuale impluvio sottostante". In corrispondenza delle fasce di rispetto delle scarpate sono consentiti esclusivamente gli interventi di cui all'articolo 20 delle suddette norme.

Per quanto riguarda il sito in esame, le scarpate rinvenibili sono costituite da:

- una scarpata immediatamente a ridosso della strada, di altezza di circa 2,00 m ed inclinazione media di 40°, non segnalata nella cartografia PAI, relativa al rilevato stradale, per la quale non è previsto uno Studio di Compatibilità Idrogeologica, come stabilito nell'Allegato F delle Norme di Attuazione del PAI, perché di natura antropica;

- due scarpate ad est della strada, all'incirca ad andamento N-S, segnalate nella carta di pericolosità. Nella cartografia PAI in scala 1:25.000, tuttavia, non è possibile valutare la corretta posizione di queste scarpate e la loro distanza rispetto alla SP 154, non trovando, inoltre, corrispondenza con quelle cartografate nella carta topografica. Ciò è visibile nella carta topografica di maggior dettaglio (scala 1:5.000). Secondo il PAI "gli Enti Locali provvedono alla corretta trasposizione nei propri strumenti urbanistici delle scarpate e appongono le fasce di rispetto per l'ampiezza stabilita al punto 6 dell'Allegato F" delle suddette norme.

Il rilevamento geologico e geomorfologico eseguito (Allegato XVI) e l'analisi della cartografia esistente hanno permesso di cartografare correttamente queste ultime due scarpate e caratterizzarle come forme erosive impostatesi nei sedimenti argilloso-sabbiosi pleistocenici, correlabili con l'attuale limite della piana alluvionale del Fiume Sinello. Tali scarpate possono essere classificate come quiescenti, come risulta anche dalla cartografia PAI, in quanto riattivabili sotto particolari condizioni meteo-climatiche che possono causare eccezionali piene del suddetto fiume il quale potrebbe esondare ed occupare l'intera piana alluvionale. Le due scarpate hanno un'altezza media di 3 metri e presentano una distanza minima al tratto stradale in questione di circa 30 metri.

Risulta ben chiaro che la morfometria e la distanza delle scarpate in questione sono tali da non comportare la necessità di uno studio di compatibilità idrogeologica, in accordo con il metodo del calcolo delle fasce di rispetto sopra descritto, indicato nelle Norme di Attuazione del PAI. Inoltre, la realizzazione di una palificata ed annesso muro di sostegno come indicato da progetto, andrebbe ulteriormente a stabilizzare la situazione idrogeologica del sito.

2. METODOLOGIE DI INDAGINE UTILIZZATE

Per la caratterizzazione stratigrafica, geotecnica e sismica del sito, oltre alle nozioni dedotte per mezzo del rilevamento di superficie e dei dati bibliografici relativi all'area in esame, si farà riferimento ai risultati ottenuti dalle indagini in situ e prove di laboratorio effettuate.

In particolare sono state effettuate le seguenti indagini:

- N° 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo, spinto fino ad una profondità di 20 metri dal p.c., utile per la definizione della stratigrafia e la determinazione dei caratteri geotecnici;
- N° 2 prelievi di campioni, durante l'esecuzione del sondaggio geognostico, sui quali sono state eseguite le analisi di laboratorio;
- Prove di laboratorio geotecnico, quali:
 - N°1 analisi granulometrica;
 - N°1 prova edometrica ad incrementi di carico, per determinare le proprietà di consolidazione del terreno;
- N° 2 prove penetrometriche statiche, spinte fino alla profondità di 15,0 metri dal p.c., utili per la determinazione delle caratteristiche geotecniche di tutta la sequenza stratigrafica;
- N° 1 prospezione sismica di tipo passivo con il Tromino, al fine di ottenere le frequenze fondamentali di vibrazione del sottosuolo, definire la velocità delle onde sismiche di taglio (onde S) e gli spessori dei sismostrati per la stima del Vs30.
- Un rilievo geologico utile a cartografare in modo corretto le scarpate di origine fluviale nei pressi dell'opera.

2.1 SONDAGGI GEOGNOSTICA CAROTAGGIO CONTINUO

Il sondaggio geognostico (in Allegato XII) è un'indagine diretta utile alla ricostruzione della stratigrafia locale e durante il quale è possibile effettuare il prelievo di campioni indisturbati da sottoporre a prove di laboratorio. Il sondaggio viene eseguito a carotaggio continuo è effettuato tramite una sonda e la perforazione viene eseguita con carotiere di lunghezza 1.00 m e diametro \varnothing 101 mm. La colonna di rivestimento del foro è realizzata con tubazioni metalliche da 1.50 m di lunghezza e diametro \varnothing 127 mm mentre, le aste di perforazione hanno diametro \varnothing 89.9 mm e lunghezze di 1.50 m e 3.00 m, a seconda delle necessità di manovra. Le carote estratte vengono disposte e conservate in apposite cassette catalogatrici in PVC in modo da poter effettuare la stratigrafia del sottosuolo. La scelta della profondità del sondaggio è stata effettuata sulla base dei dati a disposizione sulla geologia dell'area e sulla base delle esigenze legate all'opera che dovrà essere realizzata. La profondità

raggiunta è stata di 20 metri a partire dal p.c.. Durante il sondaggio è stato effettuato un prelievo di campione indisturbato alla profondità di 7,5-8,00 m per l'esecuzione delle prove di laboratorio.

2.2 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CPT)

La prova CPT (Cone Penetration Test) è standardizzata dall'ASTM (D 3441) ed è compresa nella "Raccomandazione ISSMFE" per la standardizzazione delle prove penetrometriche in Europa (1989).

L'attrezzatura di spinta per la prova penetrometrica CPT è fornita da:

Penetrometro Pagani TG063-200 kN, con sistema di autoancoraggio ad elicoidi fissi $\varnothing = 400$ mm e raddoppio in verticale per 4.00 m dal piano campagna. La spinta statica nelle prove CPT è di 200 kN in infissione.

La prova penetrometrica statica ha comportato l'utilizzo di una punta meccanico-telescopica tipo "Begemann" con manicotto munito di "friction jacket cone" per la misura dell'attrito laterale locale, area della punta 10 cmq (A), angolo di apertura del cono 60°, diametro di base del cono 35,7 mm, superficie laterale del manicotto 150 cmq, diametro esterno delle aste di sondaggio 36 mm, peso delle aste 7,600 kg/ml.

Sulle aste è stato installato un anello allargatore a 0,80 m dalla punta per diminuire l'attrito del terreno lungo la batteria e facilitarne l'approfondimento. In fase di prova, si ottengono i valori di resistenza alla punta e resistenza laterale mediante un sistema elettronico di acquisizione dati a cella di carico. La cella di carico, che rileva gli sforzi di infissione, è montata all'interno di un'unità rimovibile, chiamata "selettore", che preme alternativamente sull'asta interna e su quella esterna.

Lo sforzo per la penetrazione viene applicato per mezzo di un dispositivo di spinta che agisce sulla batteria di aste alla cui estremità inferiore è collegata la punta. Il dispositivo di spinta è costituito da una vite senza fine che esercita sulla batteria di aste cave una spinta di 200 kN. La penetrazione della batteria avviene ad intervalli di 20 cm, con la misura della resistenza alla punta (R_p), dell'attrito laterale locale (RI) rilevati dalla cella di carico sopra descritta.

La sonda viene ancorata al terreno tramite gli elicoidi infissi a rotazione che non permettono movimenti rispetto al piano campagna.

Durante la prova viene raggiunta la profondità prefissata, sempre che ostacoli o strati particolarmente compatti non ne impediscano l'approfondimento.

La prova CPT ha consentito di: individuare l'andamento stratigrafico lungo la verticale di sondaggio, definire i litotipi attraversati tramite la correlazione di Schmertmann (Figura 2), ricavare i parametri geotecnici degli orizzonti investigati, tramite l'utilizzo del programma di calcolo Static Probing della Geostru Software, impostando le correlazioni visibili nell'Allegato XIII.

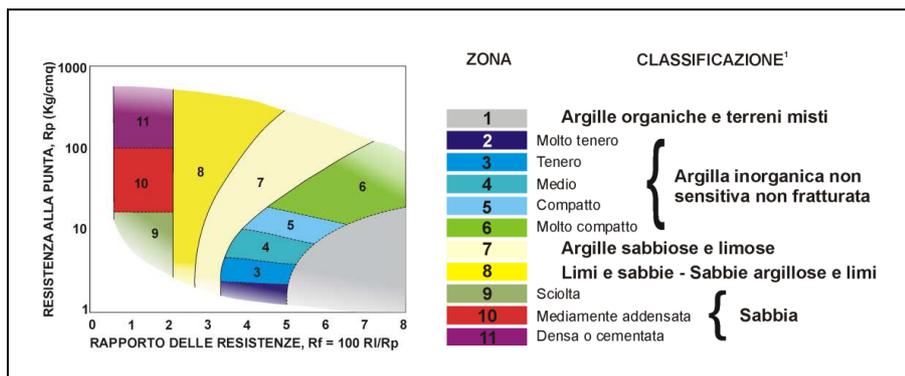


Figura 2. Correlazione di Schmertmann per prove statiche.

2.3 PRELIEVO DI CAMPIONI

In fase di terebrazione è stato prelevato un campione di terreno tramite l'utilizzo di un campionatore Shelby della lunghezza di 60 cm, infisso a pressione nel terreno; il campione indisturbato è stato prelevato ad una profondità compresa tra 7,50 m e 8,00 m. Un secondo campione disturbato è stato prelevato ad una profondità compresa tra 8,50 m e 9,00 m (documentazione fotografica in Allegato XVIII).

Sul primo campione non è stato possibile eseguire l'analisi granulometrica in quanto è stato prelevato un intervallo ghiaioso non rappresentativo della successione investigata. Tuttavia è stato possibile ricavare un provino di dimensioni adeguate all'esecuzione della prova edometrica (Allegato XIV).

Per ovviare all'inconveniente sopra descritto e per avere un'indicazione più precisa riguardo le litologie attraversate è stato prelevato un secondo campione disturbato sul quale si è provveduto ad eseguire l'analisi granulometrica come riportato nel certificato di laboratorio (Allegati XIV).

2.4 PROVE DI LABORATORIO

Le analisi sul campione sono state eseguite da un laboratorio autorizzato dal Ministero dei Trasporti ad eseguire prove geotecniche su terreni (*Decreto 8502 del 22/12/2009*). I campioni sono stati sottoposti a:

- *Analisi granulometrica;*
- *Prova edometrica a incrementi di carico.*

Prova di laboratorio	Normativa di riferimento
Apertura e descrizione generale del campione	ASTM D 2488, Raccomandazioni AGI 1994, ASTM D 4648
Analisi granulometrica	Raccomandazioni AGI 1994, ASTM D 422-98
Prova edometrica a incrementi di carico	UNI CEN ISO/TS 17892-5

Tabella 1 – Prove di laboratorio e normativa di riferimento.

2.4.1 L'ANALISI GRANULOMETRICA

Determina la composizione dimensionale dei terreni campionati, con la ripartizione in peso dei granuli costituenti determinate classi dimensionali. L'analisi prevede l'asportazione della frazione limo-argillosa attraverso un prelavaggio sul setaccio n. 200 (0.074 mm di apertura delle maglie); successivamente si recupera il trattenuto al setaccio 200 e lo si sottopone a vagliatura per la determinazione della distribuzione granulometrica e quindi il passante in percentuale a ciascun setaccio.

2.4.2 LA PROVA EDOMETRICA

La prova edometrica è una prova di compressione assiale verticale ad espansione laterale impedita. Essa si effettua comunemente su terreni coesivi e serve a determinare i parametri di comprimibilità e consolidazione del terreno (attraverso: coefficiente di consolidazione, coefficiente di compressibilità, indice di compressione) e la sua storia tensionale (attraverso pressione di preconsolidamento e grado di sovraconsolidazione), insieme ad altri parametri quali il coefficiente di permeabilità ed il modulo di compressione edometrica.

Questa prova fa riferimento alla teoria della consolidazione monodimensionale di Terzaghi che si basa su precise assunzioni ed ipotesi: che la consolidazione avvenga in maniera monodimensionale (deformazioni e flusso d'acqua si propagano in una sola direzione); che il

terreno sia omogeneo e saturo; che la legge sforzi-deformazioni sia lineare; che coefficiente di permeabilità resti costante nel tempo; che l'acqua ed il solido siano incompressibili; che il terreno abbia un comportamento non viscoso; che sia valida la legge di Darcy.

Lo strumento che si utilizza è l'edometro. Esso consiste in una cella edometrica composta da un anello rigido contenente il provino posto in condizioni sature, pietre porose sopra e sotto il provino che permettono il drenaggio dell'acqua ed una testa di carico.

Dal campione indisturbato prelevato durante il sondaggio è stato possibile ricavare un provino cilindrico con diametro 5,02 cm e altezza 2,00 cm. Il rapporto tra l'altezza del provino ed il diametro delle particelle deve essere comunque sufficientemente elevato (non inferiore a 2.5 mm) tale da ridurre al minimo gli effetti di scala dovuti alla dimensione finita dei grani e l'altezza del provino deve essere contenuta in modo da minimizzare gli attriti tra la superficie laterale e l'anello

La procedura sperimentale più tradizionale è quella a gradini di carico, realizzata sottoponendo il provino ad incrementi/decrementi di tensione verticale. La fase di scarico va di norma effettuata con un numero di gradini pari ad almeno la metà di quelli relativi agli incrementi di carico effettuati.

Durante ciascun incremento di carico, ad intervalli di tempo prefissati, i cedimenti verticali vengono misurati mediante un micrometro, registrando nel tempo la curva cedimenti-tempi (curva di consolidazione).

Ogni incremento di carico va mantenuto costante nel tempo finché non si sviluppa completamente la consolidazione primaria, e venga così garantita la dissipazione delle sovrappressioni neutre.

Le prove possono durare anche diversi giorni a seconda delle caratteristiche di consolidazione del terreno.

2.5 PROSPEZIONE SISMICA PASSIVA – TECNICA DEI MICROTREMORI

Per la registrazione del rumore sismico ambientale è stato utilizzato il Tromino (Micromed), uno strumento digitale che permette la misura ad alta risoluzione del rumore sismico ambientale (microtremori) nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 200 Hz. I sensori sono costituiti da una terna di velocimetri orientati N-S, E-W e verticalmente, che trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore avente dinamica 24 bit equivalente. I dati vengono memorizzati in una scheda di memoria interna da 512 Mb evitando così la presenza di qualsiasi cavo che possa introdurre rumore meccanico ed elettronico. Questa tecnica è totalmente non invasiva, molto rapida e non necessita di stendimenti di cavi né di energizzazioni esterne.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie della Terra, è generato, oltre che dall'attività dinamica del pianeta, dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e

dall'attività antropica. Esso è anche chiamato "microtremore" in quanto riguarda oscillazioni molto piccole (10-15 m/s² in termini di accelerazione), inferiori di diversi ordini di grandezza rispetto a quelle indotte dai terremoti nel campo vicino. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come avviene invece nel caso della sismica attiva (esplosioni).

Lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso pianeggiante presenta picchi a 0.14 e 0.07 Hz, comunemente interpretati come originati dalle onde oceaniche. Tali componenti spettrali vengono attenuate molto poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di fenomeni di guida d'onda. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ma anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

Nel tragitto dalla sorgente al sito le onde elastiche (sia di terremoto che di microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda e attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica di ray tracing, è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore impiegato per la rilevazione del microtremore. Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartata dalla sismologia classica, contiene informazione. Questa informazione è però sepolta all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune.

Il segnale di microtremore, dopo essere stato acquisito viene elaborato secondo la tecnica di Nakamura (rapporti spettrali o HVSR) tramite il software dedicato (Grilla) il quale, per ciascuna delle tre componenti del moto registrate, permette di:

- suddividere la registrazione in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno;
- eseguire l'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti;
- calcolare i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontali e verticale;
- calcolare i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

2.5.1 METODO DI NAKAMURA

L'applicazione del metodo corrisponde ad accertare che la frequenza di risonanza di uno strato coincida con la frequenza per la quale il rapporto $RHV=HS/VS$ (Horizontal to Vertical Ratio) assume il valore massimo tra gli spettri delle componenti orizzontale e verticale del

moto del suolo nello stesso sito. Il metodo dei rapporti spettrali si basa sull'individuazione di un sito di riferimento, presumibilmente privo di effetti di sito rilevanti, rispetto al quale confrontare il segnale sismico del sito da analizzare. Nakamura (1989) ha proposto una tecnica per l'interpretazione dei microtremori che dovrebbe fornire stime attendibili sia della frequenza fondamentale del deposito che dell'amplificazione relativa a tale frequenza. Questa metodologia non richiede l'individuazione di una stazione di riferimento, permettendo così di operare in campagna utilizzando una sola stazione sismica. La tecnica di Nakamura considera i microtremori composti principalmente da onde di Rayleigh e considera che l'amplificazione relativa agli effetti di sito sia causata dalla presenza di uno strato sedimentario giacente su di un semispazio. In queste condizioni ci sono quattro componenti del moto sismico da considerare:

- le componenti orizzontali in superficie (HS) e alla base dei sedimenti (HB);
- le componenti verticali in superficie (VS) e alla base dei sedimenti (VB).

Secondo Nakamura è possibile stimare la forma spettrale della sorgente dei microtremori $AS(\omega)$ (in funzione della frequenza) con la seguente relazione:

$$A_s(\omega) = \frac{V_s(\omega)}{V_b(\omega)}$$

dove VS e VB sono le ordinate spettrali delle componenti verticali del moto, rispettivamente in superficie e alla base di sedimenti.

Nakamura definisce come effetto di sito il rapporto spettrale $SE(\omega)$:

$$S_E(\omega) = \frac{H_s(\omega)}{H_b(\omega)}$$

dove HS e HB sono le ordinate spettrali delle componenti orizzontali del moto rispettivamente in superficie e alla base dei sedimenti.

Per compensare l'effetto di sito $SE(\omega)$ dallo spettro di sorgente $AS(\omega)$ viene calcolato il rapporto spettrale modificato $SM(\omega)$ come:

$$S_M(\omega) = \frac{S_E(\omega)}{A_s(\omega)} = \frac{H_s(\omega)/V_s(\omega)}{H_b(\omega)/V_b(\omega)}$$

Nakamura assume che per tutte le frequenze di interesse $H_b/V_b = 1$, basandosi su registrazioni, sperimentalmente verificate da lui, di microtremori in pozzo; quindi l'effetto di sito modificato $SM(\omega)$ è descritto da :

$$S_M(\omega) = \frac{S_E(\omega)}{A_s(\omega)} = \frac{H_s(\omega)}{V_s(\omega)}$$

2.5.2 PROGETTO EUROPEO SESAME- SITE EFFECTS ASSESMENT USING AMBIENT EXITATIONS

È un progetto che si è occupato di stabilire delle linee guida per la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola e array. Esso fornisce nove criteri per valutare la bontà delle curva HVSR e la significatività dei picchi H/V eventualmente trovati. Per l'affidabilità della curva HVSR devono essere positivi i primi tre criteri mentre per avere un chiaro e pulito segnale del picco massimo devono essere soddisfatti almeno cinque dei sei criteri successivi.

2.5.3 STIMA DELLA FREQUENZA DI RISONANZA DEI TERRENI

La frequenza di risonanza del sito rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale. La stima di questo parametro permette di adottare adeguate precauzioni nella costruzione di edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno ed evitare l'effetto di doppia risonanza estremamente pericoloso per la stabilità degli stessi.

La frequenza di risonanza dipende dallo spessore H del sedimento e dalla velocità media delle onde di taglio (V_s) nel sedimento secondo la seguente relazione:

$$f = V_s/4H \text{ (sistemi omogenei - isotropi a due strati)}$$

Dall'osservazione della curva H/V in Allegato XV, relativa alla registrazione condotta sul terreno oggetto di studio, si osserva un picco di risonanza relativo alle frequenze comprese tra **10.02 Hz e 56.4 Hz.**

3. MODELLO GEOLOGICO

3.1 MODELLO STRATIGRAFICO

Integrando le informazioni ed i dati ottenuti tramite il rilevamento geologico (Allegato XVI), il sondaggio (Allegato XII) e le prove penetrometriche (Allegato XIII) è stato possibile caratterizzare il sottosuolo dell'area distinguendo quattro differenti orizzonti stratigrafici. Le profondità indicate sono riferite alla base del rilevato stradale attuale e rappresentano le profondità minima e massima degli orizzonti ricostruite dalle prove:

- *Orizzonte 1:* Coltre di alterazione superficiale costituita da argille lievemente limose; fino a m -0,80 dal p.c.;
- *Orizzonte 2:* Argille sabbiose, moderatamente consistenti, brune, con venature rossastre e presenza di livelli sabbiosi grossolani poco addensati, ghiaietto fine, concrezioni carbonatiche bianche e rari ciottoli decimetrici subarrotondati; fino a m 3,20-10,20 dal p.c.;
- *Orizzonte 3:* Argille sabbiose brune molto consistenti nelle quali si ha la presenza di ciottoli subarrotondati e livelli a prevalente contenuto sabbioso. La colorazione tendente al grigio verso la base segna il passaggio con il sottostante livello. Questo orizzonte si rinviene fino alla profondità di m 13,30-15,00 dal p.c.;
- *Orizzonte 4:* Argille grigio-azzurre molto consistenti con livelli sabbiosi.

Il presente modello deriva dal confronto delle prove penetrometriche e del sondaggio effettuati il cui tentativo di correlazione è rappresentato nella sezione geologica in Allegato XVII. Nella correlazione è da tener conto che le prove penetrometriche sono state eseguite ad una quota di circa - 2 m rispetto alla quota del sondaggio geognostico. Si può ben osservare che se tra il sondaggio e la prova penetrometrica CPT1 le profondità dei vari orizzonti risultano confrontabili, il diverso spessore dell'orizzonte 2 in corrispondenza della prova penetrometrica CPT2 è stato ricostruito sulla base dell'osservazione dei valori di resistenza calcolati. Pertanto la geometria ottenuta potrebbe essere correlata o ad una effettiva variabilità di spessori dei vari orizzonti, comune in un ambiente deposizionale fluviale, o ad una variazione di resistenze nello stesso intervallo.

3.2 PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

Per la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni sono stati presi in considerazione i parametri geotecnici desunti dalle indagini in situ e di laboratorio effettuate. Si riportano di seguito i parametri geotecnici nominali medi dei vari Orizzonti.

Z (mt)	Descrizione	Parametri geotecnici medi nominali				
0,4	Orizzonte 1	Parametri non definibili				
3,2-10,2	Orizzonte 2	Peso di volume saturo	γ_s	=	2,03	t/mc
		Coesione non drenata	c_u	=	9	t/mq
		Modulo Edometrico	E_{ed}	=	500	t/mq
13,3-15,0	Orizzonte 3	Peso di volume saturo	γ_s	=	2,19	t/mc
		Coesione non drenata	c_u	=	20	t/mq
		Modulo Edometrico	E_{ed}	=	950	t/mq
----	Orizzonte 4	Peso di volume saturo	γ_s	=	2,20	t/mc
		Coesione non drenata	c_u	=	23	t/mq
		Modulo Edometrico	E_{ed}	=	1500	t/mq

Tabella 2. Parametri geotecnici medi nominali

Inoltre, nell'Allegato XIV è visibile il risultato della prova edometrica che mette in evidenza i cedimenti che il campione, prelevato all'interno dell'orizzonte 3, subisce essendo sottoposto a carichi verticali.

4. CONSIDERAZIONI SISMICHE

In data 01.07.2009 sono entrate in vigore le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008), che riprendono ed integrano l'O.P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

4.1 STIMA DELLA CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE

La classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto la normativa definisce le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

SUOLO DI FONDAZIONE	V_{s30}	$N_{SPT} - C_u$
A <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>	> 800 m/s	-----
B <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.</i>	>360 m/s <800 m/s	$N_{SPT,30} > 50$ $C_{u30} > 250$ kPa
C <i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.</i>	>180 m/s <360 m/s	$15 < N_{SPT,30} < 50$ $70 < C_{u30} < 250$ kPa
D <i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.</i>	<180 m/s	$N_{SPT,30} < 15$ $C_{u30} < 70$ kPa
E <i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>	<360 m/s	$N_{SPT,30} < 50$ $C_{u30} < 250$ kPa
S1 <i>Depositati di terreni che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.</i>	<100 m/s	$10 < C_{u30} < 20$ kPa
S2 <i>Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.</i>	-----	-----

Tabella 3. Categorie di suolo di fondazione.

In base ai valori di V_s , ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, in ottemperanza alla normativa vigente è possibile ricavare la categoria di suolo di fondazione, secondo la seguente formula:

$$V_{s\ 30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Dove: h_i e V_i indicano rispettivamente lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Le indagini eseguite hanno permesso una ricostruzione dell'assetto sepolto, sia in termini di spessori dei litotipi oggetto d'indagine, sia per ciò che concerne i valori di propagazione delle onde di taglio, da cui è stato possibile calcolare i valori di V_{s30} (vedi Certificato in Allegato XV).

Utilizzando i valori di velocità e profondità desunti dalla prospezione sismica, sono stati calcolati i seguenti valori di V_{s30} ipotizzando la profondità di posa delle fondazioni (base del muro - testa del palo) variabile da m.0,0 dal p.c. a m. -3,0 dal p.c.:

VS30 E CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE IN FUNZIONE DEL PIANO DI POSA DELLA FONDAZIONE	
Vs 30 (m/s) DA -0,0 m. DAL P.C.	Vs 30 (m/s) DA -3,0 m. DAL P.C.
<p>$V_{s30} = 320$ C</p>	<p>$V_{s30} = 381$ B</p>

Tabella 4. Categoria di suolo di fondazione.

4.2 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

L'amplificazione del moto sismico dovuta ad irregolarità del profilo topografico è stata considerata una tra le cause principali di concentrazione di danni durante diversi terremoti. L'amplificazione topografica può verificarsi quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche. Un esempio è costituito dalla focalizzazione delle onde sismiche che può avvenire in prossimità della cresta di un rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto. Se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi sostituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico.

Relativamente alle condizioni topografiche per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione, in base alle NTC 2008:

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

Tabella 5. Categorie topografiche.

Il sito in esame ricade nella **categoria topografica T1**, ovvero presenta pendii con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.

4.3 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC).

Allo stato attuale esistono degli abachi di riferimento che ci permettono di definire le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento (PvR), a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

ag accelerazione orizzontale massima al sito.

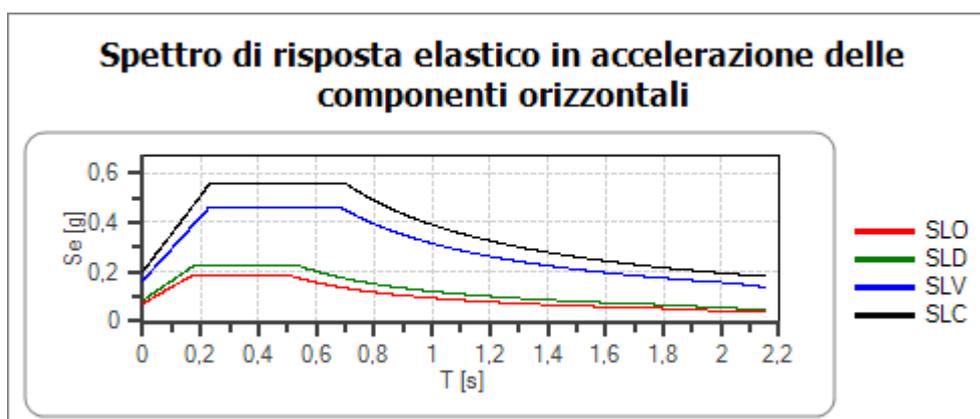
F0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tc* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I valori di a_g , F_0 e T_c^* del sito di progetto vengono calcolati ai nodi di un reticolo di riferimento (Tabella 1 delle NTC).

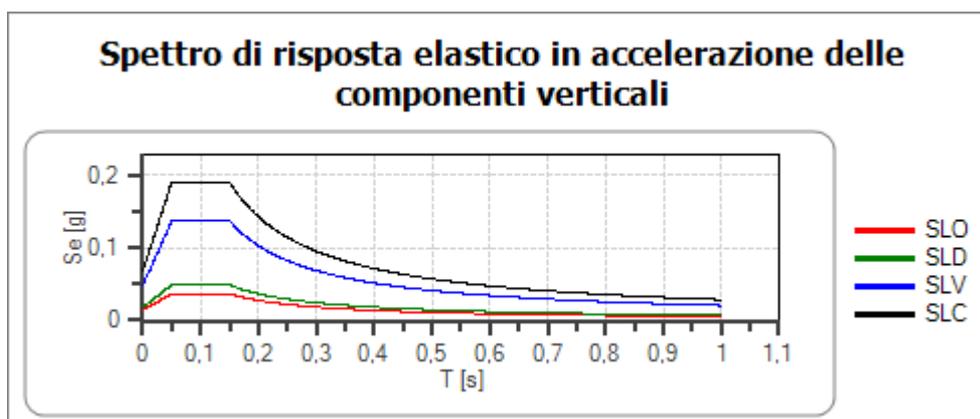
I parametri sono riferiti alla latitudine $42,125558^\circ$ longitudine $14,640055^\circ$ e ad un edificio di classe IV e vita nominale di 50 anni. I calcoli sono stati effettuati con il software "Geostru" disponibile online (www.geostru.it).

Coefficiente di smorzamento viscoso $\xi=5\%$; Fattore che altera lo spettro elastico $\eta=1,000$.



	cu	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]	S_s	C_c	S_t	S	η	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,048	2,562	0,339	1,500	1,500	1,000	1,500	1,000	0,169	0,508	1,793
SLD	2	0,057	2,638	0,367	1,500	1,460	1,000	1,500	1,000	0,179	0,536	1,829
SLV	2	0,109	2,801	0,527	1,500	1,300	1,000	1,500	1,000	0,228	0,685	2,038
SLC	2	0,137	2,767	0,547	1,470	1,280	1,000	1,470	1,000	0,233	0,700	2,149

Tabella 6. Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali.



	cu	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]	S_s	C_c	S_t	S	η	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,048	2,562	0,339	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	2	0,057	2,638	0,367	1,000	1,460	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	2	0,109	2,801	0,527	1,000	1,300	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	2	0,137	2,767	0,547	1,000	1,280	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

Tabella 7. Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali.

5. CONCLUSIONI

Nella presente relazione è illustrato uno studio di carattere geologico, eseguito su incarico dell'Amministrazione Provinciale di Chieti – Settore 6 mediante la Determinazione Dirigenziale N. DT – 1558 del 15/11/2011, con oggetto i *Lavori di sistemazione strada consortile Fondovalle Sinello*.

I risultati dello studio possono essere sintetizzati nei seguenti punti:

- L'area in esame si trova ad una quota di circa 75 m.s.l.m., lungo la SP 154, all'altezza del bivio Pollutri-Gissi in località La Martina;
- Come è possibile osservare dalla carta topografica (Allegati I e II), il sito di studio è situato sui terreni in sinistra idrografica del Fiume Sinello ed è caratterizzato da una topografia subpianeggiante, interrotta da piccole scarpate di origine fluviale;
- I litotipi affioranti nell'area sono rappresentati dalle alluvioni ghiaioso-sabbiose oloceniche che colmano l'alveo del Fiume Sinello e dai depositi ghiaioso-sabbiosi, con intercalazioni di suoli nerastri, del Pleistocene superiore, che rappresentano depositi terrazzati del III ordine. Questi terrazzi ben sviluppati in sinistra idrografica del corso d'acqua poggiano in discordanza su argille e sabbie pleistoceniche;
- Dal punto di vista geomorfologico nell'area circostante il sito in esame, si evidenziano due tipologie di fenomeni quali scorrimenti superficiali lenti e orli di scarpata di erosione fluviale in stato di attività quiescente (Allegato IV). Tuttavia, nelle Carte di Pericolosità e del Rischio del PAI l'area interessata dagli interventi di sistemazione ricade in Zona Bianca pur presentando pericolosità da scarpata nelle vicinanze (Allegati V e VI). Ad ogni modo, queste scarpate sono ad una distanza, dalle opere previste, tale da non rappresentare elementi di rischio;
- Dal punto di vista idrogeologico, i terreni sono caratterizzati da una permeabilità che varia da bassa, in corrispondenza dei litotipi argillosi, a medio-alta in corrispondenza dei termini a maggiore contenuto ghiaioso e sabbioso. Pertanto, i depositi ghiaiosi e sabbiosi di terrazzo poggianti al di sopra di eventuali facies maggiormente argillose all'interno della successione marina pleistocenica affiorante nell'area rappresentano potenziali acquiferi in grado di ospitare falde di piccole dimensioni;
- Dalle prove geotecniche eseguite in sito e di laboratorio (Allegati XIII e XIV), dal sondaggio geognostico (Allegato XII) e dal rilievo geologico (Allegato XVI) effettuati è stato possibile discretizzare il sottosuolo in quattro orizzonti stratigrafici ed associare a ciascuno i parametri fisico-meccanici visibili nella tabella 2 di pagina 15. Da questi ultimi si desume che gli orizzonti tre e quattro presentano buone caratteristiche geotecniche;

- Dal punto di vista sismico, in modo cautelativo, è stato possibile attribuire ai terreni la **categoria di suolo C** e **categoria topografica T1**. Sono, inoltre visibili a pagina 17 i parametri sismici utilizzabili per la progettazione, in base alle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008);
- Dall'osservazione della curva H/V, relativa alla registrazione condotta sul terreno oggetto di studio, si osserva un picco di risonanza relativo alle frequenze comprese tra **10.02 Hz e 56.4 Hz** (Allegato XV).

Si resta a disposizione per eventuali chiarimenti.

Chieti, 20 febbraio 2012

Il geologo

Giuseppe Germani



A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Giuseppe Germani".

Bibliografia

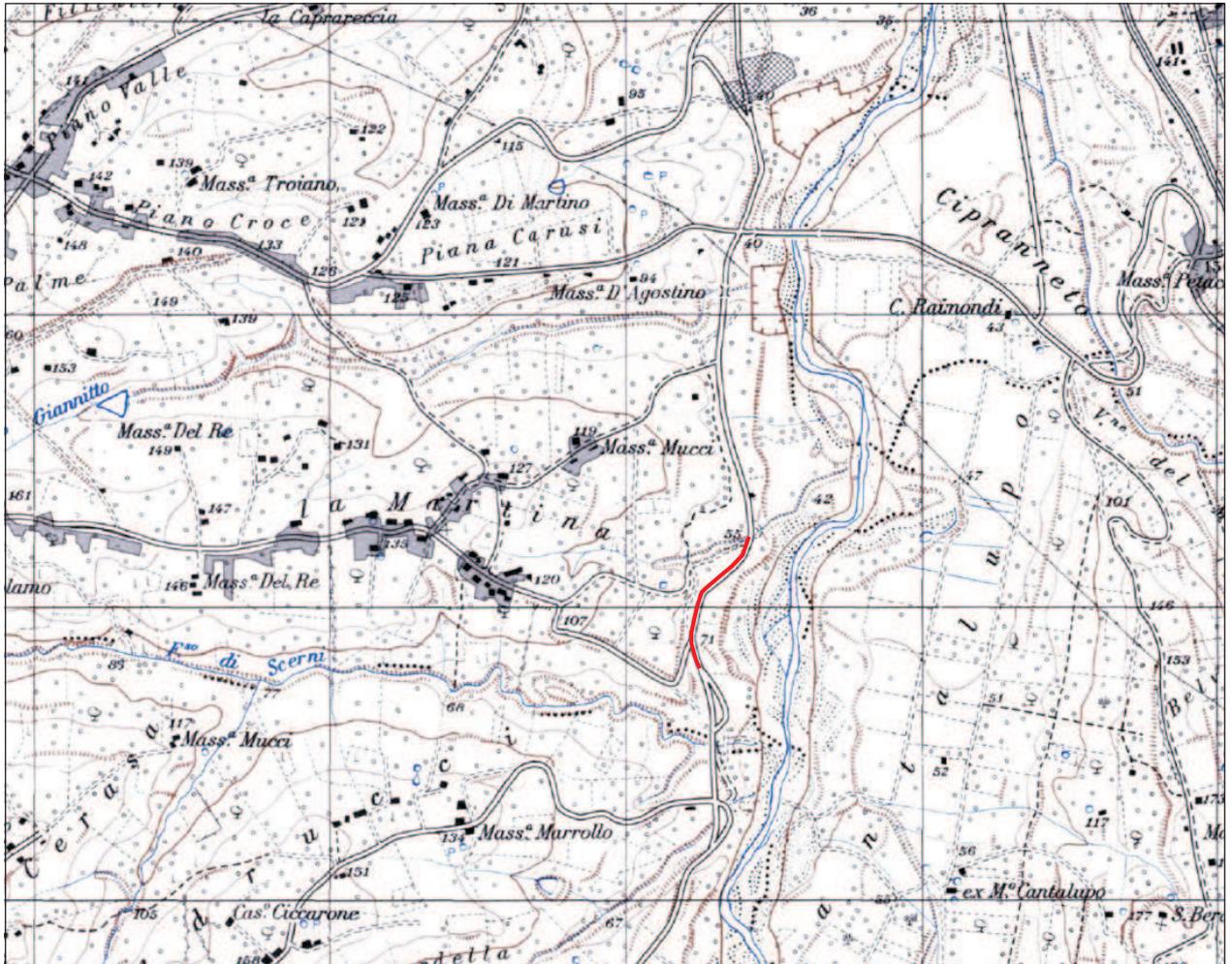
- Accordi G., Carbone F., Civitelli G., Corda L., De Rita D., Esu D., Funicello R., Kotsakis T., Mariotti G., Sposato A. (1988), Note illustrative alla carta delle litofacies del Lazio-Abruzzo ed aree limitrofe. Progetto finalizzato geodinamica. Quaderni de "La ricerca scientifica", 114 vol. 5, C.N.R., Roma.
- Bigi S., Calamita F., Cello G., Centamore E., Deiana G., Paltrinieri W., Ridolfi M. (1996), Evoluzione messiniano-pliocenica del sistema catena-avanfossa dell'area marchigiano-abruzzese esterna. Studi Geologici Camerti vol. spec.1995/1, Camerino, 29-37.
- Bigi S., Calamita F., Centamore E. (1995), Caratteristiche geologico-strutturali dell'area abruzzese ad oriente del G. Sasso: in "Geodinamica e tettonica attiva del sistema Tirreno-Appennino" a cura di Cello G., Deiana G., Pierantoni P.P., Studi Geologici Camerti vol. spec. 1995/2, Camerino, 67-76.
- Bigi S., Cantalamessa G., Centamore E., Didaskalou P., Dramis F., Farabollini P., Gentili B., Invernizzi C., Micarelli A., Nisio S., Pambianchi G., Potetti M. (1995), La fascia periadriatica marchigiano-abruzzese dal Pliocene medio ai tempi attuali: evoluzione tettonico-sedimentaria e geomorfologica, Studi Geol. Camerti, vol. spec. 1995/1, Camerino, 37-49.
- Bosi C., Messina P. (1992), Ipotesi di correlazione fra le successioni plio-pleistoceniche nell'Appennino laziale-abruzzese, Studi Geologici Camerti vol. spec. 1991/2, Camerino, 257-263.
- Casnedi R., Crescenti U., Tonna M. (1984), Evoluzione dell'avanfossa adriatica meridionale nel Plio-Pleistocene sulla base di dati di sottosuolo. Mem. Soc. Geol. It., 34, Roma.
- Catenacci V. (1974), Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100000. Foglio 147 Lanciano, Serv. Geol. d'It., Roma, 8-69.
- Centamore E., Cantalamessa G., Micarelli A., Potetti M., Berti D., Bigi S., Morelli C., Ridolfi M. (1991), Stratigrafia e analisi di facies dei depositi del Miocene e del Pliocene inferiore dell'avanfossa marchigiano-abruzzese e delle zone limitrofe, Studi Geologici Camerti vol. spec. 1991/2, CROP 11, Camerino, 125-131.
- Crescenti U. (1971), Sul limite Miocene-Pliocene in Italia, Geologica Romana X, Roma 1-22.
- Crescenti U. (1969), Stratigrafia della serie dal Lias al Miocene nella regione marchigiano-abruzzese (parte I- Descrizione delle serie stratigrafiche). Mem. Soc. Geol. It. vol. 2, Bologna, 155-204.
- Follador U. (1973), Paleogeografia del Pliocene e del Pleistocene dell'Italia centro-meridionale, versante adriatico, Boll. Soc. Geol. It. 92, Roma.
- Ghisetti F., Vezzani L. (1986), Caratteri stratigrafici e strutturali del settore orientale della catena del Gran Sasso. Carta Geologica, scala 1:50000, Firenze.
- Ghisetti F., Vezzani L. (1996), Geometrie deformative ed evoluzione cinematica dell'Appennino Centrale, Studi Geologici Camerti vol. 24 (1996-1997), Camerino, 127-154.
- Ghisetti F., Vezzani L. (1998), Carta Geologica dell'Abruzzo, scala 1:100000.

ALLEGATI

TOPOGRAFICA

Stralcio dalla Carta dell'I.G.M.I.
Foglio 371 - Tavola Est

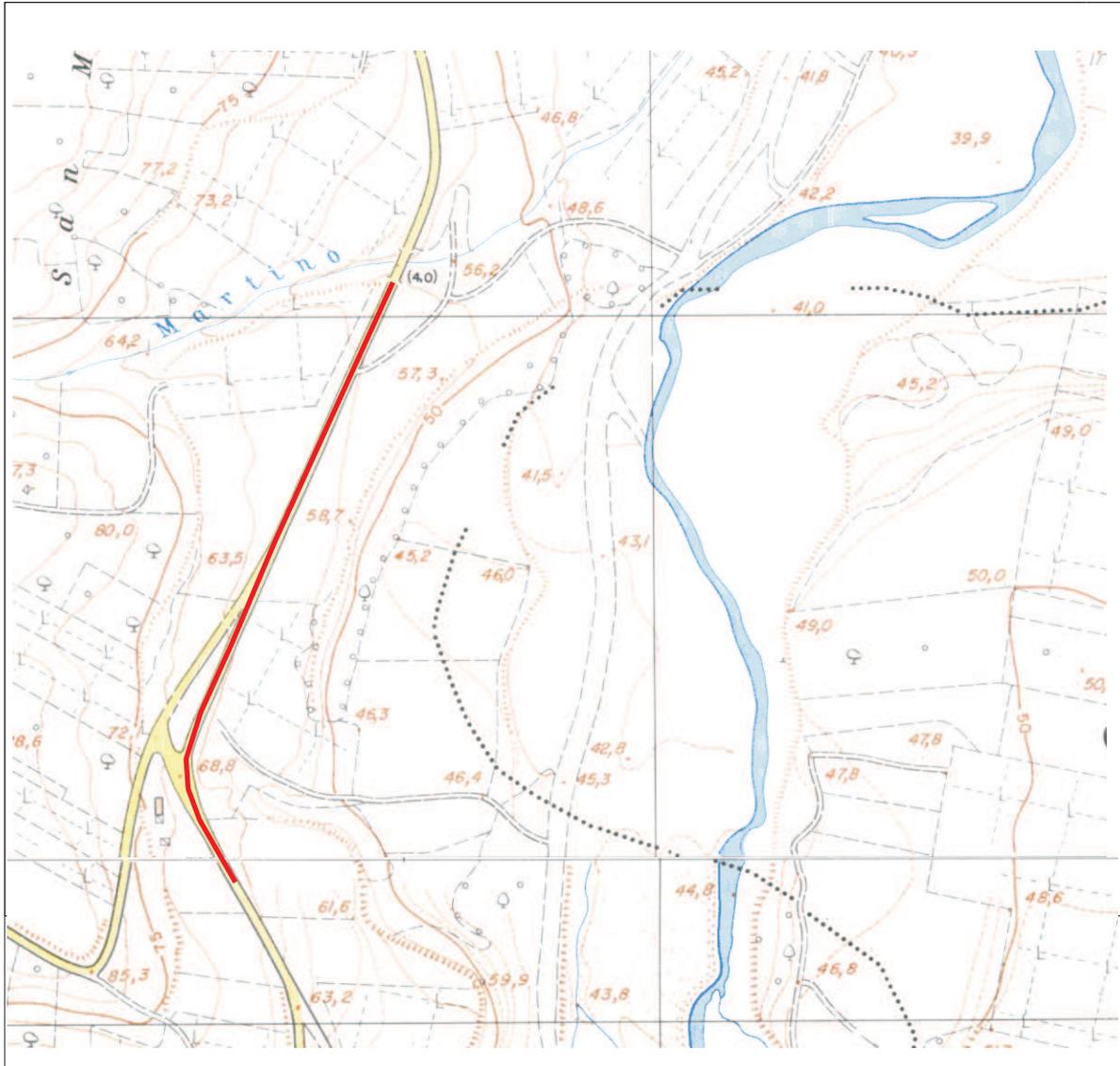
Scala 1:25.000



Tratto stradale in esame

TOPOGRAFIA

Stralcio della Carta Tecnica dell'Italia Meridionale
Foglio n. 371081 in Scala 1:5.000



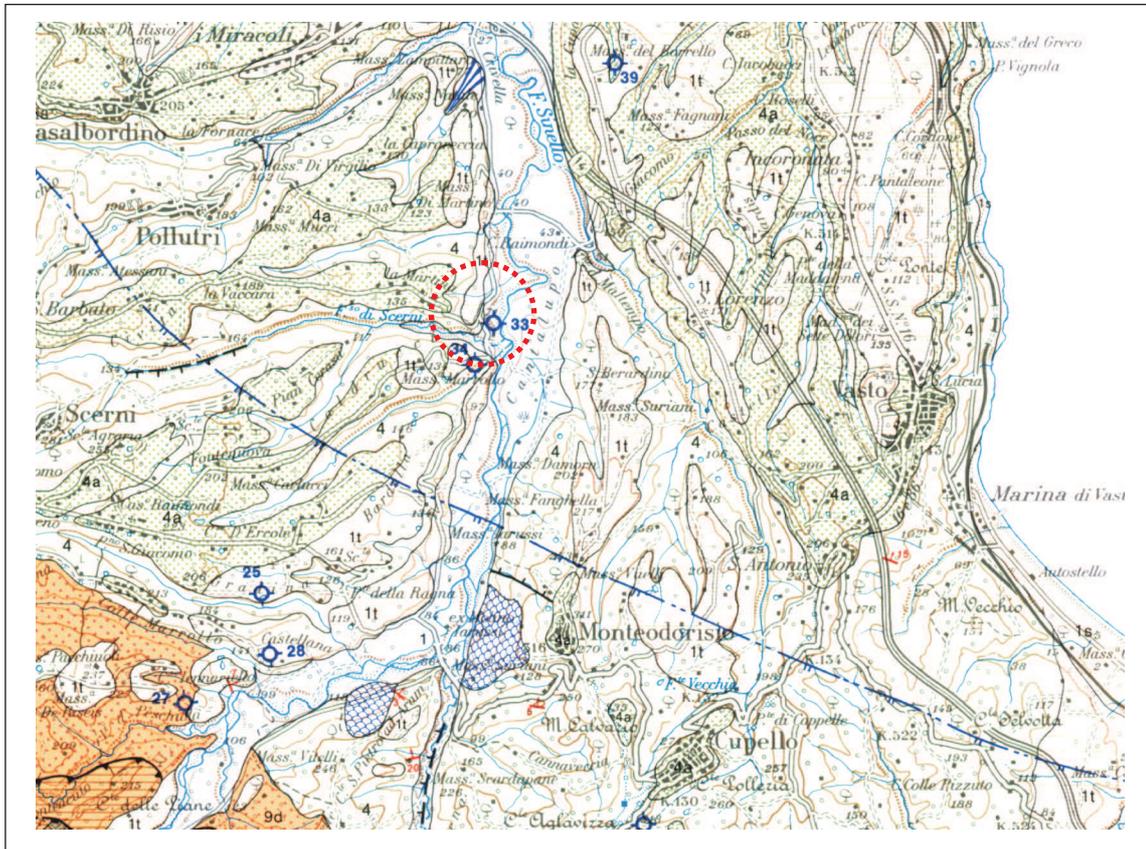
LEGENDA



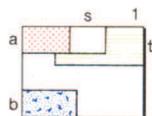
Tratto stradale in esame

CARTA GEOLOGICA

Stralcio dalla Carta di Vezzani & Ghisetti
Scala 1:100.000



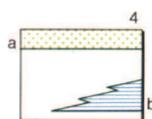
Legenda



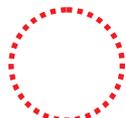
Depositi lacustri argilloso-limoso-sabbiosi; depositi fluviali e fluvio-glaciali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi; travertini (1). Depositi sabbiosi delle pianie costiere (s). Depositi alluvionali terrazzati (t). Detriti di falda e coperture detritico-colluviali; depositi residuali; terre rosse (a). Sedimenti morenici (b). *Olocene - Pleistocene superiore*.

DISCONTINUITA' STRATIGRAFICA

1. DEPOSITI DELL'AVANFOSSA PLOCIENICA E QUATERNARIA



Successione del Pleistocene inferiore p.p.-Pliocene superiore. Prevalenti peliti di piattaforma passanti verso l'alto a sabbie e conglomerati con facies da litorali a fluvio-deltizia a continentali (a, Vasto, Casalbordino, Chieti, Atri, Tortoreto, Colonnella). Alcune decine di metri sopra la base sono presenti 80-100 m di conglomerati e calcareniti organogene (b, **Conglomerati di Turrivalignani**), e lenti di sabbie gialle in *onlap* sulle formazioni sottostanti (San Marco a Nord di Atessa). Zone a *Hyalinia balthica* e a *G. inflata*. Spessore: > 1500 m. *Pleistocene inferiore p.p. - Pleistocene superiore*.



Area oggetto di studio

CARTA GEOMORFOLOGICA DEL PAI

Stralcio del Foglio 371- Tavola Est

Scala 1:25.000



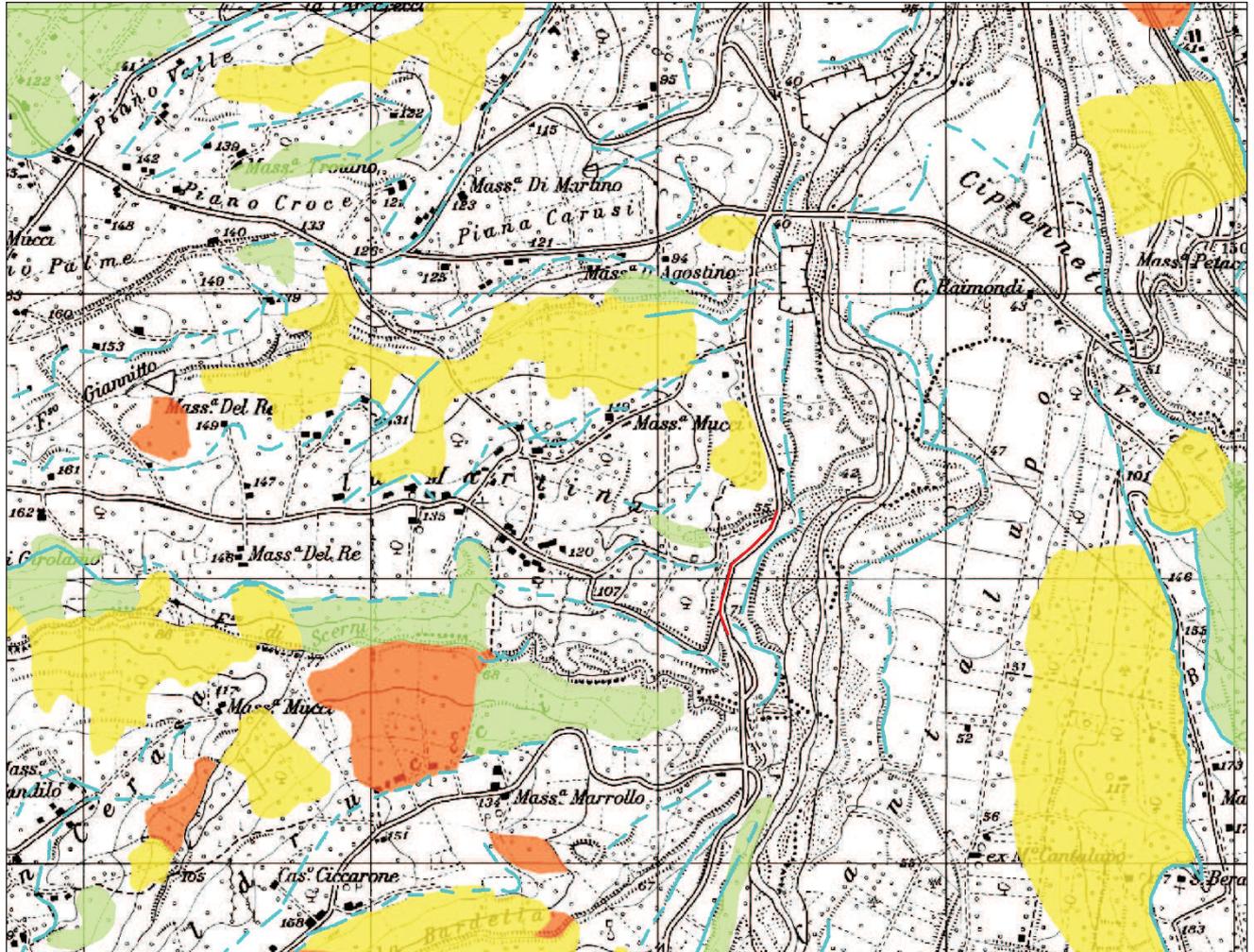
Legenda

		STATO DI ATTIVITA'		
		ATTIVO	QUIESCENTE	NON ATTIVO
FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRANITATIVI DI VERSANTE	Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana			
	Trincea o fessura			
	Frattura di trazione			
	Versante vistosamente interessato da deformazione profonda			
	Versante interessato da deformazioni superficiali lente			
	Corpo di frana di crollo e ribaltamento			
	Corpo di frana di scorrimento			
	(A) Traslativo			
	(S) Rotazionale			
	Corpo di frana di colamento			
	Corpo di frana di genesi complessa (inclusi i fenomeni di trasporto in massa)			
	Piccola frana o gruppo di piccole frane non classificate			
Contropendenza significativa nel corpo di frana				
FORME, PROCESSI E DEPOSITI PER ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI	Orlo di scarpata di erosione fluviale o torrentizia			
	Alveo con erosione laterale o sponda in erosione			
	Alveo con tendenza all'approfondimento			
	Solco da ruscellamento concentrato			
	Superficie a calanchi e forme simili			
	Superficie con forme di dilavamento prevalentemente diffuso			
	Superficie con forme di dilavamento prevalentemente concentrato			
	Conoide alluvionale			
Cono di origine mista				
Depressione palustre				

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DEL PAI

Stralcio del Foglio 371 - Tavola Est

Scala 1:25.000

**Legenda**

- | | | | |
|---|---|---|---|
|  | P3- PERICOLOSITA' MOLTO ELEVATA
Aree interessate da dissesti in attività o riattivati stagionalmente |  | P1-PERICOLOSITA MODERATA
Aree interessate da dissesti con bassa possibilità di attivazione |
|  | P2- PERICOLOSITA ELEVATA
Aree interessate da dissesti con alta possibilità di attivazione |  | AREE IN CUI NON SONO STATI RILEVATI DISSESTI |
|  | Tratto stradale in esame |  | Ps-PERICOLOSITA' DA SCARPATA
aree interessate da Dissesti generati da Scarpate |

PARTICOLARE CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DEL PAI

Stralcio PAI sovrapposto a topografica IGMI e Ortofoto

Fonte Sistema Informativo Territoriale - Regione Abruzzo

Scala 1:5.000



Legenda

- | | | | |
|---|---|---|---|
|  | P3- PERICOLOSITA' MOLTO ELEVATA
Aree interessate da dissesti in attività o riattivati stagionalmente |  | P1-PERICOLOSITA MODERATA
Aree interessate da dissesti con bassa possibilità di attivazione |
|  | P2- PERICOLOSITA ELEVATA
Aree interessate da dissesti con alta possibilità di attivazione |  | AREE IN CUI NON SONO STATI RILEVATI DISSESTI |
|  | Tratto stradale in esame |  | Ps-PERICOLOSITA' DA SCARPATA
aree interessate da Dissesti generati da Scarpate |

CARTA DEL RISCHIO DA FRANA DEL PAI*Stralcio del Foglio 371 - Tavola Est**Scala 1:25.000***Legenda**

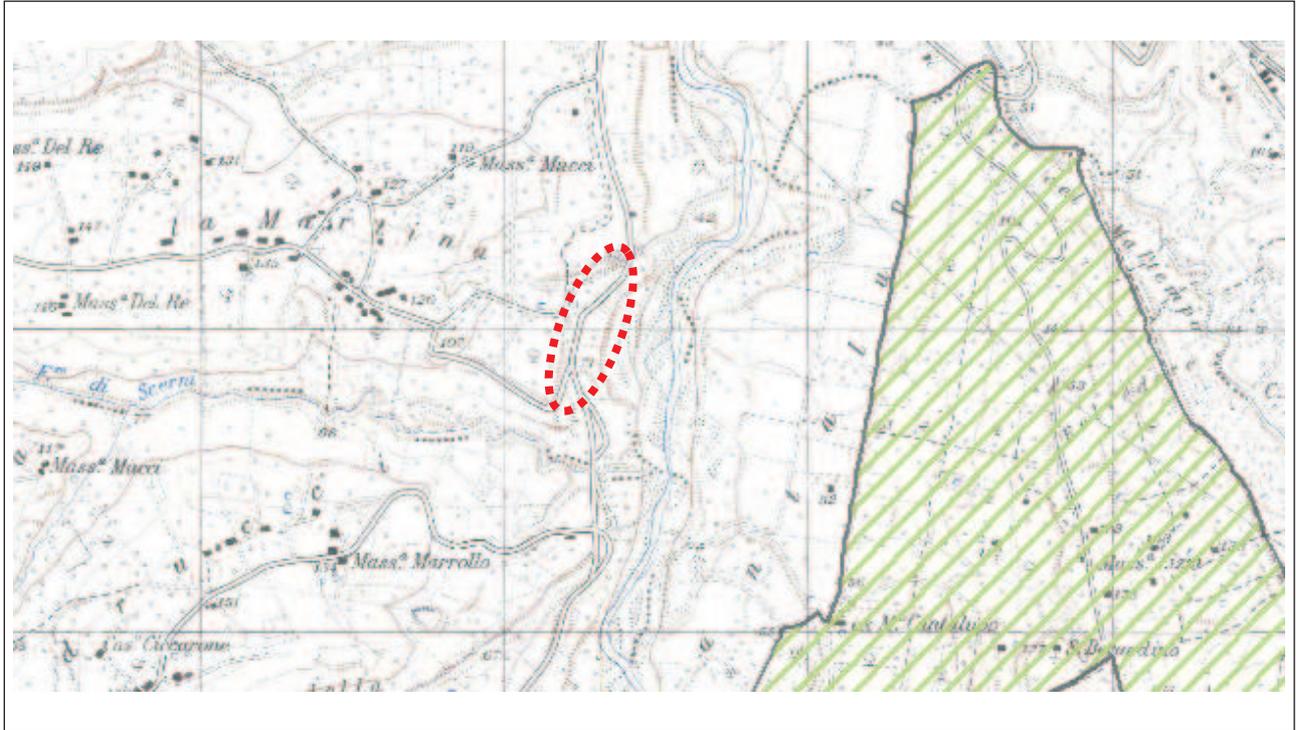
- | | |
|---|---|
| <p> R4-RISCHIO MOLTO ELEVATO
Per il quale sono possibili la perdita delle vite umane e lesioni gravi agli edifici e alle infrastrutture, la distruzione di attività socio-economiche.</p> <p> P3- PERICOLOSITA ELEVATA
Per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, l'interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche.</p> | <p> P2- PERICOLOSITA ELEVATA
Per il quale sono possibili danni minori agli edifici e alle infrastrutture che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività socio-economiche.</p> <p> R1-RISCHIO MODERATO
Per il quale i danni sociali ed economici sono marginali.</p> <p> Tratto stradale in esame</p> |
|---|---|

CARTA DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO

Scala 1:25.000

Fonte Sistema Informativo Territoriale - Regione Abruzzo

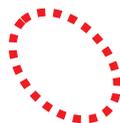
Regio Decreto 30/12/23 n. 3267



Legenda



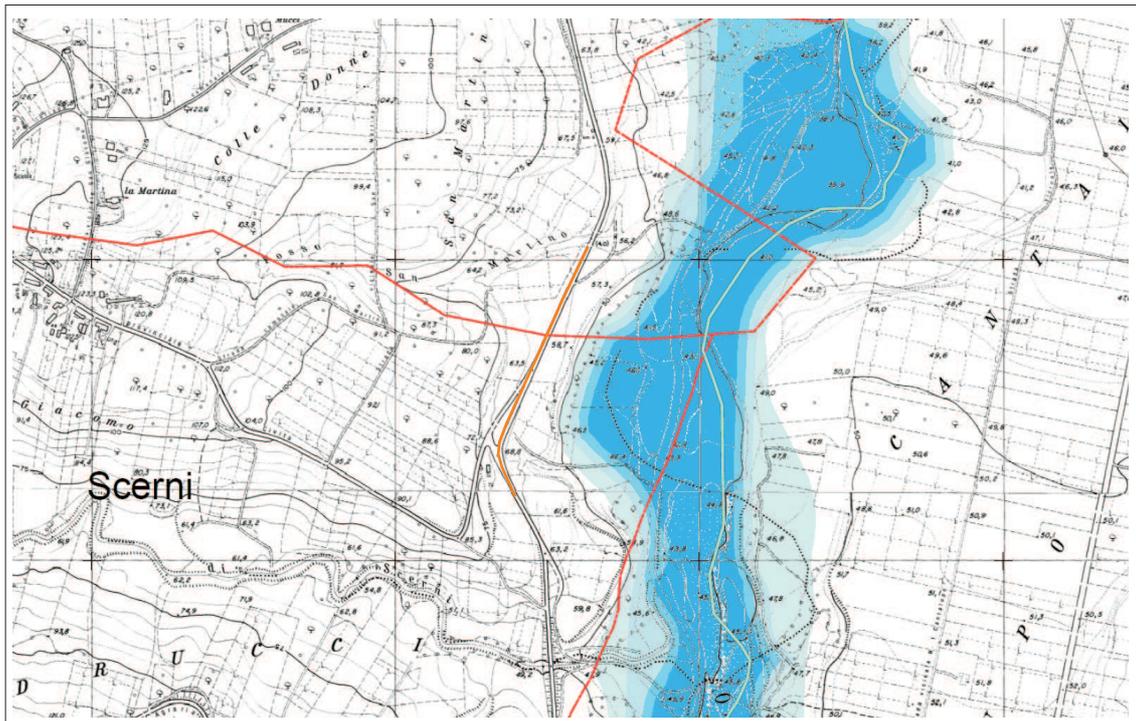
Vincolo Idrogeologico



Area in Esame

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DEL PIANO STRALCIO DIFESA ALLUVIONI

Fonte Sistema Informativo Territoriale - Regione Abruzzo
PSDA Pericolosità *Scala 1:25.000*

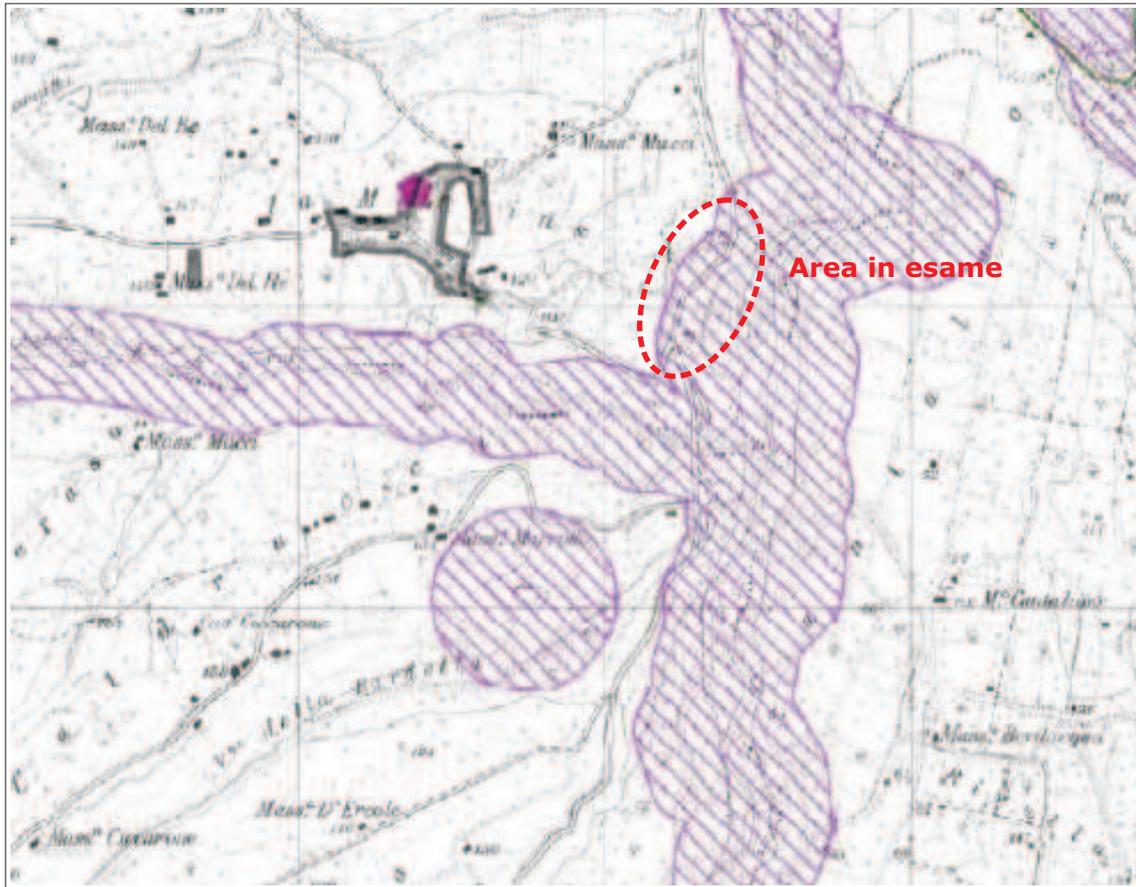


LEGENDA

	PERICOLOSITÀ MOLTO ELEVATA $h_{50} > 1 \text{ m}$ $v_{50} > 1 \text{ m/s}$		PERICOLOSITÀ MEDIA $h_{100} > 0 \text{ m}$
	PERICOLOSITÀ ELEVATA $1 \text{ m} > h_{50} > 0.5 \text{ m}$ $h_{100} > 1 \text{ m}$ $v_{100} > 1 \text{ m/s}$		PERICOLOSITÀ MODERATA $h_{200} > 0 \text{ m}$
	AREE IN CUI NON È STATA RILEVATA PERICOLOSITÀ		Tratto stradale in esame

PIANO PAESAGGISTICO REGIONALE
 CARTA DEI LUOGHI E DEI PAESAGGI
 CARTA DEI VINCOLI

Fonte Sistema Informativo Territoriale - Regione Abruzzo
 Scala 1:25.000



LEGENDA

 Perimetro dei suoli urbani (perimetro dei suoli urbanizzati e da urbanizzare desunti dal PRG)

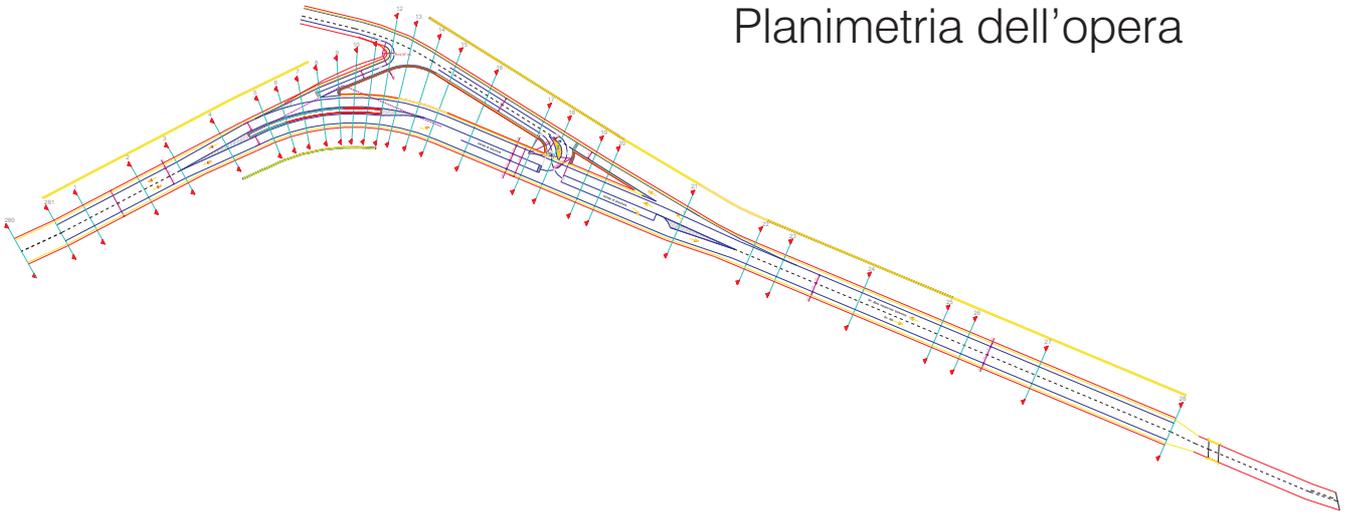
VINCOLI DLgs n. 42/04 e ssmmii

Art. 142
 (vincoli ex L. 431/85)

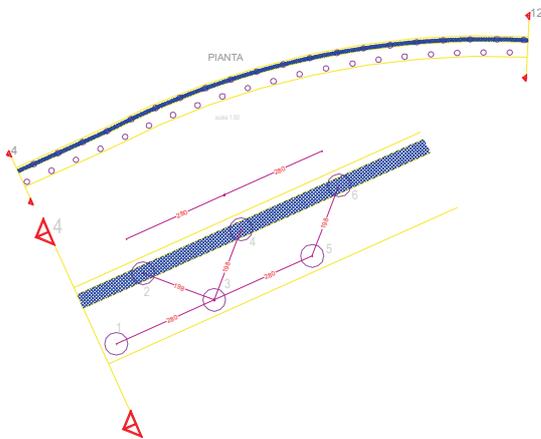
lett. a) Fascia di risp. della costa		lett. g) Boschi	
lett. b) Fascia di risp. dei laghi		lett. h) Università agrarie e usi civici*	
lett. c) Fascia di risp. fiumi e torr.		lett. i) Zone Umide	
lett. d) Montagne oltre i 1200 m slm		lett. m) Zone di interesse archeologico	
lett. e) Ghiacciai			elementi areali
lett. f) Parchi e Riserve			elementi puntuali
			trattore

ELABORATI PROGETTUALI

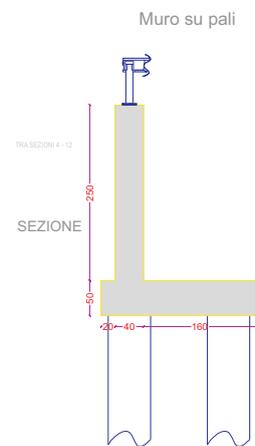
Planimetria dell'opera



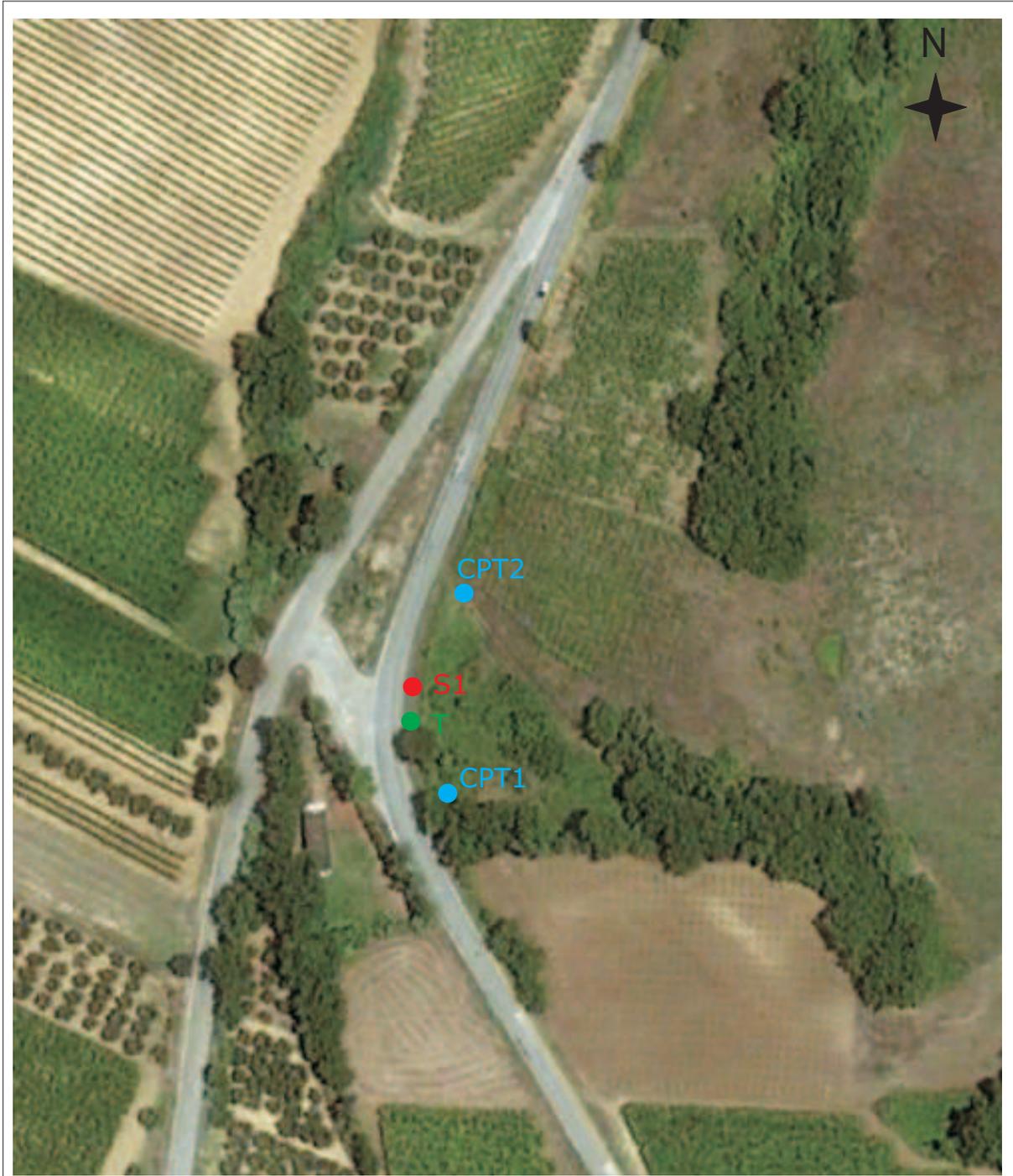
Pianta del muro e dei pali con particolare



Sezione muro e pali



UBICAZIONE DELLE INDAGINI

**Legenda**

- S1 ● Sondaggio geognostico
- CPT1 ● Prove penetrometriche statiche
- T ● Prospezione sismica passiva

Dott. Geol.
Giuseppe Germani

SCHEDA DI SONDAGGIO

ALLEGATO XII

Sigla sondaggio: **S1** Profondità: **mt 20,0** Data esecuzione: **10/01/2012**

Committente: **Amministrazione Provinciale Chieti** Cantiere: **Sistemazione strada Fondovalle Sinello** Località: **La Martina Pollutri (CH)** Lavoro: **Lavori di sistemazione strada consortile FV Sinello** Geologo: **Giuseppe Germani**

Tipo di sonda perforatrice: **CMV** Operatore: **L. Tieri** Metodo di perforazione: **Carotaggio continuo** Fluido di perforazione: **Nessuno** Carotiere: **Carotiere semplice Ø mm 101**

Strumentazione installata: **Nessuna** Prove in foro: **Nessuna** Pozzetto: **No** Campioni (Sh:Shelby; Mz:Mazier; Os:Osterberg; Ds:Disturbato): **C1: Sh da m 7,5 a m 8,0; C2: Ds da m 8,5 a m 9,0**

PROFONDITA' (mt)	SPESSORE (mt)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA	R.Q.D. \ Recupero Carotaggio (%)	Falda	Rivestimento foro	Pocket P.Kg/cm ²	Nipi	Piezometro	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
2.30	2.30		Materiale di riporto. I primi 50 cm sono costituiti da un suolo bruno di natura argilloso-limosa con presenza di ghiaietto fine. Da 50 cm a 2,30 m si rinvencono ciottoli di natura calcarea, da subarrotondati a subangolosi, da centimetrici a decimetrici in matrice argilloso-limosa bruna.							
2.70	2.70		Argille sabbiose, moderatamente consistenti, brune, con venature rossastre. In esse sono presenti livelli sabbiosi grossolani e ghiaietto fine poco addensati di colore variabile da bruno - rossastro ad avana. Presenza sporadica di ciottoli decimetrici subarrotondati e di concrezioni calcaree di colore bianco.							
5.00	5.00		Le argille sabbiose diventano più consistenti e aumenta la presenza di venature policrome. Livello a maggior contenuto ghiaioso compreso Tra 7,50 e 8,20 m. Tra 8,00 e 10,00 m i ciottoli sono rari, ma persiste la presenza di livelli di ghiaietto, di sabbia grossolana e di concrezioni calcaree di colore bianco. Da 10,00 m si assiste all'aumento della frazione sabbiosa e cominciano a comparire venature grigiastre.							
13.30	13.30		Argille grigio-azzurre molto consistenti. Il passaggio avviene tra 13,30 e 14,00 m, le argille diventano di colore grigiastro e contengono livelli sabbiosi ocra. Da 14 m in poi i livelli sabbiosi sono sempre più rari e da ocra diventano di colore grigiastro. I livelli sabbiosi si presentano poco addensati.							
20.00	20.00		Da 16 m i livelli sabbiosi grigi sono sempre più rari. Mentre, aumenta la percentuale della frazione argillosa grigia che si presenta sempre più consistente.							

ALLEGATO XIII:

Certificato CPT

Prove penetrometriche statiche

N. Certificato 12/2012

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

Committente: Amministrazione Provinciale di Chieti
Cantiere: Sistemazione FV Sinello
Località: Loc. La Martina - Casalbordino (CH)

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PAGANI TG63-200 kN

Area punta	10
Angolo di apertura punta (°)	60
Diametro Punta conica meccanica (mm)	35,7
Velocità di avanzamento standard (cm/s)	2
Superficie manicotto	150
Costante di trasformazione Ct	10

Responsabile di Sito

Dott. Geol. Angelo Angelucci

Direttore Laboratorio

Dott. Geol. Gianluca Maccarone

N. Certificato 12/01/2012

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... PAGANI TG 63 (200 kN)
 Prova eseguita in data 11/01/2012
 Profondità prova 15.00 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	0.00	2.80	0.00	
0.40	130.0	172.0	130.14	2.80	46.48	2.15
0.60	52.0	94.0	52.14	2.60	20.05	4.99
0.80	45.0	84.0	45.14	3.07	14.70	6.80
1.00	48.0	94.0	48.14	3.80	12.67	7.89
1.20	50.0	107.0	50.28	3.47	14.49	6.90
1.40	51.0	103.0	51.28	3.27	15.68	6.38
1.60	47.0	96.0	47.28	3.67	12.88	7.76
1.80	54.0	109.0	54.28	3.60	15.08	6.63
2.00	60.0	114.0	60.28	4.33	13.92	7.18
2.20	55.0	120.0	55.41	4.53	12.23	8.18
2.40	57.0	125.0	57.41	4.13	13.90	7.19
2.60	48.0	110.0	48.41	5.00	9.68	10.33
2.80	49.0	124.0	49.41	4.67	10.58	9.45
3.00	51.0	121.0	51.41	4.27	12.04	8.31
3.20	54.0	118.0	54.55	5.13	10.63	9.40
3.40	63.0	140.0	63.55	6.00	10.59	9.44
3.60	86.0	176.0	86.55	7.13	12.14	8.24
3.80	114.0	221.0	114.55	8.87	12.91	7.74
4.00	133.0	266.0	133.55	8.07	16.55	6.04
4.20	119.0	240.0	119.69	8.73	13.71	7.29
4.40	113.0	244.0	113.69	7.20	15.79	6.33
4.60	92.0	200.0	92.69	6.73	13.77	7.26
4.80	106.0	207.0	106.69	6.60	16.17	6.19
5.00	105.0	204.0	105.69	6.87	15.38	6.50
5.20	107.0	210.0	107.83	6.87	15.70	6.37
5.40	111.0	214.0	111.83	7.20	15.53	6.44
5.60	85.0	193.0	85.83	6.20	13.84	7.22
5.80	98.0	191.0	98.83	6.27	15.76	6.34
6.00	112.0	206.0	112.83	6.67	16.92	5.91
6.20	88.0	188.0	88.97	5.67	15.69	6.37
6.40	86.0	171.0	86.97	4.60	18.91	5.29
6.60	65.0	134.0	65.97	4.53	14.56	6.87
6.80	60.0	128.0	60.97	4.20	14.52	6.89
7.00	69.0	132.0	69.97	4.13	16.94	5.90
7.20	72.0	134.0	73.10	4.73	15.45	6.47
7.40	67.0	138.0	68.10	4.33	15.73	6.36
7.60	65.0	130.0	66.10	4.47	14.79	6.76
7.80	66.0	133.0	67.10	3.80	17.66	5.66
8.00	71.0	128.0	72.10	3.47	20.78	4.81
8.20	68.0	120.0	69.24	3.60	19.23	5.20
8.40	58.0	112.0	59.24	3.27	18.12	5.52
8.60	62.0	111.0	63.24	3.33	18.99	5.27
8.80	79.0	129.0	80.24	4.20	19.10	5.23
9.00	64.0	127.0	65.24	5.20	12.55	7.97
9.20	73.0	151.0	74.38	4.00	18.60	5.38
9.40	80.0	140.0	81.38	4.07	20.00	5.00
9.60	76.0	137.0	77.38	4.73	16.36	6.11
9.80	75.0	146.0	76.38	5.07	15.07	6.64
10.00	76.0	152.0	77.38	5.13	15.08	6.63
10.20	79.0	156.0	80.52	5.73	14.05	7.12

N. Certificato 12/01/2012

10.40	92.0	178.0	93.52	6.20	15.08	6.63
10.60	73.0	166.0	74.52	6.53	11.41	8.76
10.80	80.0	178.0	81.52	5.73	14.23	7.03
11.00	94.0	180.0	95.52	6.47	14.76	6.77
11.20	92.0	189.0	93.66	6.27	14.94	6.69
11.40	87.0	181.0	88.66	6.13	14.46	6.91
11.60	91.0	183.0	92.66	6.80	13.63	7.34
11.80	99.0	201.0	100.66	7.27	13.85	7.22
12.00	96.0	205.0	97.66	5.67	17.22	5.81
12.20	123.0	208.0	124.79	6.93	18.01	5.55
12.40	101.0	205.0	102.79	5.53	18.59	5.38
12.60	98.0	181.0	99.79	6.00	16.63	6.01
12.80	101.0	191.0	102.79	6.73	15.27	6.55
13.00	100.0	201.0	101.79	5.67	17.95	5.57
13.20	107.0	192.0	108.93	6.53	16.68	5.99
13.40	107.0	205.0	108.93	6.73	16.19	6.18
13.60	93.0	194.0	94.93	6.47	14.67	6.82
13.80	89.0	186.0	90.93	6.80	13.37	7.48
14.00	97.0	199.0	98.93	6.53	15.15	6.60
14.20	94.0	192.0	96.07	6.60	14.56	6.87
14.40	90.0	189.0	92.07	5.67	16.24	6.16
14.60	105.0	190.0	107.07	6.60	16.22	6.16
14.80	96.0	195.0	98.07	6.73	14.57	6.86
15.00	100.0	201.0	102.07	0.00		0.00

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.60	60.76	2.73	1.47	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
3.20	51.79	4.07	2.13	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
6.40	101.86	6.86	2.24	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
9.60	69.61	4.13	2.18	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
15.00	95.65	6.02	2.22	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata secondo la correlazione di Baligh ed altri 1980 $N_k=30$

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.60	60.76	2.73	4.410001E-02	4.410001E-02	2.02
Strato 2	3.20	51.79	4.07	0.3651	0.3651	1.71
Strato 3	6.40	101.86	6.86	1.0004	1.0004	3.36
Strato 4	9.60	69.61	4.13	1.7076	1.7076	2.26
Strato 5	15.00	95.65	6.02	2.6558	2.6558	3.10

Modulo Edometrico secondo la correlazione di Metodo generale del modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0.60	60.76	2.73	4.410001E-02	4.410001E-02	121.52
Strato 2	3.20	51.79	4.07	0.3651	0.3651	103.58
Strato 3	6.40	101.86	6.86	1.0004	1.0004	203.72
Strato 4	9.60	69.61	4.13	1.7076	1.7076	139.22
Strato 5	15.00	95.65	6.02	2.6558	2.6558	191.30

Peso unità di volume saturo secondo la correlazione di Meyerhof

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.60	60.76	2.73	4.410001E-02	4.410001E-02	2.17
Strato 2	3.20	51.79	4.07	0.3651	0.3651	2.14
Strato 3	6.40	101.86	6.86	1.0004	1.0004	2.26
Strato 4	9.60	69.61	4.13	1.7076	1.7076	2.19
Strato 5	15.00	95.65	6.02	2.6558	2.6558	2.24

TERRENI INCOERENTI

Angolo di resistenza al taglio secondo la correlazione di Herminier

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Angolo d'attrito (°)
Strato 3	6.40	101.86	6.86	1.0004	1.0004	28.02
Strato 4	9.60	69.61	4.13	1.7076	1.7076	24.00
Strato 5	15.00	95.65	6.02	2.6558	2.6558	23.68

Modulo Edometrico secondo la correlazione di Buisman - Sanglerat

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	0.60	60.76	2.73	4.410001E-02	4.410001E-02	91.14
Strato 3	6.40	101.86	6.86	1.0004	1.0004	152.79
Strato 4	9.60	69.61	4.13	1.7076	1.7076	104.42
Strato 5	15.00	95.65	6.02	2.6558	2.6558	143.48

Coefficiente di consolidazione secondo la correlazione di Piacentini-Righi 1988

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	0.60	60.76	2.73	4.410001E-02	4.410001E-02	9.505844E-05
Strato 2	3.20	51.79	4.07	0.3651	0.3651	1.5537E-06
Strato 3	6.40	101.86	6.86	1.0004	1.0004	3.0558E-06
Strato 4	9.60	69.61	4.13	1.7076	1.7076	2.0883E-06
Strato 5	15.00	95.65	6.02	2.6558	2.6558	2.8695E-06

N. Certificato 12/02/2012

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... PAGANI TG 63 (200 kN)
 Prova eseguita in data 11/01/2012
 Profondità prova 15.00 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	0.00	0.80	0.00	
0.40	12.0	24.0	12.14	1.07	11.35	8.81
0.60	13.0	29.0	13.14	1.20	10.95	9.13
0.80	15.0	33.0	15.14	0.93	16.28	6.14
1.00	18.0	32.0	18.14	1.33	13.64	7.33
1.20	19.0	39.0	19.28	1.33	14.50	6.90
1.40	21.0	41.0	21.28	1.00	21.28	4.70
1.60	20.0	35.0	20.28	1.87	10.84	9.22
1.80	24.0	52.0	24.28	1.67	14.54	6.88
2.00	23.0	48.0	23.28	1.33	17.50	5.71
2.20	40.0	60.0	40.41	2.53	15.97	6.26
2.40	35.0	73.0	35.41	2.07	17.11	5.85
2.60	29.0	60.0	29.41	2.47	11.91	8.40
2.80	33.0	70.0	33.41	2.33	14.34	6.97
3.00	29.0	64.0	29.41	2.47	11.91	8.40
3.20	28.0	65.0	28.55	1.93	14.79	6.76
3.40	31.0	60.0	31.55	1.40	22.54	4.44
3.60	39.0	60.0	39.55	2.00	19.78	5.06
3.80	31.0	61.0	31.55	2.27	13.90	7.19
4.00	33.0	67.0	33.55	2.47	13.58	7.36
4.20	35.0	72.0	35.69	2.47	14.45	6.92
4.40	39.0	76.0	39.69	2.27	17.48	5.72
4.60	46.0	80.0	46.69	3.27	14.28	7.00
4.80	43.0	92.0	43.69	3.47	12.59	7.94
5.00	43.0	95.0	43.69	2.93	14.91	6.71
5.20	49.0	93.0	49.83	3.40	14.66	6.82
5.40	46.0	97.0	46.83	3.40	13.77	7.26
5.60	49.0	100.0	49.83	2.73	18.25	5.48
5.80	63.0	104.0	63.83	3.40	18.77	5.33
6.00	47.0	98.0	47.83	3.00	15.94	6.27
6.20	45.0	90.0	45.97	3.07	14.97	6.68
6.40	41.0	87.0	41.97	3.33	12.60	7.93
6.60	44.0	94.0	44.97	3.60	12.49	8.01
6.80	48.0	102.0	48.97	4.00	12.24	8.17
7.00	56.0	116.0	56.97	4.40	12.95	7.72
7.20	57.0	123.0	58.10	4.47	13.00	7.69
7.40	53.0	120.0	54.10	4.27	12.67	7.89
7.60	49.0	113.0	50.10	3.60	13.92	7.19
7.80	51.0	105.0	52.10	3.27	15.93	6.28
8.00	49.0	98.0	50.10	3.80	13.18	7.58
8.20	58.0	115.0	59.24	3.40	17.42	5.74
8.40	37.0	88.0	38.24	2.60	14.71	6.80
8.60	36.0	75.0	37.24	3.07	12.13	8.24
8.80	49.0	95.0	50.24	3.00	16.75	5.97
9.00	37.0	82.0	38.24	2.60	14.71	6.80
9.20	42.0	81.0	43.38	2.93	14.81	6.75
9.40	52.0	96.0	53.38	2.80	19.06	5.25
9.60	52.0	94.0	53.38	3.33	16.03	6.24
9.80	53.0	103.0	54.38	3.20	16.99	5.88
10.00	57.0	105.0	58.38	3.47	16.82	5.94
10.20	61.0	113.0	62.52	2.20	28.42	3.52

N. Certificato 12/02/2012

10.40	77.0	110.0	78.52	4.13	19.01	5.26
10.60	69.0	131.0	70.52	4.93	14.30	6.99
10.80	126.0	200.0	127.52	4.80	26.57	3.76
11.00	63.0	135.0	64.52	3.40	18.98	5.27
11.20	77.0	128.0	78.66	4.33	18.17	5.50
11.40	66.0	131.0	67.66	3.40	19.90	5.03
11.60	55.0	106.0	56.66	3.73	15.19	6.58
11.80	74.0	130.0	75.66	3.60	21.02	4.76
12.00	70.0	124.0	71.66	3.80	18.86	5.30
12.20	76.0	133.0	77.79	4.27	18.22	5.49
12.40	65.0	129.0	66.79	4.20	15.90	6.29
12.60	61.0	124.0	62.79	3.73	16.83	5.94
12.80	78.0	134.0	79.79	3.67	21.74	4.60
13.00	71.0	126.0	72.79	4.07	17.88	5.59
13.20	76.0	137.0	77.93	4.27	18.25	5.48
13.40	75.0	139.0	76.93	4.27	18.02	5.55
13.60	77.0	141.0	78.93	4.40	17.94	5.57
13.80	79.0	145.0	80.93	4.93	16.42	6.09
14.00	75.0	149.0	76.93	5.00	15.39	6.50
14.20	80.0	155.0	82.07	5.00	16.41	6.09
14.40	77.0	152.0	79.07	4.80	16.47	6.07
14.60	81.0	153.0	83.07	4.87	17.06	5.86
14.80	84.0	157.0	86.07	5.13	16.78	5.96
15.00	91.0	168.0	93.07	0.00		0.00

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.80	13.47	1.07	1.90	Incoerente-Coesivo	Argille organiche e terreni misti
3.20	26.93	1.86	2.02	Incoerente-Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
10.20	47.31	3.11	2.11	Incoerente-Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
15.00	74.27	4.23	2.19	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata secondo la correlazione di Baligh ed altri 1980 $N_k=30$

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.80	13.47	1.07	7.600001E-02	7.600001E-02	0.45
Strato 2	3.20	26.93	1.86	0.3944	0.3944	0.88
Strato 3	10.20	47.31	3.11	1.3753	1.3753	1.53
Strato 4	15.00	74.27	4.23	2.6394	2.6394	2.39

Modulo Edometrico secondo la correlazione di Metodo generale del modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0.80	13.47	1.07	7.600001E-02	7.600001E-02	48.11
Strato 2	3.20	26.93	1.86	0.3944	0.3944	53.86
Strato 3	10.20	47.31	3.11	1.3753	1.3753	94.62
Strato 4	15.00	74.27	4.23	2.6394	2.6394	148.54

Peso unità di volume saturo secondo la correlazione di Meyerhof

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.80	13.47	1.07	7.600001E-02	7.600001E-02	1.92
Strato 2	3.20	26.93	1.86	0.3944	0.3944	2.03
Strato 3	10.20	47.31	3.11	1.3753	1.3753	2.12
Strato 4	15.00	74.27	4.23	2.6394	2.6394	2.20

TERRENI INCOERENTI

Angolo di resistenza al taglio secondo la correlazione di Herminier

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	3.20	26.93	1.86	0.3944	0.3944	25.75
Strato 3	10.20	47.31	3.11	1.3753	1.3753	23.54
Strato 4	15.00	74.27	4.23	2.6394	2.6394	23.11

Modulo Edometrico secondo la correlazione di Buisman - Sanglerat

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	0.80	13.47	1.07	7.600001E-02	7.600001E-02	67.35
Strato 2	3.20	26.93	1.86	0.3944	0.3944	134.65
Strato 3	10.20	47.31	3.11	1.3753	1.3753	70.97
Strato 4	15.00	74.27	4.23	2.6394	2.6394	111.40

Coefficiente di consolidazione secondo la correlazione di Piacentini-Righi 1988

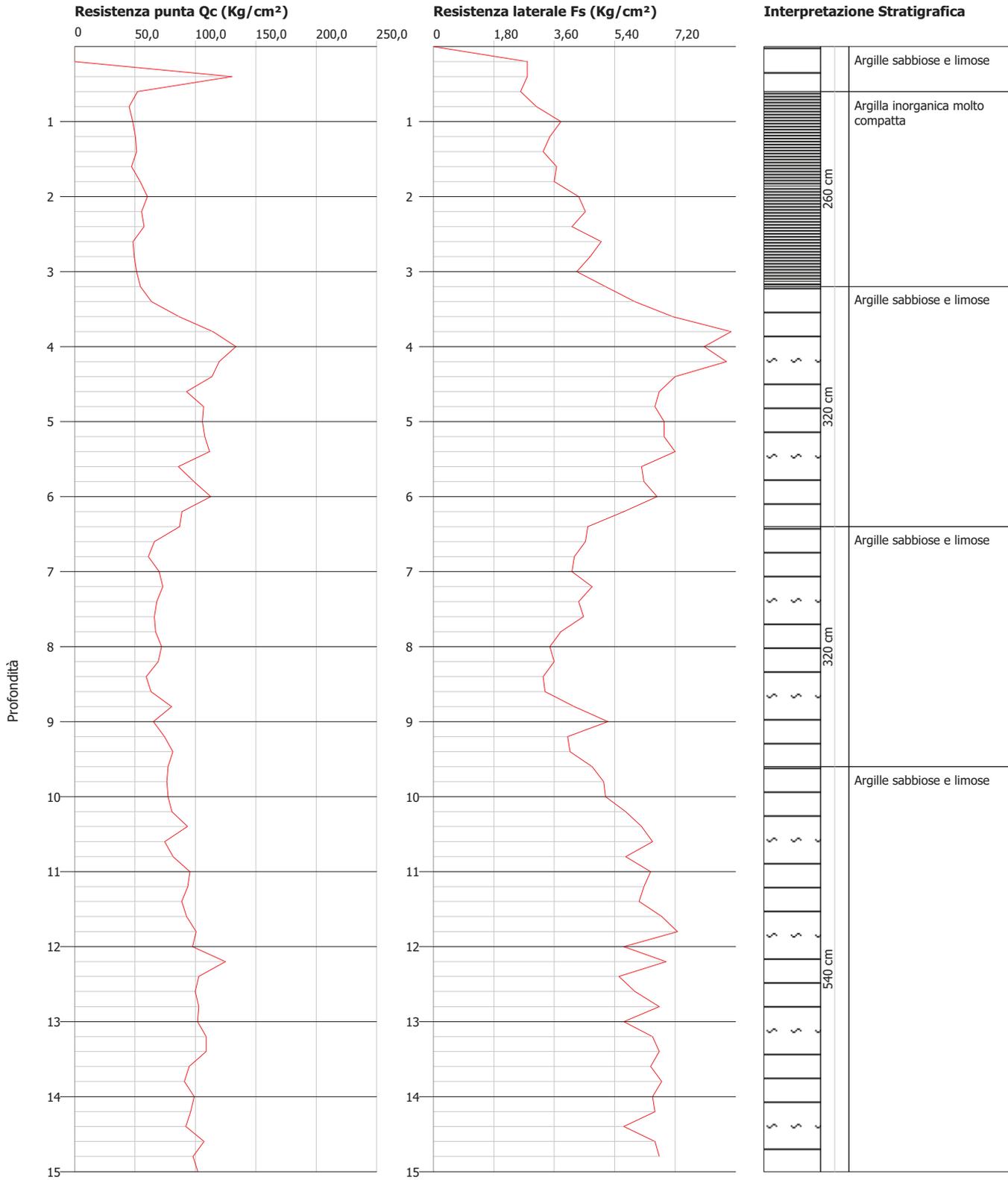
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	0.80	13.47	1.07	7.600001E-02	7.600001E-02	4.041E-07
Strato 2	3.20	26.93	1.86	0.3944	0.3944	8.079E-07
Strato 3	10.20	47.31	3.11	1.3753	1.3753	1.4193E-06
Strato 4	15.00	74.27	4.23	2.6394	2.6394	2.2281E-06

Probe CPT - Cone Penetration Nr.1
Strumento utilizzato... PAGANI TG 63 (200 kN)
Diagramma Resistenze qc fs

Committente : Dott. Geol. Giuseppe Germani - Amm. Provinciale di Chieti
Cantiere : Sistemazione FV Sinello
Località : Loc. La Martina - Casalbordino (CH)

Data :11/01/2012

Scala 1:75

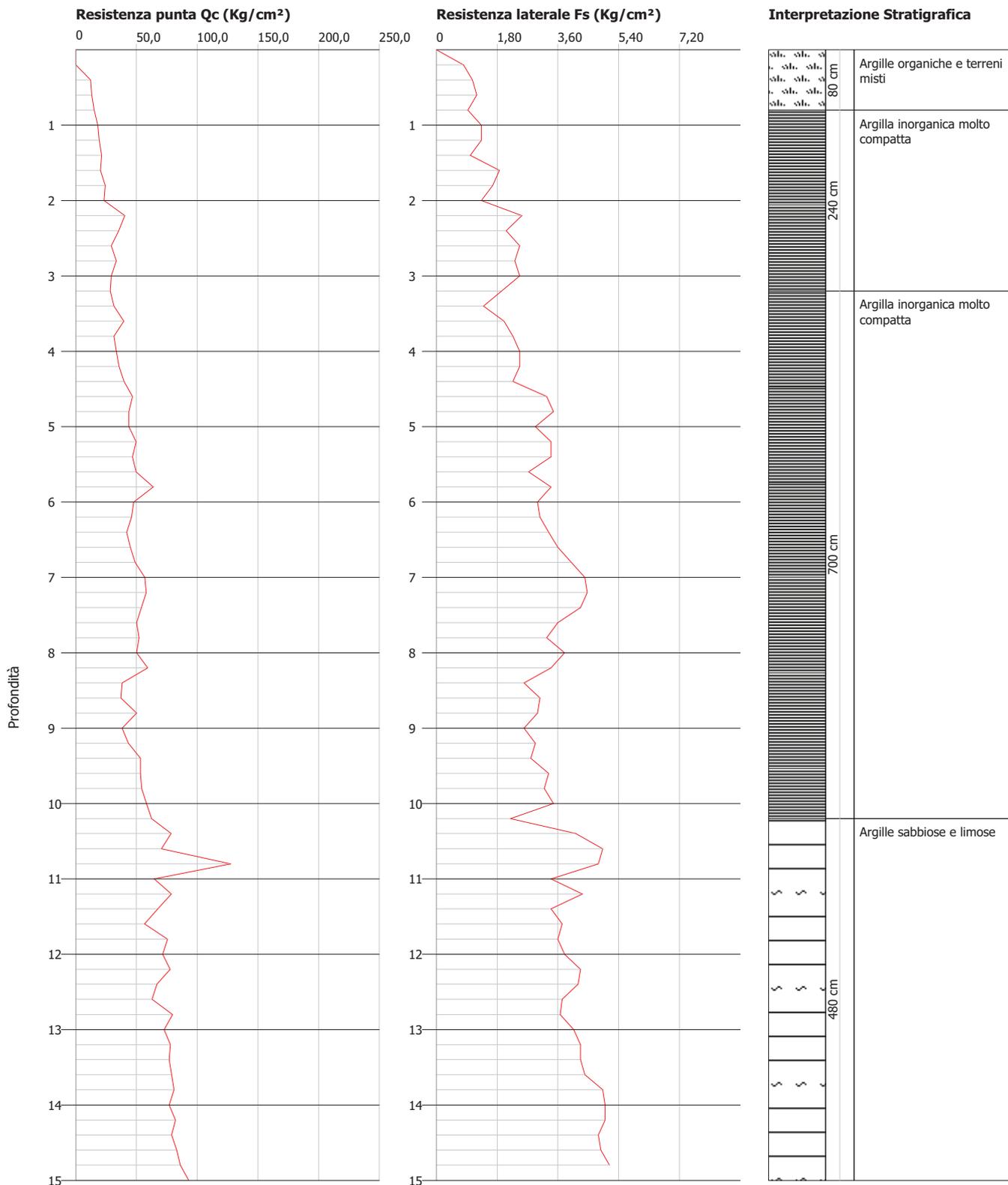


Probe CPT - Cone Penetration Nr.2
Strumento utilizzato... PAGANI TG 63 (200 kN)
Diagramma Resistenze qc fs

Committente : Dott. Geol. Giuseppe Germani - Amm. Provinciale di Chieti
Cantiere : Sistemazione FV Sinello
Località : Loc. La Martina - Casalbordino (CH)

Data :11/01/2012

Scala 1:75



ALLEGATO XIV:

Certificati delle Prove di laboratorio



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Autorizzazione a svolgere attività di prova e certificazione per prove geotecniche sui terreni ed in sito

Decreto 8502 del 22/12/2009

APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE

Certificato n°: 3655 del 02/02/2012
Foglio 1 di 1

Verbale Accettazione n°: 00254 del 10/01/2012 Sigla campione: 00737
Committente: Dott. Geol. Germani Giuseppe Cantiere: Amm.ne Prov.le di Chieti - S.P. Fondovalle Sinello
Sondaggio n°: S1 Profondità m: 7,5 - 8,0 Data prelievo: 10/01/2012
Data inizio prova: 16/01/2012 Data fine prova: 16/01/2012

Normativa di riferimento: ASTM D 2488, Raccomandazioni AGI 1994, ASTM D 4648

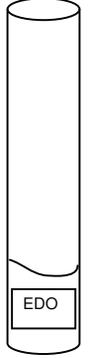
Procedura di prova Rif. MQ: PQ 02/L

Tipo contenitore: fustella metallica Stato campione: ~~Disturbato~~ / Indisturbato
Lunghezza (cm): - Diametro "Φ"(mm): 86 Modalità di prelievo: campionatore Shelby

Descrizione: Ghiaia e ciottoli in matrice limoso argillosa di colore nocciola verdastro. Clasti calcarei da arrotondati a sub arrotondati di diametro massimo 8 cm. Terreno a grana fina (limoso argilloso) nella porzione più profonda del campione.

CLASSE DEL CAMPIONE (Racc. AGI 1994)	CONSISTENZA (ASTM D 2488-93)	Rp (kPa)	STUTTURA (ASTM D 2488-93)
<input type="checkbox"/> Q1 Disturbati o rimaneggiati	Molto tenero	≤ 40	Stratificata
<input type="checkbox"/> Q2 Disturbati o rimaneggiati	Tenero	40 ÷ 80	Laminata
<input type="checkbox"/> Q3 Disturbati o rimaneggiati	Consistente	80 ÷ 150	Fessurata
<input type="checkbox"/> Q4 Disturbo limitato	Molto consistente	150 ÷ 300	Levigata
<input checked="" type="checkbox"/> Q5 Indisturbati	Duro	≥ 300	Scagliosa
			Lenticolare
			Omogenea

UMIDITA' (ASTM D2488-93)	PLASTICITA' (ASTM D 2488-93)	GRADO DI CEMENTAZIONE (ASTM D 2488-93)	REAZIONE CON HCl (ASTM D 2488-93)
<input checked="" type="checkbox"/> Secco	Non plastico	<input checked="" type="checkbox"/> Debole	Nulla
<input type="checkbox"/> Umido	Poco plastico	<input type="checkbox"/> Moderato	Debole
<input type="checkbox"/> Saturo	Mediamente plastico	<input type="checkbox"/> Elevato	Alta
	Molto plastico		

Profondità (m)	Note	Prove eseguite	Pocket Penetrometer (kPa)	Vane Test (kPa) (ASTM D 4648-94)
-	ghiaie e ciottoli			
-	 porzione di campione limoso argilloso	Prova edometrica		

Osservazioni: Incertezze di misura e/o anomalie riscontrate:

Lo Sperimentatore

Dott. Geol. Angelo Ricci

Il Direttore

Dott. Geol. Renato Ricci

Mod. CEAC Rev 02



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
 Autorizzazione a svolgere attività di prova e certificazione per prove geotecniche sui terreni ed in sito
 Decreto 8502 del 22/12/2009

PROVA EDOMETRICA AD INCREMENTI DI CARICO

Certificato n° 3656 del 02/02/12

Foglio 1 di 3

Verbale Accettazione n°: 00254 del 10/01/2012 Sigla campione: 00737
 Committente: Dott. Geol. Germani Giuseppe Cantiere: Amm.ne Prov.le di Chieti - S.P. Fondovalle Sinello
 Sondaggio n°: S1 Profondità m: 7,5 - 8,0 Data prelievo: 10/01/2012
 Data inizio prova: 19/01/2012 Data fine prova: 02/02/2012

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-5

Procedura di prova Rif. MQ: PQ 11/L

Classe campione: Q5 Stato campione: ~~Disturbato~~ / Indisturbato Campionamento: PQ 03/L

Descrizione campione: Ghiaia e ciottoli in matrice limoso argillosa di colore nocciola verdastro. Clasti calcarei da arrotondati a sub arrotondati di diametro massimo 8 cm. Terreno a grana fina (limoso argilloso) nella porzione più profonda del campione.

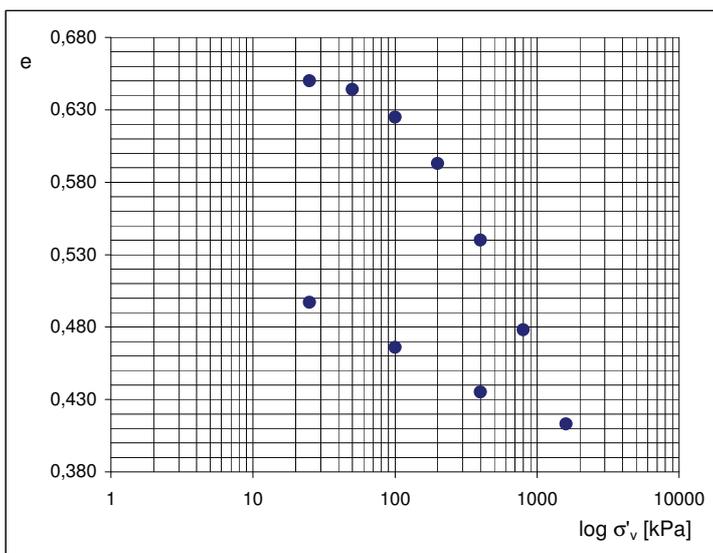
Posizione ed orientamento del provino all'interno del campione: fustellamento secondo l'asse del campione.

Apparecchiatura utilizzata: Edometro a fulcro fisso cod. int. 0100102 Lubrificazione anello: SI NO

Anello: fisso Drenaggio: doppio Carta da filtro: SI NO

Caratteristiche fisiche iniziali del provino				Dimensioni iniz. provino			
Contenuto d'acqua	$w_o =$	21,2	%	Diametro	$D =$	5,03	cm
Massa volumica naturale	$\rho =$	2,01	Mg/m ³	Altezza	$H_o =$	2,00	cm
Massa volumica secca	$\rho_d =$	1,66	Mg/m ³	Sezione	$A_o =$	19,86	cm ²
Indice dei vuoti	$e_o =$	0,657	-				
Grado di saturazione	$S_{ro} =$	88,6	%	Intervallo di carico		24	ore
Massa volumica dei granuli (*)	$\rho_s =$	2,75	Mg/m ³	Temperatura di prova	$T =$	18	°C
Limite di liquidità	$W_L =$	-	%	Tensione di rigonfiamento	$\sigma'_s >$	50,0	kPa
Limite di plasticità	$W_P =$	-	%		$<$	100,0	kPa
Frazione ghiaiosa		-	%	Caratteristiche fisiche finali del provino			
Frazione sabbiosa		-	%				
Frazione limosa		-	%				
Frazione argillosa		-	%				
				Contenuto d'acqua	$w_f =$	19,9	%
				Indice dei vuoti	$e_f =$	0,414	-

σ'_v	ϵ_v	e	M	C_v	k	C_α	Indice di ricompressione	$C_r =$	-	-
kPa	%	-	MPa	cm ² /sec	m/sec	%	Indice di compressione	$C_c =$	-	-
CARICO							Indice di rigonfiamento	$C_s =$	-	-
25	0,39	0,650								
50	0,74	0,644								
100	1,89	0,625	4,34	2,11E-03	4,77E-10	0,078				
200	3,82	0,593	5,19	8,67E-04	1,64E-10	0,152				
400	7,03	0,540	6,23	3,15E-04	4,96E-11	0,245				
800	10,76	0,478	10,74	7,01E-05	6,40E-12	0,122				
1600	14,70	0,413	20,30	5,70E-05	2,75E-12	0,460				
SCARICO										
400	13,40	0,435								
100	11,49	0,466								
25	9,62	0,497								



Metodo calcolo C_v : Casagrande

Osservazioni: (*) valore assunto Incertezze di misura e/o anomalie riscontrate:

Lo Sperimentatore
 (Dott. Geol. Angelo Ricci)

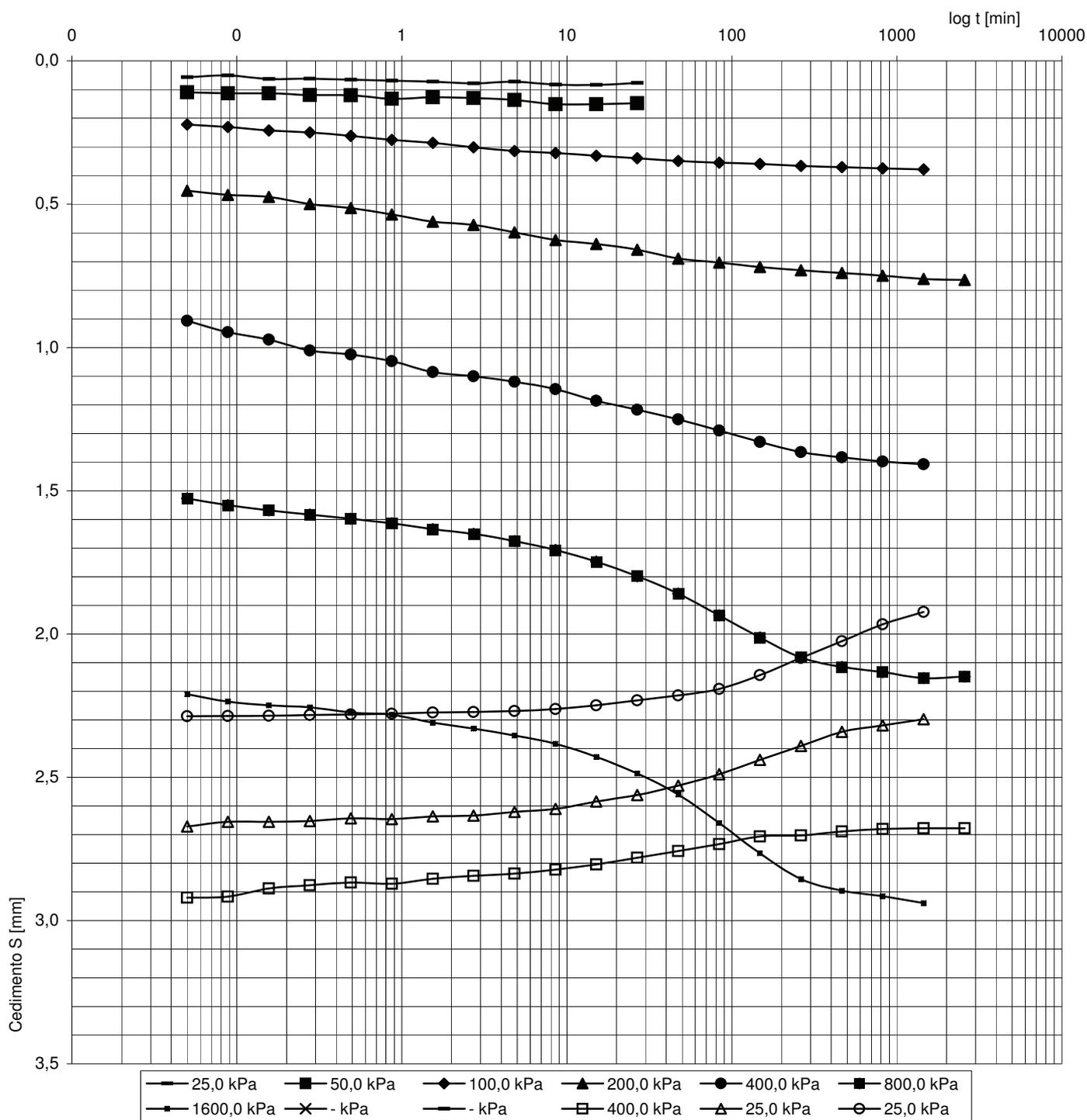
Il Direttore
 (Dott. Geol. Renato Ricci)



Verbale Accettazione n°: 00254 del 10/01/2012 Sigla campione: 00737
 Committente: Dott. Geol. Germani Giuseppe Cantiere: Amm.ne Prov.le di Chieti - S.P. Fondovalle Sinello
 Sondaggio n°: S1 Profondità m: 7,5 - 8,0 Data prelievo: 10/01/2012
 Data inizio prova: 19/01/2012 Data fine prova: 02/02/2012

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-5

Procedura di prova Rif. MQ: PQ 11/L



Lo Sperimentatore
 (Dott. Geol. Angelo Ricci)

Il Direttore
 (Dott. Geol. Renato Ricci)



Verbale Accettazione n°: 00254 del 10/01/2012 Sigla campione: 00737
Committente: Dott. Geol. Germani Giuseppe Cantiere: Amm.ne Prov.le di Chieti - S.P. Fondovalle Sinello
Sondaggio n°: S1 Profondità m: 7,5 - 8,0 Data prelievo: 10/01/2012
Data inizio prova: 19/01/2012 Data fine prova: 02/02/2012

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-5

Procedura di prova Rif. MQ: PQ 11/L

TABELLE VALORI CEDIMENTI TEMPO

$\sigma'_v = 25,0$ kPa		$\sigma'_v = 50,0$ kPa		$\sigma'_v = 100,0$ kPa		$\sigma'_v = 200,0$ kPa		$\sigma'_v = 400,0$ kPa		$\sigma'_v = 800,0$ kPa		$\sigma'_v = 1600,0$ kPa	
t min	ΔH mm	t min	ΔH mm	t min	ΔH mm	t min	ΔH mm	t min	ΔH mm	t min	ΔH mm	t min	ΔH mm
0,05	0,057	0,05	0,110	0,05	0,222	0,05	0,453	0,05	0,907	0,05	1,527	0,05	2,210
0,09	0,051	0,09	0,113	0,09	0,231	0,09	0,468	0,09	0,947	0,09	1,550	0,09	2,236
0,16	0,063	0,16	0,113	0,16	0,243	0,16	0,475	0,16	0,973	0,16	1,568	0,16	2,249
0,28	0,062	0,28	0,119	0,28	0,250	0,28	0,500	0,28	1,011	0,28	1,583	0,28	2,256
0,49	0,066	0,49	0,120	0,49	0,262	0,49	0,514	0,49	1,025	0,49	1,598	0,49	2,274
0,87	0,069	0,87	0,132	0,87	0,276	0,87	0,536	0,87	1,048	0,87	1,613	0,87	2,282
1,54	0,073	1,54	0,127	1,54	0,286	1,54	0,561	1,54	1,086	1,54	1,634	1,54	2,309
2,72	0,079	2,72	0,130	2,72	0,302	2,72	0,572	2,72	1,101	2,72	1,651	2,72	2,330
4,82	0,073	4,82	0,137	4,82	0,315	4,82	0,598	4,82	1,120	4,82	1,676	4,82	2,354
8,53	0,083	8,53	0,151	8,53	0,322	8,53	0,625	8,53	1,146	8,53	1,707	8,53	2,383
15,09	0,084	15,09	0,151	15,09	0,331	15,09	0,639	15,09	1,186	15,09	1,747	15,09	2,429
26,71	0,077	26,71	0,148	26,71	0,340	26,71	0,659	26,71	1,217	26,71	1,798	26,71	2,487
-	-	-	-	47,28	0,349	47,28	0,690	47,28	1,251	47,28	1,859	47,28	2,560
-	-	-	-	83,68	0,355	83,68	0,704	83,68	1,290	83,68	1,935	83,68	2,660
-	-	-	-	148,11	0,360	148,11	0,719	148,11	1,330	148,11	2,012	148,11	2,765
-	-	-	-	262,16	0,367	262,16	0,731	262,16	1,365	262,16	2,082	262,16	2,855
-	-	-	-	464,02	0,371	464,02	0,740	464,02	1,383	464,02	2,115	464,02	2,896
-	-	-	-	821,32	0,375	821,32	0,750	821,32	1,398	821,32	2,133	821,32	2,915
-	-	-	-	1453,70	0,379	1453,70	0,761	1453,70	1,408	1453,70	2,154	1453,70	2,939
-	-	-	-	-	-	2573,10	0,764	-	-	2573,10	2,149	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

SCARICO

$\sigma'_v = -$ kPa		$\sigma'_v = -$ kPa		$\sigma'_v = 400,0$ kPa		$\sigma'_v = 100,0$ kPa		$\sigma'_v = 25,0$ kPa		$\sigma'_v = -$ kPa		$\sigma'_v = -$ kPa	
t min	ΔH mm	t min	ΔH mm	t min	ΔH mm	t min	ΔH mm	t min	ΔH mm	t min	ΔH mm	t min	ΔH mm
-	-	-	-	0,05	2,920	0,05	2,672	0,05	2,287	-	-	-	-
-	-	-	-	0,09	2,916	0,09	2,655	0,09	2,286	-	-	-	-
-	-	-	-	0,16	2,888	0,16	2,655	0,16	2,285	-	-	-	-
-	-	-	-	0,28	2,877	0,28	2,653	0,28	2,283	-	-	-	-
-	-	-	-	0,49	2,867	0,49	2,643	0,49	2,281	-	-	-	-
-	-	-	-	0,87	2,871	0,87	2,646	0,87	2,278	-	-	-	-
-	-	-	-	1,54	2,854	1,54	2,636	1,54	2,274	-	-	-	-
-	-	-	-	2,72	2,844	2,72	2,634	2,72	2,272	-	-	-	-
-	-	-	-	4,82	2,836	4,82	2,621	4,82	2,269	-	-	-	-
-	-	-	-	8,53	2,822	8,53	2,610	8,53	2,262	-	-	-	-
-	-	-	-	15,09	2,804	15,09	2,584	15,09	2,249	-	-	-	-
-	-	-	-	26,71	2,781	26,71	2,562	26,71	2,232	-	-	-	-
-	-	-	-	47,28	2,757	47,28	2,529	47,28	2,214	-	-	-	-
-	-	-	-	83,68	2,733	83,68	2,489	83,68	2,192	-	-	-	-
-	-	-	-	148,11	2,706	148,11	2,439	148,11	2,143	-	-	-	-
-	-	-	-	262,16	2,703	262,16	2,391	262,16	2,084	-	-	-	-
-	-	-	-	464,02	2,689	464,02	2,341	464,02	2,025	-	-	-	-
-	-	-	-	821,32	2,680	821,32	2,319	821,32	1,966	-	-	-	-
-	-	-	-	1453,70	2,678	1453,70	2,297	1453,70	1,923	-	-	-	-
-	-	-	-	2573,10	2,678	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Lo Sperimentatore
(Dott. Geol. Angelo Ricci)

Il Direttore
(Dott. Geol. Renato Ricci)



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Autorizzazione a svolgere attività di prova e certificazione per prove geotecniche sui terreni ed in sito

Decreto 8502 del 22/12/2009

APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE

Certificato n°: 3657 del 02/02/2012
Foglio 1 di 1

Verbale Accettazione n°: 00258 del 17/01/2012 Sigla campione: 00742
 Committente: Dott. Geol. Germani Giuseppe Cantiere: Amm.ne Prov.le di Chieti - S.P. Fondovalle Sinello
 Sondaggio n°: S1 Profondità m: 8,6 - 9,0 Data prelievo: 10/01/2012
 Data inizio prova: 18/01/2012 Data fine prova: 18/01/2012

Normativa di riferimento: ASTM D 2488, Raccomandazioni AGI 1994, ASTM D 4648

Procedura di prova Rif. MQ: PQ 02/L

Tipo contenitore: sacchetto PVC Stato campione: Disturbato / Indisturbato
 Lunghezza (cm): 25 Diametro "Φ"(mm): 86 Modalità di prelievo: carotiere semplice

Descrizione: Argilla con limo di colore giallo verdastro con striature grigiastre e punteggiatura nerastra.
 (ASTM D 2488-93) Presenza di nuclei color ruggine e di concrezioni carbonatiche biancastre.

CLASSE DEL CAMPIONE (Racc. AGI 1994)		CONSISTENZA (ASTM D 2488-93)	Rp (kPa)	STUTTURA (ASTM D 2488-93)	
<input type="checkbox"/>	Q1 Disturbati o rimaneggiati	Molto tenero	≤ 40	<input type="checkbox"/>	Stratificata
<input checked="" type="checkbox"/>	Q2 Disturbati o rimaneggiati	Tenero	40 ÷ 80	<input checked="" type="checkbox"/>	Laminata
<input type="checkbox"/>	Q3 Disturbati o rimaneggiati	Consistente	80 ÷ 150	<input type="checkbox"/>	Fessurata
<input type="checkbox"/>	Q4 Disturbo limitato	Molto consistente	150 ÷ 300	<input type="checkbox"/>	Levigata
<input type="checkbox"/>	Q5 Indisturbati	Duro	≥ 300	<input type="checkbox"/>	Scagliosa
				<input type="checkbox"/>	Lenticolare
				<input type="checkbox"/>	Omogenea

UMIDITA' (ASTM D2488-93)		PLASTICITA' (ASTM D 2488-93)		GRADO DI CEMENTAZIONE (ASTM D 2488-93)		REAZIONE CON HCl (ASTM D 2488-93)	
<input checked="" type="checkbox"/>	Secco	<input checked="" type="checkbox"/>	Non plastico	<input type="checkbox"/>		Debole	Nulla
<input type="checkbox"/>	Umido	<input type="checkbox"/>	Poco plastico	<input type="checkbox"/>		Moderato	Debole
<input type="checkbox"/>	Saturo	<input type="checkbox"/>	Mediamente plastico	<input type="checkbox"/>		Elevato	Alta
		<input type="checkbox"/>	Molto plastico				

Profondità (m)	Note	Prove eseguite	Pocket Penetrometer (kPa)	Vane Test (kPa) (ASTM D 4648-94)
-		Analisi granulometrica		

Osservazioni: Incertezze di misura e/o anomalie riscontrate:

Lo Sperimentatore

Dott. Geol. Angelo Ricci

Il Direttore

Dott. Geol. Renato Ricci

Mod. CEAC Rev 02



Verbale Accettazione n°: 00258 del 17/01/2012 Sigla campione: 00742
 Committente: Dott. Geol. Germani Giuseppe Cantiere: Amm.ne Prov.le di Chieti - S.P. Fondovalle Sinello
 Sondaggio n°: S1 Profondità m: 8,6 - 9,0 Data prelievo: 10/01/2012
 Data inizio prova: 30/01/2012 Data fine prova: 02/01/2012

Normativa di riferimento: Raccomandazioni AGI 1994 - ASTM D 422 - 98

Procedura di prova Rif. MQ: PQ 09/L

Classe del campione: Q2 Stato campione: Disturbato / Indisturbato

Descrizione campione: Argilla con limo di colore giallo verdastro con striature grigiastre e punteggiatura nerastra. Presenza di nuclei color ruggine e di concrezioni carbonatiche biancastre.

SETACCIATURA

Metodo usato: per via umida
 Massa iniziale terra (Mt) 189,69 g

Crivello Setaccio	Diametro (mm)	Somma prog. trattenuti (%)	P (%)
n°	(mm)	(%)	(%)
3"	75,0	0,00	100,00
2"	50,0	0,00	100,00
1,5"	38,1	0,00	100,00
1"	25,0	0,00	100,00
3/4"	19,0	0,00	100,00
3/8"	9,50	0,00	100,00
4	4,75	0,00	100,00
10	2,00	1,05	98,95
20	0,850	1,58	98,42
40	0,425	2,11	97,89
60	0,250	2,90	97,10
80	0,106	3,43	96,57
200	0,075	3,43	96,57

Passante al setaccio 200 (M_{0,075}) 183,19 g

SEDIMENTAZIONE

Massa totale iniziale (Mt): 52,03 g

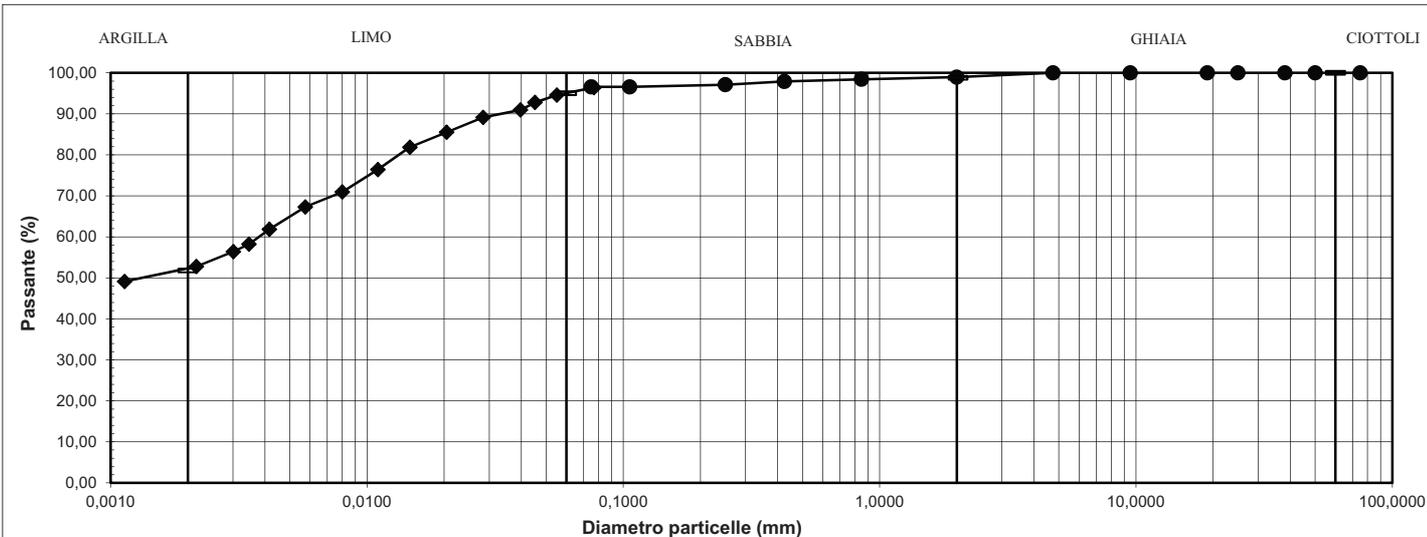
D (mm)	P (%)
0,0769	96,41
0,0551	94,59
0,0452	92,77
0,0397	90,95
0,0284	89,13
0,0204	85,49
0,0147	81,85
0,0110	76,40
0,0080	70,94
0,0057	67,30
0,0042	61,85
0,0035	58,21
0,0030	56,39
0,0022	52,75
0,0011	49,11

Massa volumica dei granuli solidi (ρ_s): (*) 2,75 Mg/m³

Aerometro tipo: ASTM 152H

Classificazione AGI: Argilla con limo

G = 1,2 % L = 43,2 %
 S = 3,8 % A = 51,8 %



Osservazioni: (*) valore assunto

Incertezze di misura e/o anomalie riscontrate:

Lo Sperimentatore

Dott. Geol. Angelo Ricci

Il Direttore

Dott. Geol. Renato Ricci

ALLEGATO XV:

Certificato HVSR prospezione sismica passiva

PROSPEZIONE HVSR CERTIFICATO N. 08/2012

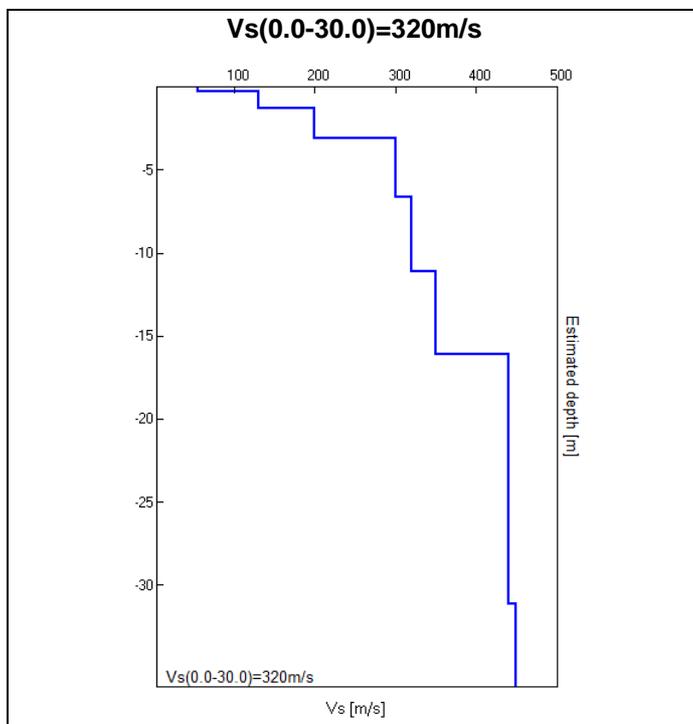
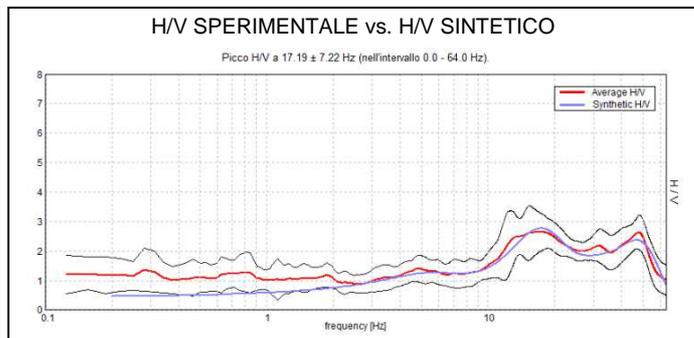
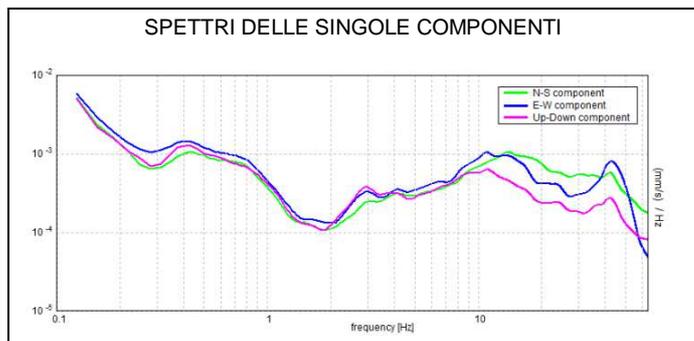
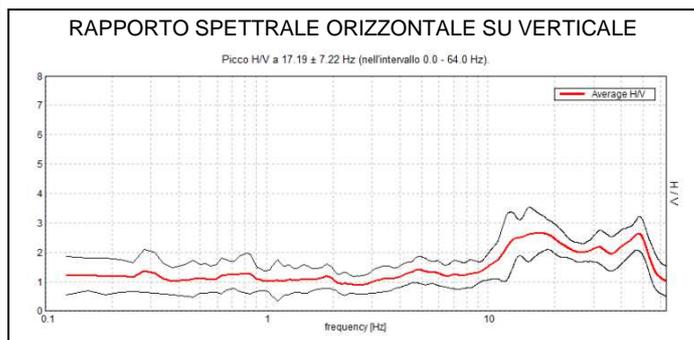
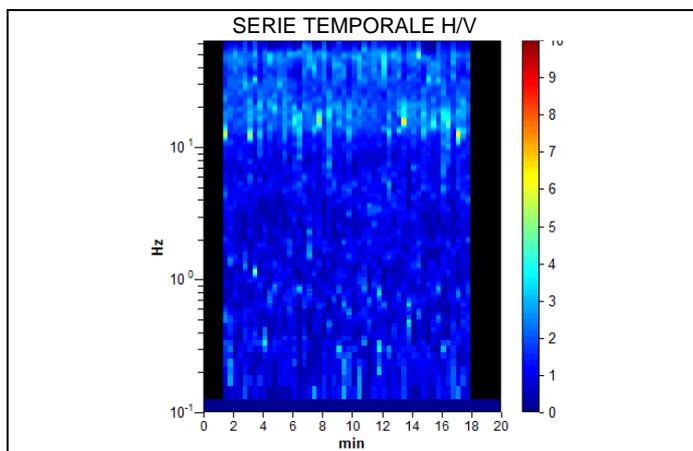
Committente Amministrazione Provinciale Chieti
Cantiere Sistemazione FV Sinello
Località Loc. La Martina - Casalbordino (CH)

Coordinate Lat. 42°07' 28.27" N
 Long. 14°38' 20.64" E

Resp.di Sito Dott. Geol. Lorenzo Pizii
Data 10/01/2012

ELABORATI MISURE SISMICHE PASSIVE

Strumento: TRZ-0057/01-09
 Inizio registrazione: 10/01/12 09:07:04
 Fine registrazione: 10/01/12 09:27:04
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Durata registrazione: 0h20'00".
 Analizzato 83% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.30	0.30	54
1.30	1.00	130
3.10	1.80	200
6.60	3.50	300
11.10	4.50	320
16.10	5.00	350
31.10	15.00	440
inf.	inf.	450

Ns. Riferimento Geofisica_G002_01_12_TE_10.01

PROSPEZIONE HVSR CERTIFICATO N. 08/2012

LINEE GUIDA SESAME

Picco H/V a 17.19 ± 7.22 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$17.19 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$17187.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 826	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	9.125 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	57.219 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.64 > 2$	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.20685 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$3.55521 < 0.85938$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3224 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

ELABORAZIONE

Dott. Geol. Alessia Marino

Alessia Marino

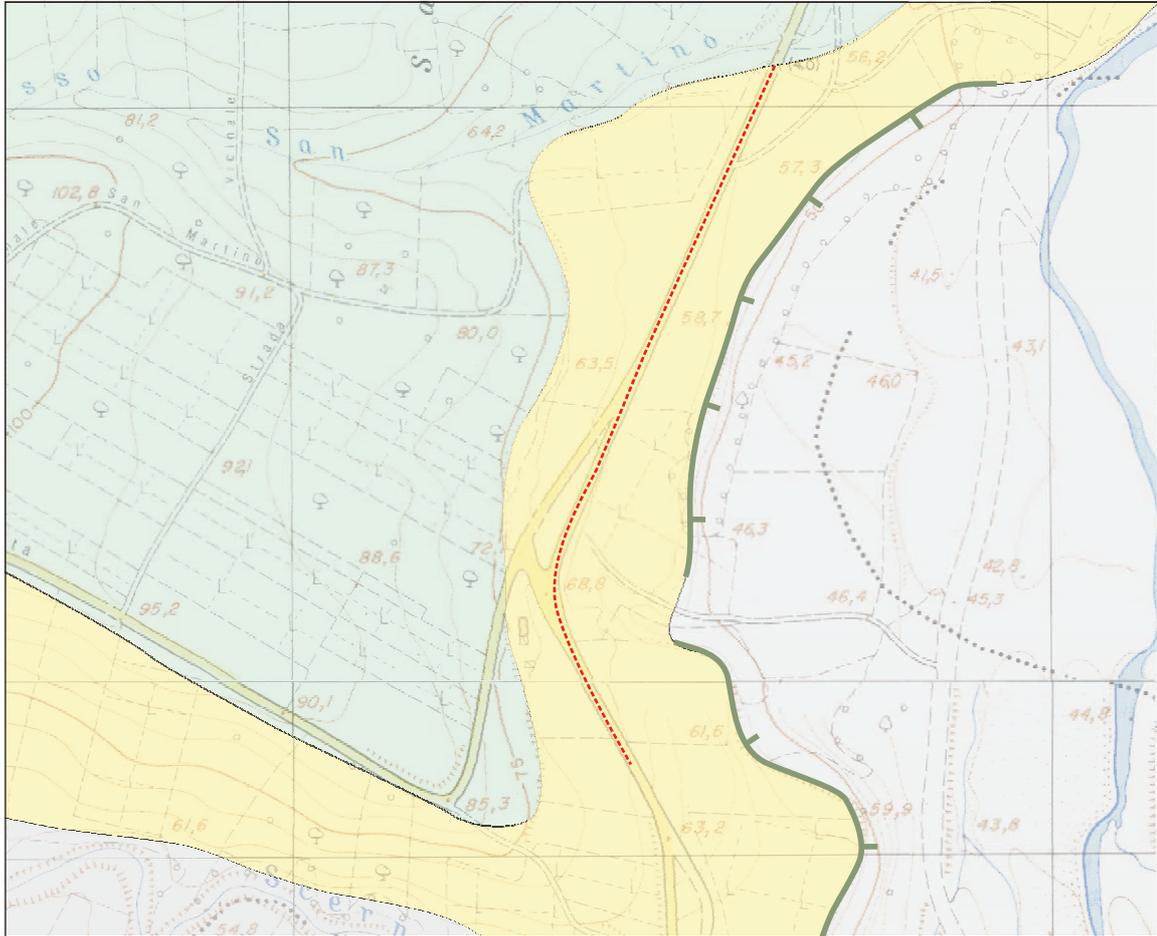
APPROVAZIONE

Dott. Geol. Gianluca Maccarone

Gianluca Maccarone

CARTA GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICA

Scala 1:5.000



Legenda



Depositi alluvionali ghiaioso sabbiosi recenti. Olocene.



Depositi alluvionali ghiaioso sabbiosi terrazzati.
Pleistocene superiore.



Depositi alluvionali argilloso sabbiosi terrazzati,
di colore giallo-bruno con ciottoli eterometrici
sub-arrotondati. Pleistocene inferiore.



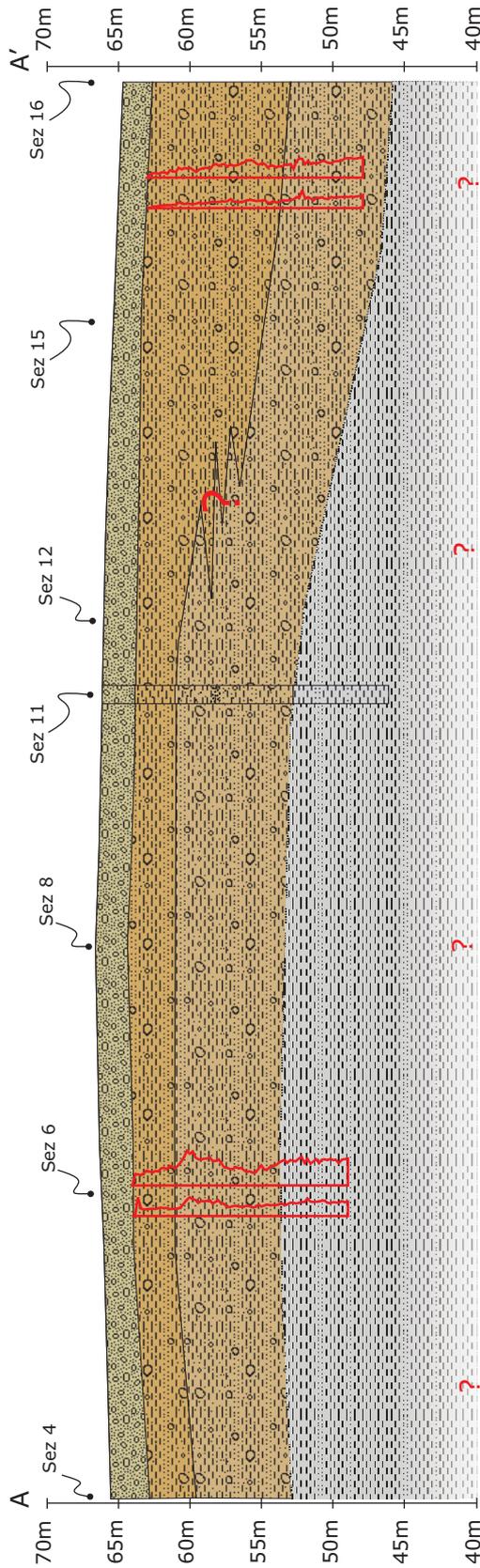
Orlo di scarpata di erosione fluviale o torrentizia con
sato quiescente.



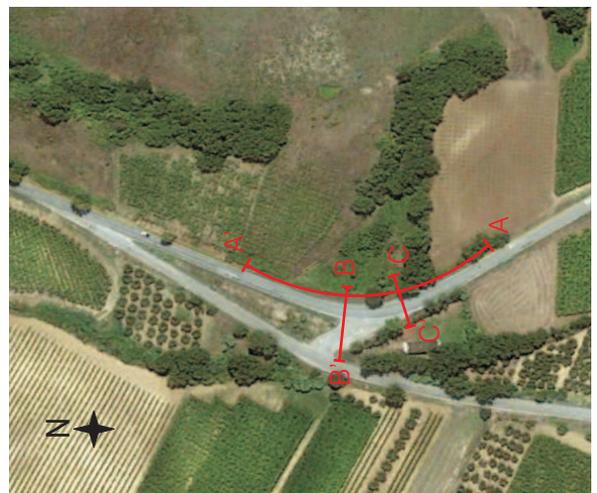
Area oggetto di studio

SEZIONE STRATIGRAFICA

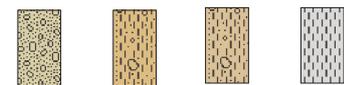
Scala 1:500



Ubicazione sezioni



Legenda



Coltre di alterazione superficiale e materiale di riporto del rilevato stradale.

Argille sabbiose, con presenza di ghiaia e livelli sabbiosi, mediamente consistenti.

Argille sabbiose, con presenza di ghiaia e livelli sabbiosi, molto consistenti.

Argille grigio-azzurre.



Ubicazione sondaggio geognostico



Ubicazione prova penetrometrica Statica



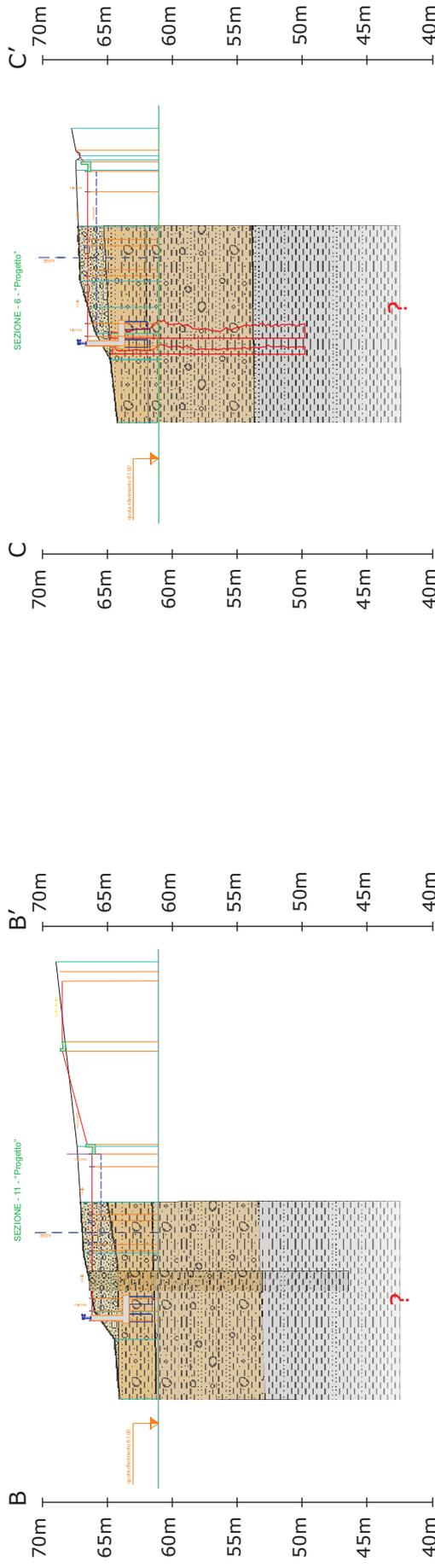
Livello piezometrico



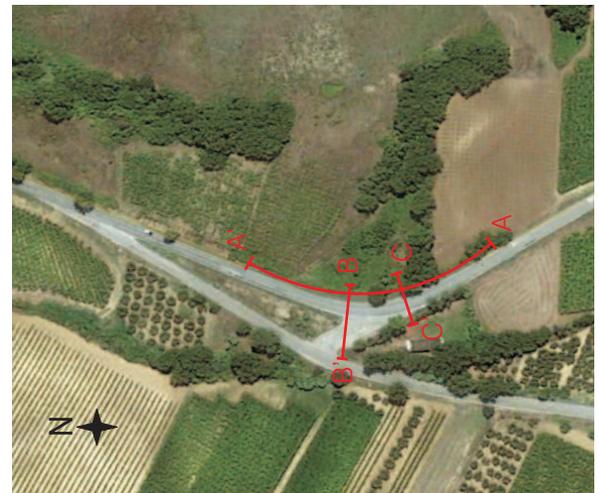
Interpretazione

SEZIONE STRATIGRAFICA

Scala 1:500



Ubicazione sezioni



Legenda

-  Coltre di alterazione superficiale e materiale di riporto del rilevato stradale.
-  Argille sabbiose, con presenza di ghiaia e livelli sabbiosi, mediamente consistenti.
-  Argille sabbiose, con presenza di ghiaia e livelli sabbiosi, molto consistenti.
-  Argille grigio-azzurre.
-  Ubicazione sondaggio geognostico
-  Ubicazione prova penetrometrica Statica
-  Livello piezometrico
-  ? Interpretazione

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Postazione sondaggio geognostico S1.



Fase di terebrazione del sondaggio geognostico.



Fasi di prelievo del campione indisturbato.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Postazione prova penetrometrica CPT1



Postazione prova penetrometrica CPT2



Postazione prova sismica passiva T1.