



GEOCOOP RIMINI

Società Cooperativa

SOCIETÀ DI GEOLOGIA TECNICA ED AMBIENTALE

COMUNE DI CORIANO
PROTOCOLLO GENERALE

23 DIC 2011

Prot. N. 17893

COMUNE DI CORIANO

Provincia di Rimini

**RELAZIONE DI APPROFONDIMENTO SULLA
FATTIBILITA' GEOLOGICA DELL'AREA IDENTIFICATA
ALLA SCHEDA N. 25, CERASOLO ALTA, SVOLTA
NELL'AMBITO DELLA VARIANTE AL PRG 1997 DEL
COMUNE DI CORIANO, ESEGUITA NELL'ANNO 2006.**

RELAZIONE GEOLOGICA

I PROFESSIONISTI:



1^a STESURA	INTEGRAZIONI	RIFERIMENTO
Dicembre 2006	Novembre 2011	39/11

SOMMARIO

1. **PREMESSA**
2. **INQUADRAMENTO GEOLOGICO**
3. **INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**
4. **IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA**
5. **INDAGINE GEOGNOSTICA**
6. **STRATIGRAFIA LOCALE E PARAMETRIZZAZIONE GEOMECCANICA
MEDIA DEI TERRENI**
7. **CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO**
 - 7.1 **Determinazione della Vs30**
 - 7.2 **Determinazione dell'accelerazione massima attesa al sito**
8. **VERIFICHE DI STABILITA' DEL VERSANTE**
9. **CONCLUSIONI E SUGGERIMENTI SULL'URBANIZZAZIONE
DELL'AREA**

ALLEGATI presentati in calce alla relazione

- FIG. 1 – Inquadramento area in studio (Scala 1:10.000)
FIG. 2 – Inquadramento geologico (scala 1:10.000)
FIG. 3 – Carta geomorfologica di sintesi (Scala 1: 5.000)
FIG. 4 – Stralcio della Tavola D2/2 del PTCp approvato (fuori scala)
FIG. 5 – Stralcio Cartografia della Tavola 4-3 del PAI Autorità di Bacino Marecchia-Conca (fuori scala)
FIG. 6 – Stralcio della Tavola A14 “Carta dell'edificabilità” annessa al PRG vigente (Scala 1:10.000)
FIG. 7 – Ubicazione indagini geognostiche (Planimetria tratta da Geoproget - Scala 1:1.000)
N° 11 diagrammi prove penetrometriche statiche
FIG. 8 – Sezione litostratigrafica A – A (Scala 1:400)
FIG. 9 – Sezione litostratigrafica B – B (Scala 1:400)
FIG. 10 – Sezione litostratigrafica C – C (Scala 1:400)
Allegato A – n° 6 schede di analisi di laboratorio
Allegato B – Indagine sismica – Relazione (n° 5 pagine)

1 PREMESSA

La presente relazione geologica è relativa ad un approfondimento **sulla fattibilità geologica dell'area identificata alla scheda n. 25 – Cerasolo Alta – svolta nell'ambito della Variante al PRG 1997 del Comune di Coriano, eseguita da questa Società nell'anno 2006**, per conto dell'Amministrazione comunale (v. FIG. 1).

Nella scheda di fattibilità dell'area allora redatta, sulla base di un accurato studio fotointerpretativo e sulle risultanze stratigrafiche di n° 2 prove penetrometriche statiche, erano stati espressi limiti di ordine geomorfologico che portavano a sconsigliare l'edificabilità, essenzialmente per la presenza di depositi di versante e/o movimenti quiescenti nella porzione medio-alta del versante, al limite con l'area studiata, per cui l'ulteriore urbanizzazione *“sarebbe stata fattibile solo facendo ricorso a complesse opere strutturali (palficate che trasmettono i carichi in profondità) e di generale bonifica del versante”*.

L'AREA in oggetto, identificata in origine come “Area 10” e successivamente rinominata n° 51 (comparto B1), a seguito di una precedente indagine geologica di Variante 2003, ha ottenuto dalla Provincia di Rimini (unitamente ad aree in analoga situazione) il seguente parere: *“preventivamente alla realizzazione degli interventi edificatori, dovrà essere sviluppato un accurato progetto di regimazione e raccolta delle acque di scorrimento superficiale e ipodermico al fine di prevenire la riattivazione dei dissesti posti più a valle e che potrebbero coinvolgere anche le aree di interesse”*.

Nel giugno 2008 lo Studio Geoproget di Riccione, a firma del Dott. Vannoni Fabio, svolgeva sugli stessi terreni una *“relazione geologico-tecnica per la realizzazione di opere di drenaggio del primo sottosuolo in località Cerasolo nel Comune di Coriano”*; tale indagine geologica non ha evidenziato però particolari problemi di pericolosità geomorfologica. I drenaggi progettati sono stati in seguito messi in opera.

Sulla base dell'analisi svolta nel 2006 da questa Società, l'Amm.ne Provinciale di Rimini ha escluso l'edificazione dell'area B1 in ampliamento con la motivazione: *“in quanto lambita dalla perimetrazione di una frana quiescente, così come riportata nell'analisi geomorfologica appositamente prodotta per la variante, per il rischio commesso alla possibile riattivazione e retrogradazione del dissesto medesimo ed in quanto le verifiche di stabilità condotte sul versante su cui insiste il comparto, non hanno raggiunto i valori minimi previsti dalla legge per consentire l'edificabilità di un pendio”*.

Al fine di dirimere questa contraddizione di ordine geologico-geomorfologico, l'Amm.ne Provinciale in data 21-05-2010 nella propria Sede, ha convocato una riunione congiunta tra i tecnici consulenti della proprietà, i consulenti geologi dell'Amm.ne di Coriano ed i tecnici dell'Amm.ne comunale stessa, a conclusione della quale si concordava con il Comune di Coriano di fare eseguire un ulteriore approfondimento d'indagine dai propri consulenti geologi in quanto redattori della Variante 2006.

Lo studio è stato sviluppato nelle seguenti fasi:

- rilievo geomorfologico dell'area, analisi della cartografia tematica esistente ed approfondimento degli aspetti geomorfologici tramite fotointerpretazione;
- determinazione della stratigrafia del sottosuolo e parametrizzazione geomeccanica media dei terreni mediante esecuzione di ulteriori n° 5 prove penetrometriche statiche con prelievo di n. 1 campione di terreno da sottoporre ad analisi di laboratorio (in aggiunta alle n. 2 prove eseguite nell'indagine del 2006 + analisi campione di terreno ed alle n. 4 prove + analisi campione di terreno dell'indagine Geoproget del 2008);
- caratterizzazione sismica dei terreni interessati dal progetto con metodologia di sismica passiva HVSR per determinare l'effettiva accelerazione sismica del sito da applicare alle verifiche di stabilità, in osservanza alla normativa vigente D.M. 14/01/2008.

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La storia geologica del territorio in cui ricade l'area in esame, si riassume brevemente a partire dalla fine del Tortoniano (età del Miocene - circa 7 mil. anni B.P.) quando durante una prima fase diastrofica (di tipo compressivo) si sono formate ampie e regolari pieghe sia emerse che sommerse: tale fase si esaurisce alla fine del Messiniano (età finale dell'epoca miocenica – 5 mil. anni circa) con l'emersione della catena romagnolo-marchigiana e con l'ulteriore approfondimento dell'Avanfossa. I sedimenti di conoide sottomarina depositatisi durante il Tortoniano (età antecedente il Messiniano), in prevalenza arenarie molassiche, venivano ricoperti da sedimenti pelitici. Alla fine del Pliocene inferiore (circa 4 mil. anni B.P.), una seconda fase diastrofica provocò la compressione delle pieghe profonde e portò alla formazione di grandi faglie inverse e dirette sui fianchi delle anticlinali e alle iniezioni pseudodiapiriche dello Schlier ancora allo stato plastico. Tale fase fu seguita da una grande trasgressione marina nel **Pliocene Medio** e successivamente tutta la regione, Catena ed Avanfossa, subì un progressivo sollevamento con il ritiro definitivo del mare alla fine del Pliocene Superiore (2 mil. di anni circa B.P.). Nel Pliocene superiore si ha dunque l'emersione della media Valle del Conca. Il brusco incremento del sollevamento che si manifesta poi alla fine del Pleistocene inferiore, (1.7 mil. di anni circa B.P.), conduce ad un modellamento dei versanti appenninici mio-pliocenici con ampie valli in rapida erosione. Grandi conoidi si formavano in corrispondenza dello sbocco dei fiumi in pianura. La loro deposizione è radiale con apice all'interno delle rispettive valli, con il piede a ventaglio che si spinge per parecchi chilometri nella pianura antistante. Le conoidi che così si formano sono costituite da numerose leni di materiale alluvionale a granulometria variabile, in funzione della forma e litologia degli elementi costituenti e dell'energia delle acque che li trasportavano (materiali grossolani allo sbocco della pianura e tanto più sottili quanto più lontani dall'apice della conoide. In quest'epoca i torrenti Conca, Ventena e Tavollo costituivano un unico paleofiume che sfociava tra i rilievi del Colle San Bartolo a Gabicce e del Monte Vici a Cattolica. Durante il Quaternario (da 2 mil. anni B.P. ad oggi), l'area marchigiano-romagnola subisce notevoli e ripetuti cambiamenti climatici a causa dei periodi glaciali ed interglaciali e periodi deposizionale ed erosivi che hanno portato alla formazione di quattro ordini di terrazzi fino all'Olocene (da 10.000 anni B.P. al presente).

Per l'analisi geologica di dettaglio ci si riferisce alla cartografia del Servizio Geologico Regionale che si allega in **FIG. 2** (sez. 267030 Cerasolo a scala 1:10.000), dalla quale risulta che nell'area oggetto di studio affiorano le Argille Azzurre del membro delle Arenarie di Borello, litofacies pelitico-arenacea (siglate FAA2p).

A valle dell'area d'interesse è cartografato un deposito di frana quiescente (siglato a2g) che interseca la via Pedrone e un deposito di versante s.l. (siglato a3).

3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il lotto in esame è posto sul versante rivolto verso il Rio Ronconi, in prossimità del crinale morfologico percorso dalla Via Cerasolo. La quota di crinale è localmente posta a +132,7 m s.l.m.. Il versante nella zona di interesse, mostra una pendenza media di circa 11°.

Per l'analisi geomorfologica di dettaglio, si è eseguito uno studio fotogeologico utilizzando i seguenti voli:

- anno 1985 RER b/n fotogrammi 229-233;
- anno 1989 IGM I infrarosso fotogrammi 2034-2035;
- anno 1996 IGM I b/n fotogrammi 1065-1066;
- anno 2002 Azimut colore fotogrammi 777-778.

L'analisi evidenzia la presenza di vasti movimenti franosi (quiescenti) e/o depositi di versante posti immediatamente a valle del lotto d'interesse nell'impluvio della piccola cella idrografica tributaria del Rio Ronconi così come riportato nella **carta d'analisi geomorfologica** di **FIG. 3**.

Tali movimenti si sviluppano secondo due diramazioni: una prossima a via Pedrone, l'altra più arretrata verso Cerasolo.

Quanto riportato nell'indagine del 2006, viene confermato anche attraverso l'analisi aggiuntiva del volo aereo 1989 all'infrarosso che permette una maggiore definizione delle irregolarità del terreno.

In allegato si riporta l'ubicazione dell'area nell'ambito delle seguenti cartografie di pianificazione:

1. **Tavola 4.3 del PAI** – Variante 2008 dell'Autorità Interregionale di Bacino Marecchia- Conca che si riporta in stralcio in **FIG. 4**. Tale carta evidenzia unicamente il medesimo movimento franoso quiescente cartografato nella Carta Geologica sopra richiamata; tale movimento non interessa il sito in esame.
2. **Carta Rischi Ambientali del P.T.C.P.** della Provincia di Rimini - Tav. D2/2 che si riporta in stralcio in **FIG. 5**. Tale carta evidenzia anche il deposito di versante cartografato nella Carta Geologica sopra richiamata. Il sito ricade nell'ambito di "aree potenzialmente instabili" (art. 4.1 comma 9).
3. **Tavola A 14 "Carta dell'edificabilità"** della Variante 1997 del PRG del Comune di Coriano che si riporta in stralcio in **FIG. 6**. Tale carta evidenzia i medesimi elementi della carta del P.T.C.P. ma assimilando il deposito di versante alla frana quiescente.

4 IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA

Per quanto riguarda la rete idrografica di superficie il collettore principale di fondovalle è costituito dal Rio Ronconi che nasce nella zona di Monte Olivo per immettersi in riva sinistra nel Torrente Marano, nella zona di Ospedaletto. Lungo il versante sud di Cerasolo si immettono nel Ronconi, fossi di minor importanza; uno di questi è presente a valle del lotto studiato a margine del quale è stato creato un piccolo laghetto collinare.

Riguardo l'**idrogeologia**, per questi tipi di terreno non si hanno vere e proprie falde ma circolazioni idriche di tipo ipodermico e/o sotterranee che si possono attivare in particolare in strati limoso-sabbiosi a maggiore permeabilità ed entro la parte più superficiale ed alterata della formazione.

Nei fori di sondaggio piezometrico della campagna geognostica 2011 (n. 5 prove piezometriche statiche), sono state collocate cannette piezometriche finestrate che, a distanza di 10 giorni dall'istallazione, hanno fatto registrare i seguenti livelli di circolazione idrica:

- Pz 1 = asciutto
- Pz 2 = -2,80
- Pz 3 = -2,00
- Pz 4 = asciutto
- Pz 5 = asciutto

Questi valori sono congruenti con quelli rilevati nella campagna geognostica 2006 che richiamiamo:

- Pz 15 = asciutto
- Pz 16 = -3,40.

5 INDAGINE GEOGNOSTICA

Per determinare la stratigrafia del sottosuolo e valutare le caratteristiche geomeccaniche dei litotipi attraversati, si sono eseguite, nel mese di Ottobre 2011, n° 5 prove piezometriche statiche (Cone Penetrometer Test). Tali prove integrano le prove piezometriche statiche eseguite nel 2006 (n° 15 e n° 16) e quelle tratte dalla relazione Geoproget 2008 (S1, S2, S3, e S4). Tutte le prove sono state eseguite dalla stessa Ditta *Intergeo* con il medesimo strumento Mod. Pagani di 200 KN di spinta e utilizzo di punta meccanica di tipo Begemann..

Le prove sono state spinte fino a profondità comprese tra -10,0 e -12,0 m p.c. ovvero fino al rinvenimento del substrato formazionale compatto (rifuto).

In **FIG. 7** si riporta la planimetria dell'area in esame con l'ubicazione di tutti i sondaggi penetrometrici effettuati ed a seguire, vengono allegati i diagrammi penetrometrici.

In corrispondenza della prova CPT n° 3 2011, è stato prelevato n° 1 campione indisturbato, poi sottoposto ad analisi geotecniche di laboratorio. In calce alla relazione, si allega il rapporto del laboratorio geotecnico relativo a tale campione unitamente ai rapporti relativi a campioni prelevati nelle precedenti campagne (n° 2 campioni prelevati in corrispondenza della prova n° 16 del 2006 e della prova n° 1 del 2011).

Il numero delle verticali indagate è stato tale da consentire un'adeguata modellazione stratigrafica dei terreni presenti nell'area in studio. L'indagine ha consentito di definire il quadro stratigrafico dell'area così come descritto nel prossimo capitolo.

6 STRATIGRAFIA LOCALE E PARAMETRIZZAZIONE GEOMECCANICA MEDIA DEI TERRENI

I sondaggi geognostici eseguiti, hanno permesso di rilevare la stratigrafia del sottosuolo e valutare le caratteristiche geomeccaniche medie dei litotipi, sulla base del rapporto Rp/Rl del penetrometro statico, così come proposto da Schmetmann ed altri Autori. È possibile dunque differenziare il terreno nei litotipi principali che vengono di seguito descritti ed ai quali, sulla base delle correlazioni proposte da AA.VV., si possono attribuire, in sintesi, i seguenti valori medi o intervallo di valori dei parametri geomeccanici:

PARAMETRIZZAZIONE GEOMECCANICA MEDIA

LITO TIPO	Prova CPT n°	Prof. dal p.c. (m)	LITOLOGIA	γ (t/mc)	ϕ (°)	Cu (t/mq)	Ed (kg/cmq)
A	15	0.0-4.8	Terreno agrario e terreno di alterazione superficiale con punte attribuibili ad essiccamento e deposito di versante costituito da argille limoso-sabbiose da poco a mediamente consistenti, talora con minimi di resistenza a vari livelli di profondità, attribuibili a potenziali piani di scorrimento.	1.8-1.9	18 - 21	4 - 7	40 - 60
	16	0.0-4.2					
	S1	0.0-4.2					
	S2	0.0-3.2					
	S3	0.0-6.0					
B	S4	0.0-3.0	Substrato pliocenico decompresso costituito da argille limoso-sabbiose da consistenti a molto consistenti.	1.9-2.0	20 - 22	10 - 20	70 - 100
	1	0.0-5.8					
	2	0.0-5.0					
	3	0.0-3.5					
	4	0.0-3.5					
5	0.0-3.5						
	15	4.8-9.5					
	16	4.2-9.0					
	S1	4.2-7.0					
	S2	3.2-8.0					
	S3	6.0-9.0					
S4	3.0-6.0						
1	5.8-8.6						
2	5.0-7.2						
3	3.5-7.0						
4	3.5-8.0						
5	3.5-7.0						

Segue tabella

C	15	9.5-12.0	Substrato pliocenico costituito da argille limose sovraconsolidate.	2.0-2.1	21 - 23	>20	>100
	16	9.0-12.0					
	S1	7.0-9.5					
	S2	8.0-9.5					
	S3	9.0-11.5					
S4	6.0-8.0						
	1	8.6 -10.0					
	2	7.2-10.0					
	3	7.0-12.0					
	4	8.0-10.0					
	5	7.0-10.0					

dove:

γ = peso di volume; ϕ = angolo d'attrito interno; C_u = coesione non drenata; E_d = modulo edometrico.

Nelle **FIGG. 8, 9 e 10** vengono rappresentate le **sezioni litostratigrafiche interpretative** che permettono di visualizzare i rapporti stratigrafici tra i vari litotipi descritti in tabella.

L'analisi geognostica conferma dunque sostanzialmente quanto osservato con l'esame foto-interpretativo. I valori di resistenza statica alla punta presentano talora minimi di resistenza riconducibili a potenziali piani di scorrimento più o meno profondi entro la coltre di copertura. A terreni potenzialmente in frana possono essere attribuite resistenze alla punta comprese verosimilmente tra 5 e 15 kg/cmq (cfr. Bastianelli D. – Carlini F. - Zaghini M. – “*Aspetti geologici, geomorfologici e geotecnici dei versanti collinari pliocenici del riminese*” Il Geologo dell'Emilia Romagna Anno VI/2006 n° 22). Trattasi di tipologia franosa complessa di tipo quiescente.

In **Allegato A** vengono riportati i rapporti delle analisi di laboratorio geotecnico sui campioni prelevati che interessano il **livello A**.

Al Cap. 8, vengono svolte le verifiche di stabilità del versante sulla sezione B – B centrale.

7 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Allo scopo di determinare l'accelerazione massima attesa al sito da inserire nelle verifiche di stabilità, si è caratterizzato il terreno dal punto di vista sismico come previsto dalle NTC 14/01/2008, attraverso la definizione della categoria di suolo per mezzo della velocità equivalente delle onde di taglio (V_{s30}).

7.1 Determinazione della V_{s30}

È stata svolta un'analisi sismica con metodologia di **sismica passiva a stazione singola H/V** per mezzo di strumento **Tromino@, Micromed S.p.a.**

La relazione sismica con la descrizione della procedura adottata ed i dati sismici ricavati è interamente riportata in **Allegato B**.

L'analisi sismica ha condotto al seguente risultato:

$$V_{s30} (1.2 - 31.2) = 257 \text{ m/s}$$

Nota: la profondità base fondazione/testa pali è stata indicata dal Progettista.

7.2 Determinazione dell'accelerazione massima attesa al sito

Per determinare l'accelerazione massima attesa al sito si procede come indicato nel NTC del 14/01/2008, ovvero attraverso la definizione di:

- 1 - categoria di sottosuolo (*Tabella 3.2.II e 3.2.III*);
- 2 - coefficiente di amplificazione topografico (*Tabella 3.2.IV e 3.2.VI*);
- 3 - coefficiente di amplificazione stratigrafico (*Tabella 3.2.3.2.V*).

Sulla base dell'indagine sismica effettuata e descritta in Allegato A, è possibile determinare la **categoria di sottosuolo** per la definizione dell'azione sismica di progetto. Ai sensi del D.M. 14/01/2008, viene considerata la velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di terreno calcolata, con la seguente formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_s}}$$

Dove h_i e V_{si} sono spessori e velocità dei singoli strati.

- L'analisi sismica effettuata conduce ad una $V_{s30} = 257$ m/s.
- La misura può essere affetta da una percentuale d'errore sperimentale stimabile in circa il 20%. Tuttavia, pur sottraendo cautelativamente l'errore percentuale, con una $V_{s30} = 205$ m/s, il terreno rientra nella **categoria di sottosuolo C**.
-

Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri.	180 < V_{s30} < 360
---	-----------------------

La categoria topografica entro la quale ricade il sito in esame è la **T1** in quanto il versante ha un'inclinazione non superiore ai 15°. Alla categoria T1 è associabile un **coefficiente di amplificazione topografico $St=1.0$** .

Il **coefficiente di amplificazione stratigrafico S_s** è calcolato mediante le espressioni fornite nella *Tab. 3.2.V* delle NTC. Esso è un'espressione dell'accelerazione massima attesa in superficie basata su quella del sottosuolo di categoria A ed è definito in funzione della categoria di sottosuolo e del livello di pericolosità sismica del sito (descritto dal prodotto $F_0 \cdot a_g$).

Non essendo in possesso di dati progettuali, si ipotizzano secondo le *Tabella 2.4. I e 2.4. II* del NTC, opere di classe 2 (opere infrastrutturali di normale importanza) con vita nominale di 50 anni e coefficiente d'uso $C_u = 1$. Utilizzando il foglio di calcolo di **Geostru Software**, considerando lo SLV e con tempo di ritorno 475 anni – probabilità di eccedenza per il periodo di riferimento (P_{v_i}) = 10% e per una categoria di suolo **C** come quella rilevata, si ricava **$S_s = 1.42$** .

Attraverso le coordinate del sito in esame, utilizzando il medesimo software, si determina a_g (accelerazione attesa al sito) dalla tabella dei valori dei parametri a_g , F_0 e T_c che definiscono le forme spettrali. In caso di SLV si ottiene **$a_g = 0.187$ g**.

L'**accelerazione spettrale massima** attesa al sito è data da:

$$a_{max} = a_g * S_s * St$$

con:

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido;

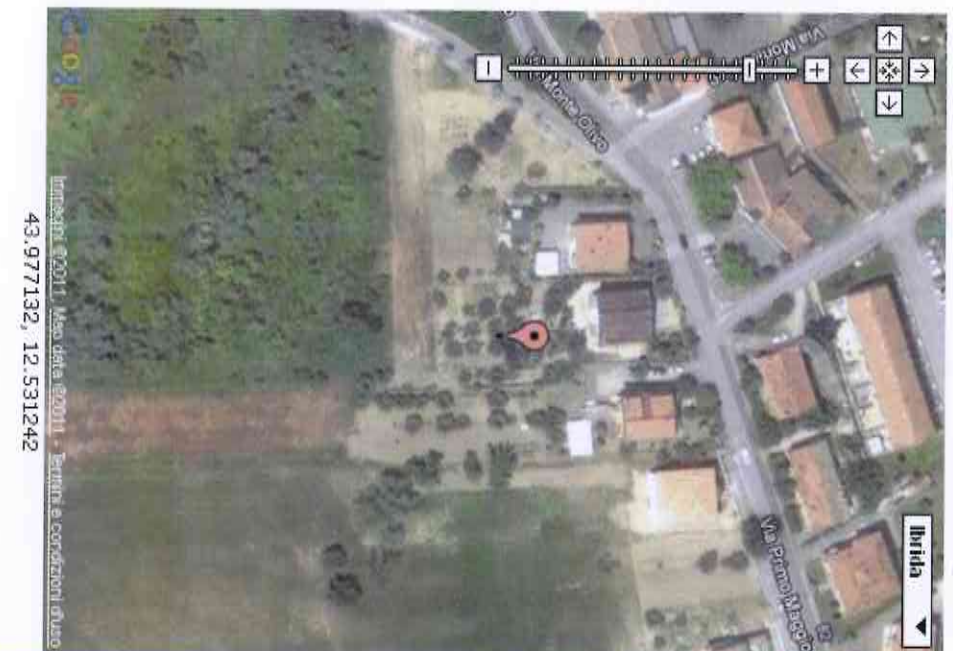
S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica;

St = coefficiente di amplificazione topografica

Sostituendo gli opportuni coefficienti si ottiene:

$$a_{max} = a_g \cdot Ss \cdot Sf = 0.187 \cdot 1.42 \cdot 1.00 = 0.265 = 0.27 \text{ g.}$$

Tale valore verrà utilizzato nei calcoli di stabilità che seguono.



(Schermata Geostru Software)

Stato Linee	T _r [anni]	a _g [g]	F _o	T _c [s]
Operatività (SLO)	30	0,053	2,447	0,289
Danno (SLD)	50	0,067	2,449	0,286
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,187	2,480	0,309
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,249	2,464	0,318
Periodo di riferimento per l'azione sismica	50			

Calcolo dei coefficienti sismici

Muri di sostegno Paratie

Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

us (fm)

Categoria sottosuolo

Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss ¹	1,50	1,50	1,42	1,33
Amplificazione stratigrafica				
Cc ¹	1,62	1,59	1,55	1,53
Coef. funz categoria				
St ¹	1,00	1,00	1,00	1,00
Amplificazione topografica				
<input type="checkbox"/> Personalizza acc: ne massima attesa al sito [m/s ²]				<input type="text" value="0.6"/>

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k _n	0,016	0,020	0,064	0,093
k _v	0,008	0,010	0,032	0,046
Am _{ax} [m/s ²]	0,783	0,992	2,608	3,244
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

8 VERIFICHE DI STABILITA' DEL VERSANTE

Viste le condizioni geomorfologiche e le risultanze dell'indagine geognostica complessiva, si operano le verifiche di stabilità generale del versante lungo la sezione B-B illustrata in FIG. 10. Le verifiche di stabilità si riferiscono al livello A descritto in tabella al Cap. 6. Per le verifiche si utilizza il metodo di Jambu semplificato:

tale metodo consente di verificare superfici potenziali di scivolamento di forma qualsiasi, ovvero nei casi in cui la superficie potenziale di rottura presenta una forma irregolare lontana dalla circolarità. I singoli concetti interregiscono fra di loro solo attraverso forze orientate lungo l'orizzontale. La resistenza al taglio massima disponibile lungo la superficie potenziale di rottura è data, per ogni concio, da:

$$\tau_{i(\max)} = \frac{[c + (\gamma \cdot h - \gamma_w \cdot h_w) \operatorname{tg} \varphi] [1 + \operatorname{tg} \varphi^2] Hl}{1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi}{F.S.}}$$

La resistenza al taglio mobilitabile lungo il piano di taglio è per ogni concio data da:

$$\tau_{i(\text{mob})} = \gamma \cdot h \cdot dl \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

Il coefficiente di sicurezza del pendio viene espresso come segue:

$$F_s = \frac{\sum \tau_{i(\max)}}{\sum \tau_{i(\text{mob})}}$$

Si noti che il coefficiente di sicurezza F_s , che è la grandezza da determinare, viene a comparire anche al numeratore della formula sopra riportata attraverso l'espressione della $\tau_{i(\max)}$. Di conseguenza non sarà possibile la sua risoluzione diretta. La procedura da adottare in questo caso dovrà essere di tipo iterativo fino all'ottenimento della convergenza su un valore praticamente costante di F_s .

L'analisi dell'influenza delle sollecitazioni sismiche sulla stabilità globale del versante può essere condotta attraverso due approcci differenti: metodo pseudostatico; metodo dinamico. Nel metodo pseudostatico si può introdurre la semplificazione che il sisma agisca come un sistema di forze sul pendio di intensità e verso costante per tutta la durata dell'evento sismico. Gli unici dati richiesti in questo caso sono l'accelerazione sismica massima orizzontale (ag_{max}). Una stima invece della accelerazione massima verticale (ag_v) può essere fatta applicando la relazione proposta da Tezcan et alii (1971): $ag_v = f * ag_{max}$ con f = fattore di trasformazione variabile da 0.5 a 0.67 ($f = 0.5$ secondo il D.M. 14/01/2008). Una valutazione dell'effetto di un sisma sulla stabilità di un versante può essere fatta, supponendo che, durante l'intervallo di tempo in cui si ha la manifestazione dell'evento sismico, su ogni singolo concio venga applicata una forza orizzontale, applicata al baricentro del concio e diretta verso l'esterno, di modulo uguale a: $F_{sistma} = k_c W_i$ con k_c = coefficiente sismico orizzontale dato da βag_{max} e W_i = peso del concio i-esimo.

Nel D.M.14/01/2008 β va ricavato dalla seguente tabella:

	Categoria del sottosuolo	
	A	B,C,D,E
	β	β
$0,2 < a_g \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g \leq 0,1$	0,20	0,20

Nella verifica occorre tener conto anche dell'azione sismica verticale che va ad incrementare il peso dei singoli conci secondo l'espressione:

$$W_{ts} = W_i (1 \pm k_v)$$

in cui k_v è il coefficiente sismico verticale, da porre uguale alla metà di k_c .

Nella stima del coefficiente di sicurezza la forza sismica calcolata va aggiunta alle forze in stabilizzanti:

$$F_s = \frac{Forze_{stab}}{Forze_{instab} + \sum F_{sistma} \cos \alpha_i}$$

Per le verifiche di stabilità si è adottato: **approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2), con R2 = 1.1**. Per quanto riguarda il fattore di sicurezza globale normalmente viene considerato un valore di $F_s = 1.1$ in condizione statiche ed un valore di $F_s = 1.0$ in condizioni dinamiche. Utilizzando software specifico (Software ProgramGeo “Kappageo”) e partendo dai parametri geomeccanici

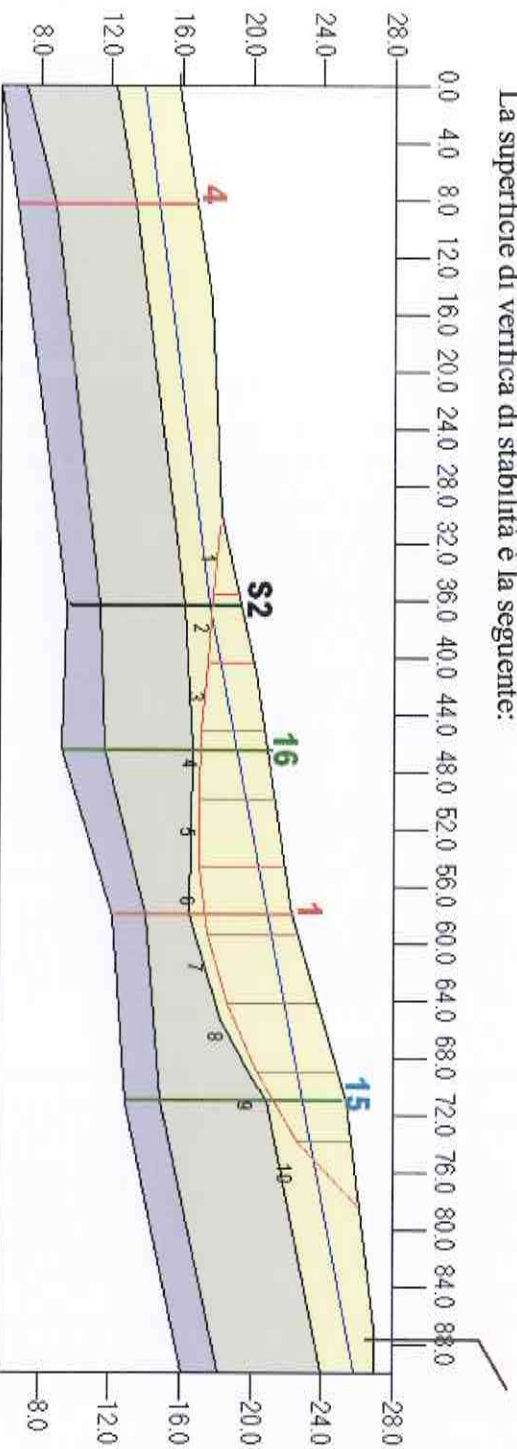
determinati secondo correlazioni relative alle prove CPT proposte da AA.VV ogni 20 cm, si è svolta una stima ragionata dei **parametri caratteristici** del livello stratigrafico A interessato, ottenendo:

- $\phi' = 18^\circ$; $C_u = 0.40 \text{ kg/cmq}$

Si sono svolte le seguenti verifiche di stabilità:

1. a Breve Termine in condizioni sismiche;
2. a Lungo Termine in presenza di falda.

La superficie di verifica di stabilità è la seguente:



1 - Verifica di stabilità a Breve Termine in condizioni sismiche: $F_s = 1.84$

Ritornati enti: VERIFICA BREVE TERMINE CON SISMA																
Analisi di stabilità: riepilogo generale delle superfici verificate																
Superf. minimo	Fs	Metodo di calcolo	Caric.p	X Base		Y Base		Lunghez. Za m	Inclinaz. zone °	Volume mc	Peso kg	Altezza falda m	Caric.N N	Caric.T T	Phi (°)	C(kg/cm du (m)
				m	m	m	m									
1	1.839	Jambu sem pificato		30.8	18.16	17.813	17.466	4.78	-4.2	4.122	7636.2	0	0	0	0	0.29
			1	35.572	17.813	17.466	4.78	-4.2	4.122	7636.2	0	0	0	0	0	0.29
			2	40.344	17.466	4.78	-4.2	4.78	-4.2	9.712	19088	0	0	0	0	0.29
			3	45.116	17.119	4.78	-4.2	4.78	-4.2	14.778	28631.99	0	0	0	0	0.29
			4	49.888	17.04	4.77	-0.9	4.77	-0.9	18.586	36267.18	0	0	0	0	0.29
			5	54.66	17.04	4.77	0	4.77	0	21.504	41993.57	0	0	0	0	0.29
			6	59.432	17.486	4.79	5.3	4.79	5.3	23.583	45811.17	0	0	0	0	0.29
			7	64.204	18.595	4.9	13.1	4.9	13.1	24.435	47719.98	0	0	0	0	0.29
			8	68.976	20.331	5.08	20	5.08	20	23.2	44856.81	0	0	0	0	0.29
			9	73.748	22.538	5.26	24.8	5.26	24.8	18.401	35312.8	0	0	0	0	0.29
			10	78.52	26.15	5.98	37.1	5.98	37.1	7.488	14316.02	0	0	0	0	0.29

LEGENDA

- Caricchi N= Caricchi normali (kg) Caricchi T= Caricchi tangenziali (kg)
- Phi= Angolo di resistenza al taglio (°) C= Coesione (kg/cmq)
- Accelerazione sismica orizzontale (g)..... 0.27
- Coefficiente beta..... 0.28
- Accelerazione sismica verticale (g)..... 0.14

2 - Verifica di stabilità a Lungo Termine con falda: $F_s = 1.17$

Ritornam enti: VERIFICA/LUNGO TERMINE CON FALDA

Analisi di stabilità: riempio generale delle superfici verificate

Superf. <i>minimo</i>	F_s <i>minimo</i>	Metodo di calcolo	X base		Y base		Larghez za m	Inclina zione °	Volume mc	Peso kg	Arezza falda m	Carich N	Carich T	Phi (°)	Ck/gcm ad (m)
			m	m	m	m									
1	1.186	Janbu sem plicato	30.8	18.16	4.78	-4.2	4.122	7635.2	0	0	14.6	0	0	0	0
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
			35.572	40.344	45.116	49.888	54.66	59.432	64.204	68.976	73.748	78.52			
			17.813	17.466	17.119	17.04	17.04	17.486	18.595	20.331	22.538	26.15			
			4.78	4.78	4.78	4.77	4.77	4.79	4.9	5.08	5.26	5.98			
			-4.2	-4.2	-4.2	-0.9	0	5.3	13.1	20	24.8	37.1			
			4.122	9.712	14.778	18.596	21.504	23.583	24.435	23.2	18.401	7.488			
			7635.2	19088	28631.99	36267.18	41993.57	45811.17	47719.98	44856.81	35312.8	14316.02			
			0	0.4	1.3	2.3	3	3.4	3.4	2.7	1.5	0.4			
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
			14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6			
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kg)

Carichi T= Carichi tangenziali (kg)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)

C= Coesione (kg/cm²)

Accelerazione sismica orizzontale (g)..... 0.0

Coefficiente beta..... 0.0

Accelerazione sismica verticale (g)..... 0.0

9 CONCLUSIONI E SUGGERIMENTI SULL'URBANIZZAZIONE DELL'AREA

Lo studio di approfondimento eseguito conferma in buona sostanza quanto espresso nel parere del 2006 (Area n. 25 in Variante) per conto dell'Amministrazione Comunale di Coriano, circa la pericolosità geomorfologica del sito.

In quella occasione si era precisato che l'urbanizzazione dell'area era possibile attraverso l'esecuzione di opere strutturali e regimazione delle acque sotterranee e superficiali.

Lo studio attuale, approfondito attraverso l'esecuzione di ulteriori indagini geognostiche (in aggiunta a quelle pregresse eseguite nell'area), ha permesso di meglio definire il modello geologico di riferimento e le condizioni di stabilità del versante e quindi orientare verso una scelta delle opere strutturali più idonee.

La porzione medio-bassa del versante risulta interessata da depositi di versante dello spessore di 3-6 metri con presenza di ipotetici piani di debolezza che potrebbero evolvere, in determinate condizioni, in veri e propri movimenti gravitativi.

Conseguentemente a ciò l'urbanizzazione del lotto esaminato può essere eseguita, a nostro parere, con le seguenti cautele:

- Realizzazione di una palificata di contenimento da mettere in opera nella parte basale del lotto incastrata nel substrato compatto evidenziato nelle sezioni litostratigrafiche allegate.
- Gli edifici da costruire dovranno essere dotati di fondazioni profonde incastrate anch'esse entro il substrato compatto così come evidenziato nelle sezioni litostratigrafiche allegate.
- Incrementare l'efficienza del sistema di drenaggi già messo in opera attraverso nuovi rami laterali verso valle.

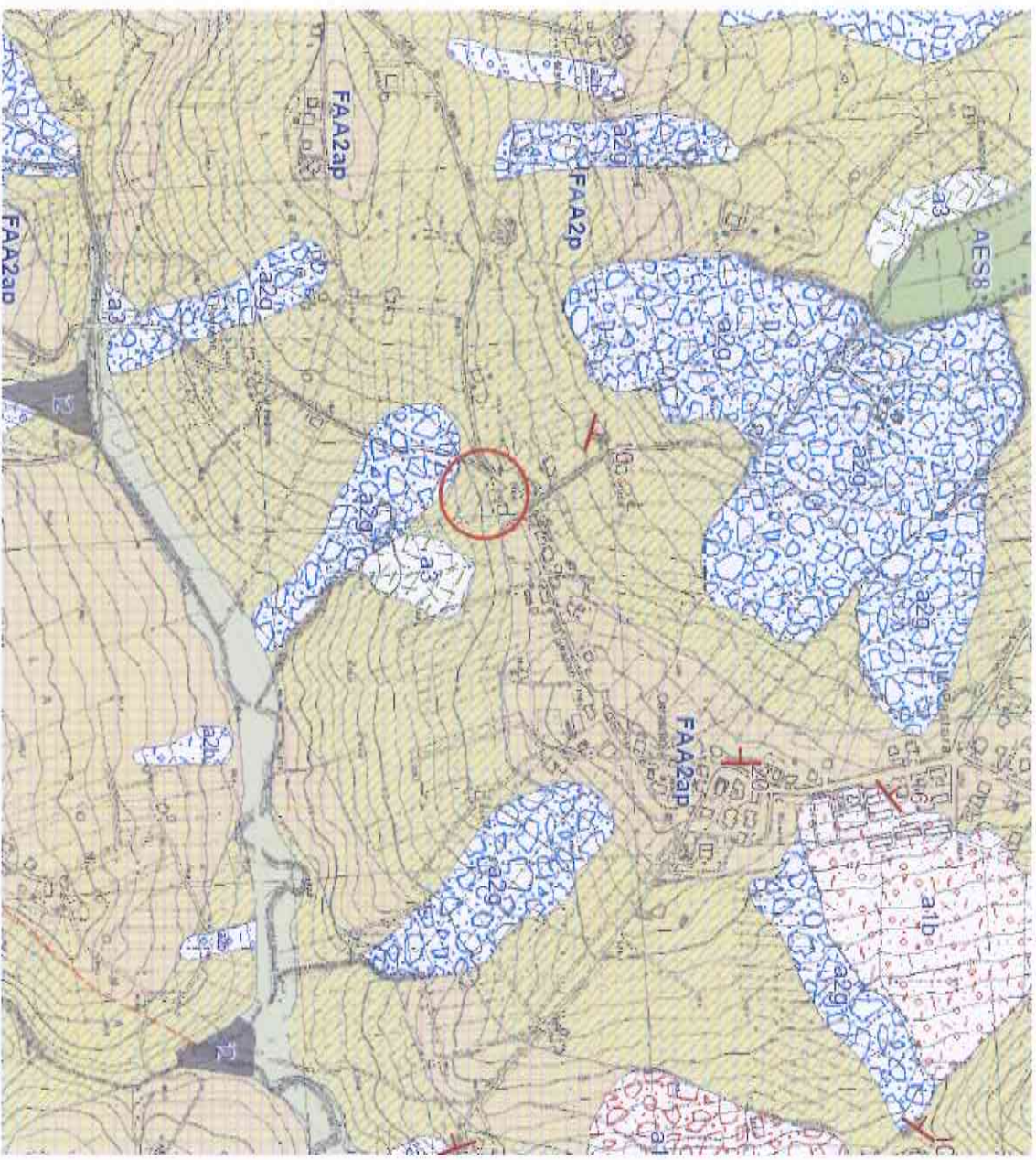
GEOCCOOP RIMINI – Novembre 2011

Seguono ALLEGATI

- FIG. 1 – Inquadramento area in studio (Scala 1:10.000)
- FIG. 2 – Inquadramento geologico (scala 1:10.000)
- FIG. 3 – Carta geomorfologica di sintesi (Scala 1 : 5.000)
- FIG. 4 – Stralcio della Tavola D2/2 del PTCP approvato (fuori scala)
- FIG. 5 – Stralcio Cartografia della Tavola 4-3 del PAI Autorità di Bacino Marecchia-Conca (fuori scala)
- FIG. 6 – Stralcio della Tavola A14 “Carta dell’edificabilità” annessa al PRG vigente (Scala 1:10.000)
- FIG. 7 – Ubicazione indagini geognostiche (Planimetria tratta da Geoproget - Scala 1:1.000)
- N° 11 diagrammi prove penetrometriche statiche
- FIG. 8 – Sezione litostratigrafica A – A (Scala 1:400)
- FIG. 9 – Sezione litostratigrafica B – B (Scala 1:400)
- FIG. 10 – Sezione litostratigrafica C – C (Scala 1:400)
- Allegato A – n° 6 schede di analisi di laboratorio
- Allegato B – Indagine sismica – Relazione (n° 5 pagine)



FIG. 1 – Inquadramento area in studio (Scala 1:10.000)
(Sez. n. 267040 Cerasolo)



Depositi quaternari continentali

- a1 - Deposito di frana attiva di tipo indeterminato
- a1a - Deposito di frana attiva per scivolamento
- a1d - Deposito di frana attiva per colamento lento
- a2 - Deposito di frana quiescente di tipo indeterminato
- a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento
- a2d - Deposito di frana quiescente per colamento lento
- a2g - Deposito di frana quiescente complessa
- a3 - Deposito di versante s.l.
- a4 - Deposito eluvio-colluviale

Successione neocenica - quaternaria del margine appenninico padano

- AES - Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore
- AES3 - Subsystema di Ravenna
- AES3a - Unità di Modena
- AES7 - Subsystema di Villa Verucchio
- AES6 - Subsystema di Bazzano
- SVG - Arenarie ed argille di Savignano
- FAA - Argille Azzurre
- FAA2p - Argille Azzurre - membro delle Arenarie di Borello - litofacies pellico-arenacea
- FAA2ap - Argille Azzurre - membro delle Arenarie di Borello - litofacies arenaceo-pellica
- FCOa - Formazione a Colombacci - litofacies arenacea

FIG. 2 – Inquadramento geologico (scala 1:10.000)

(Stralcio della Carta Geologica Regionale a Scala 1:10.000 sez. 267030 "Cerasolo")

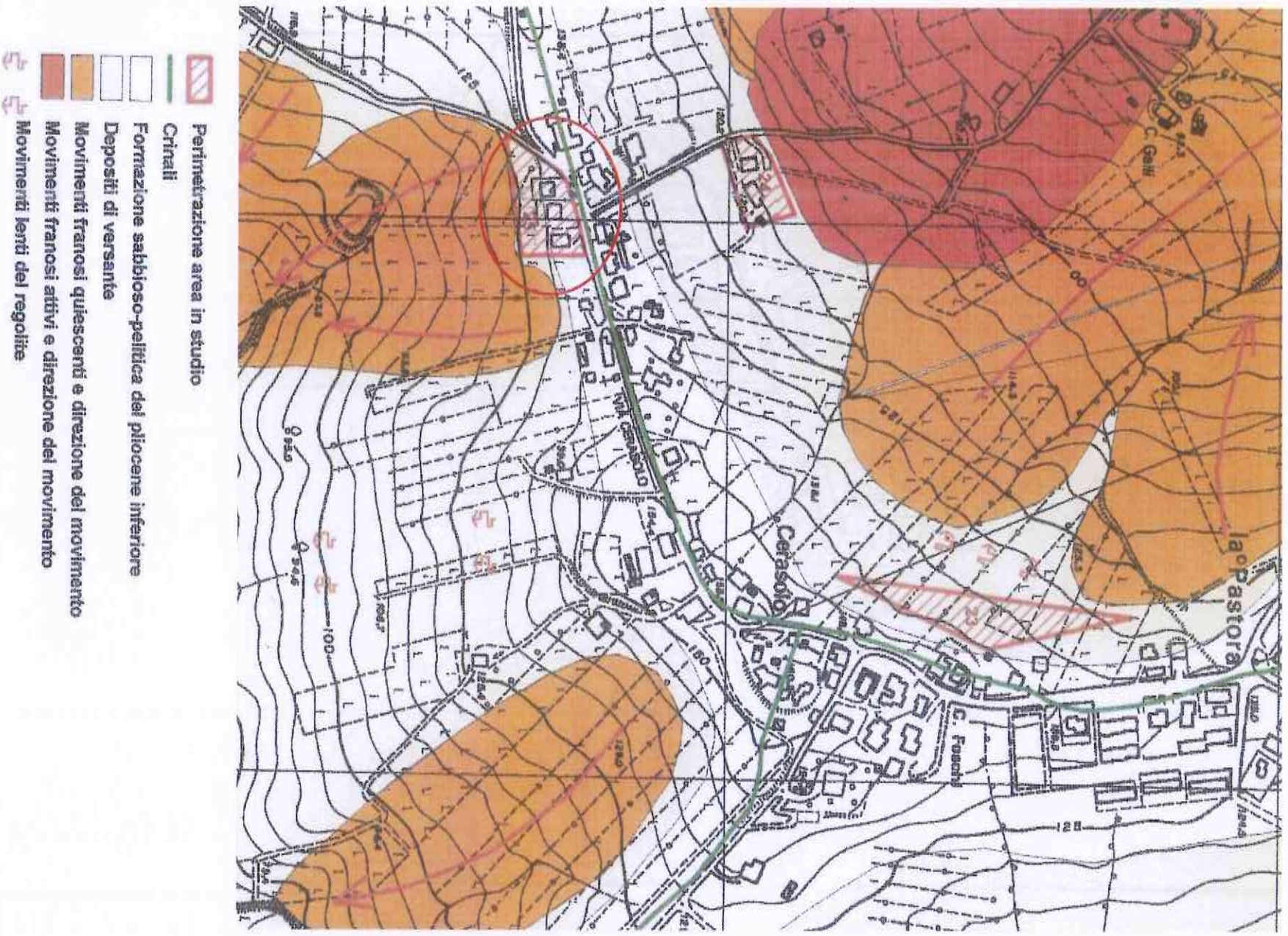


FIG. 3 – Carta geomorfologica di sintesi (Scala 1:5.000)
(da fotointerpretazione Geocoop)

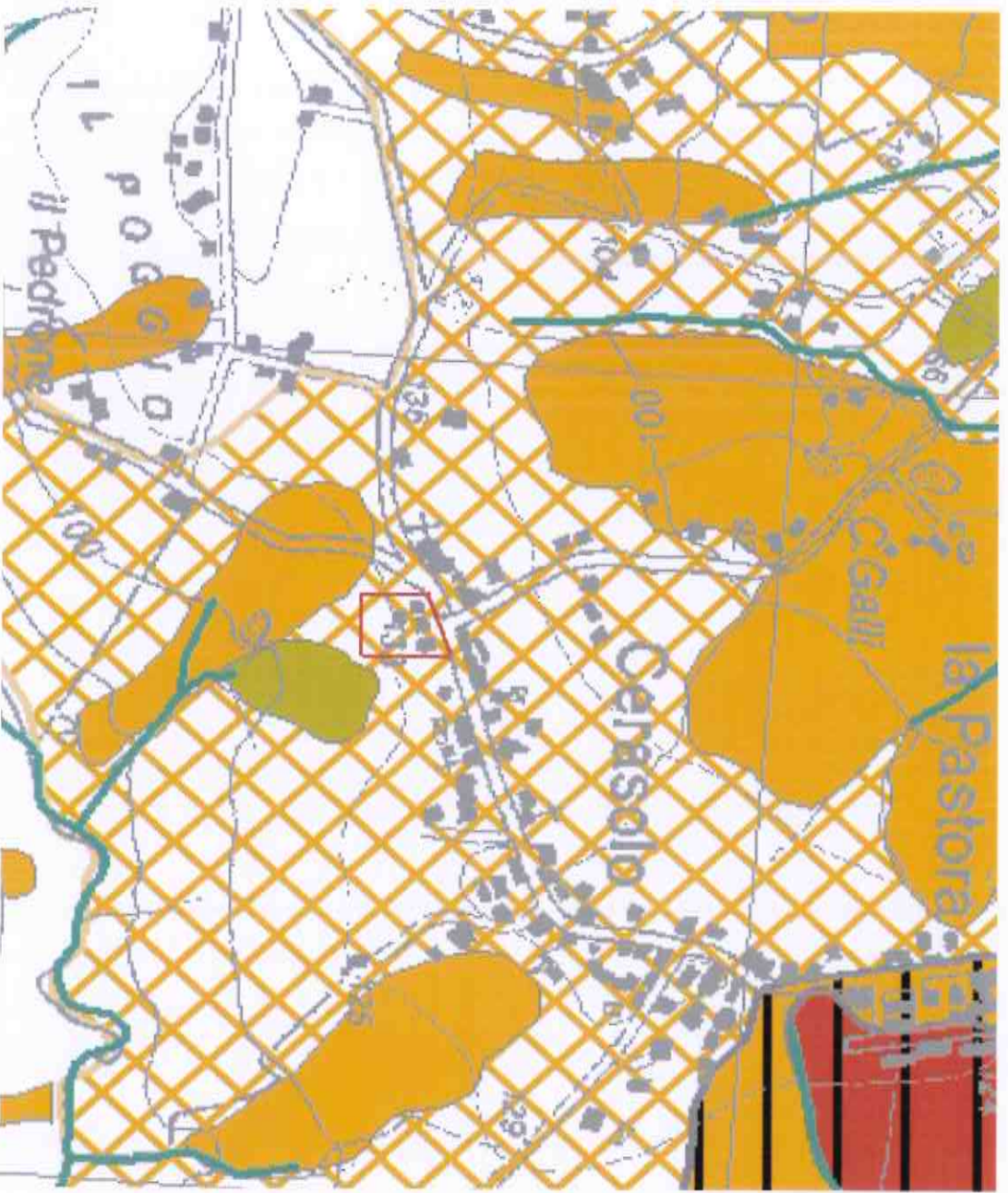
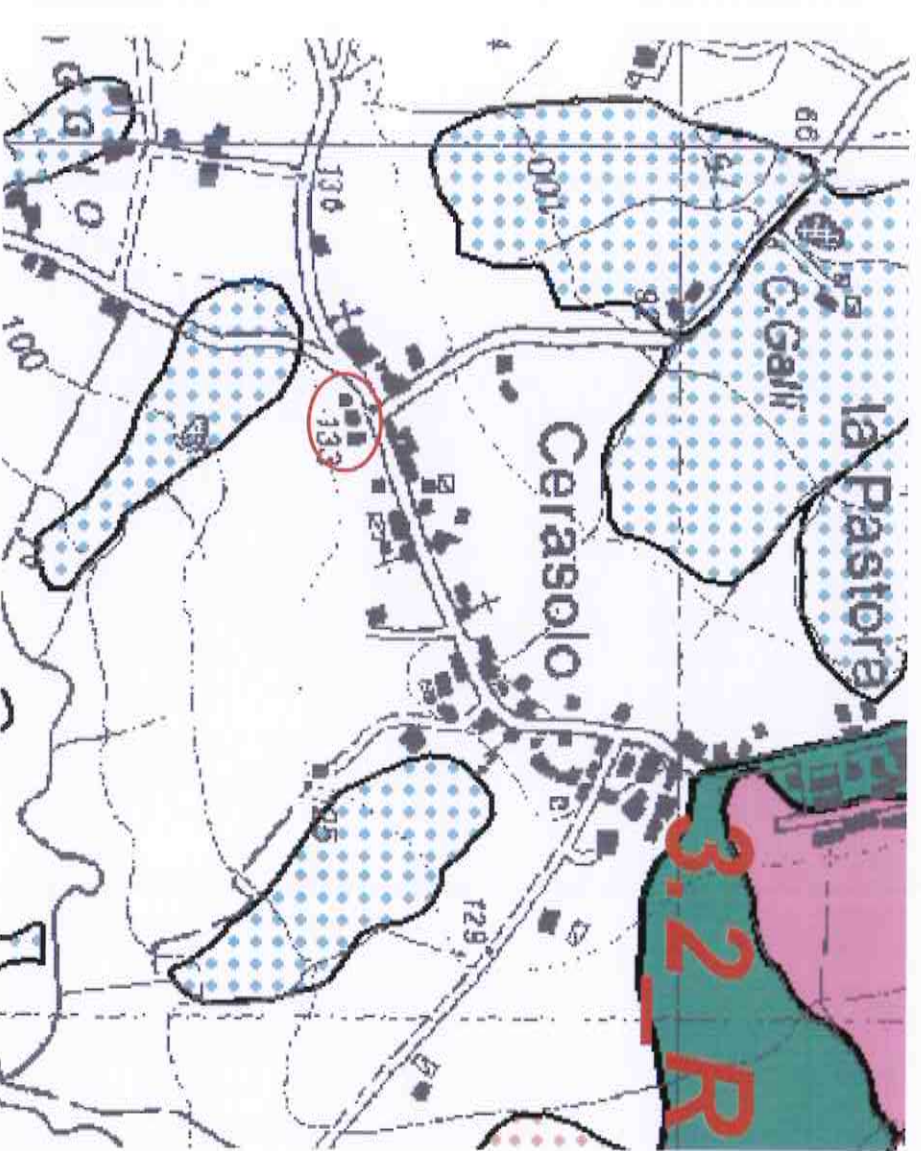






FIG. 4 – Stralcio della Tavola D2/2 del PTCP approvato (fuori scala)





AREE DI VERSANTE IN CONDIZIONI DI DISSESTO

-  Calanchi (art. 14)
-  Aree in dissesto per fenomeni in atto (art. 14)
-  Aree di possibile influenza del dissesto nelle frane di crollo (art. 15)
-  Aree di possibile evoluzione del dissesto e frane quiescenti (art. 16)

Abitati dichiarati da consolidare ex L. 445/1908 nel territorio della Regione Emilia-Romagna (Art. 14, comma 3 lett. e; Art. 15, comma 3 lett. e; Art. 16, comma 3 lett. d)

 Aree verificate (art. 17)

AREE IN DISSESTO DA ASSOGETTARE A VERIFICA (ART. 17)

-  Attiva
-  Quiescente

 Area non cartografabile attiva

 Area non cartografabile quiescente








NN_R Codice identificativo di area a rischio elevato e/o molto elevato (perimetrazione di cui all'Allegato 2A)

NN_P Codice identificativo di area a pericolosità elevata e/o molto elevata (perimetrazione di cui all'Allegato 2B)

FIG. 5 – Stralcio della Tavola 4-3 annessa al PAI Marecchia - Conca 2008
(fuori scala)



LEGENDA

ABB.	INTESE SULLA BONTÀ/USO	AVVERTENZE
 Arre esondabili	SCONSIGLIATA	MANUTENZIONE DEI SOI ALTI EVIDENZE ANTROPICHE DI PERTINACIO
 Alturetti terrazzate	CONSENTITA	NESSUNA
 Arre collinate	CONSENTITA	NESSUNA
 Arre in potenziale dissesto	CONSENTITA	INDAGINI GEOLOGICHE E GEOELETTRICHE IN DETTAGLIO (ART. 96 DEL D.L. N. 241)
 Piana alluvia	VIETATA	SISTEMI DI DRENAGGIO AMBIENTALI E SOSTANZE POLLUENTI ACQUOSE
 Piana quiescente	VIETATA	SISTEMI DI DRENAGGIO AMBIENTALI E SOSTANZE POLLUENTI ACQUOSE
 Area calcareiva	VIETATA	SISTEMI DI DRENAGGIO AMBIENTALI E SOSTANZE POLLUENTI ACQUOSE

**FIG. 6 – Stralcio della Tavola A14 “Carta dell’edificabilità”
 annessa al PRG vigente (Scala 1:10.000)**

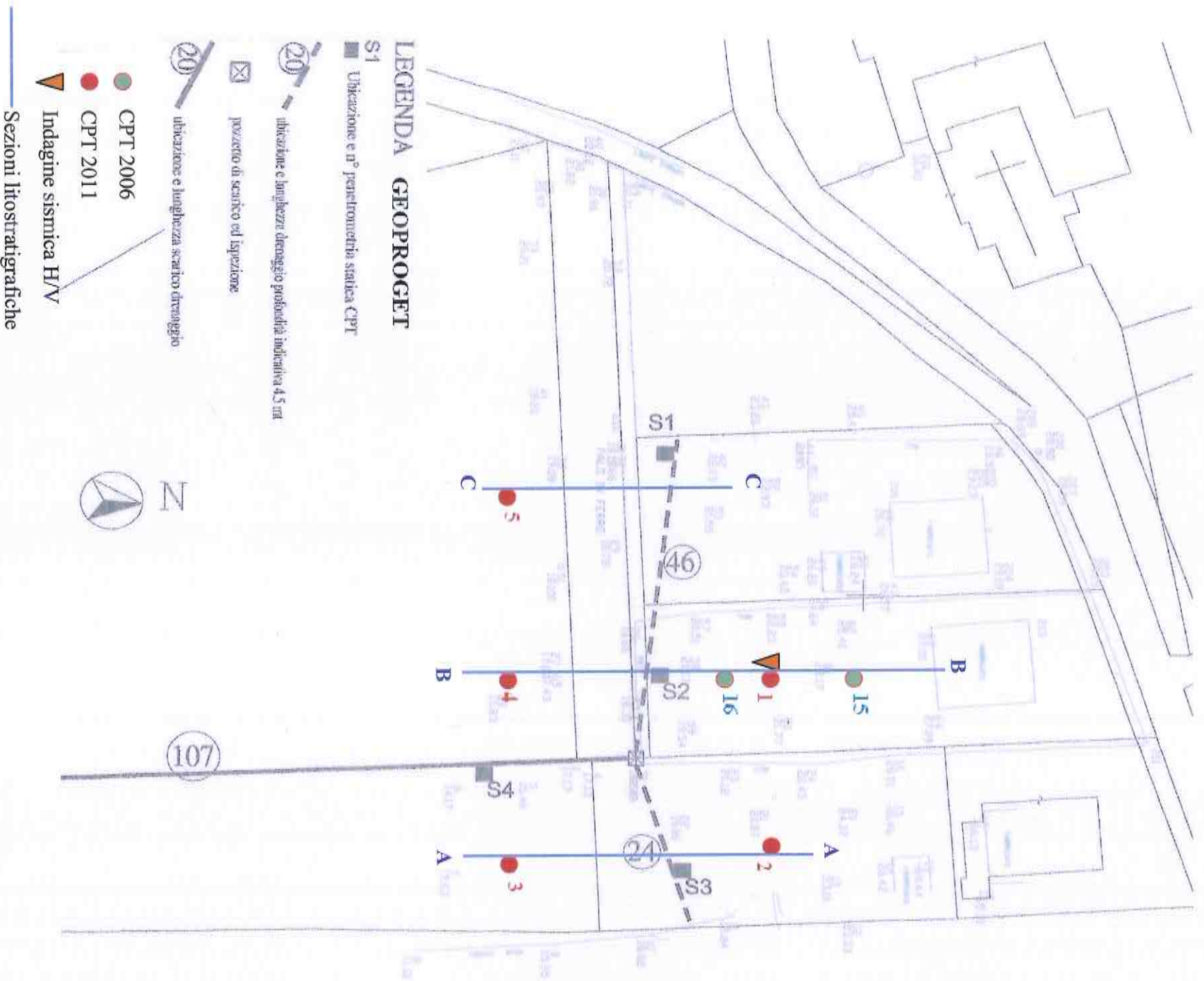


FIG. 7 – Ubicazione indagini geognostiche
(Planimetria tratta da Geoproget - Scala 1:1.000)

Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT1

Cantiere: Coriano (RN) - Cerasolo - Via Il Pedrone

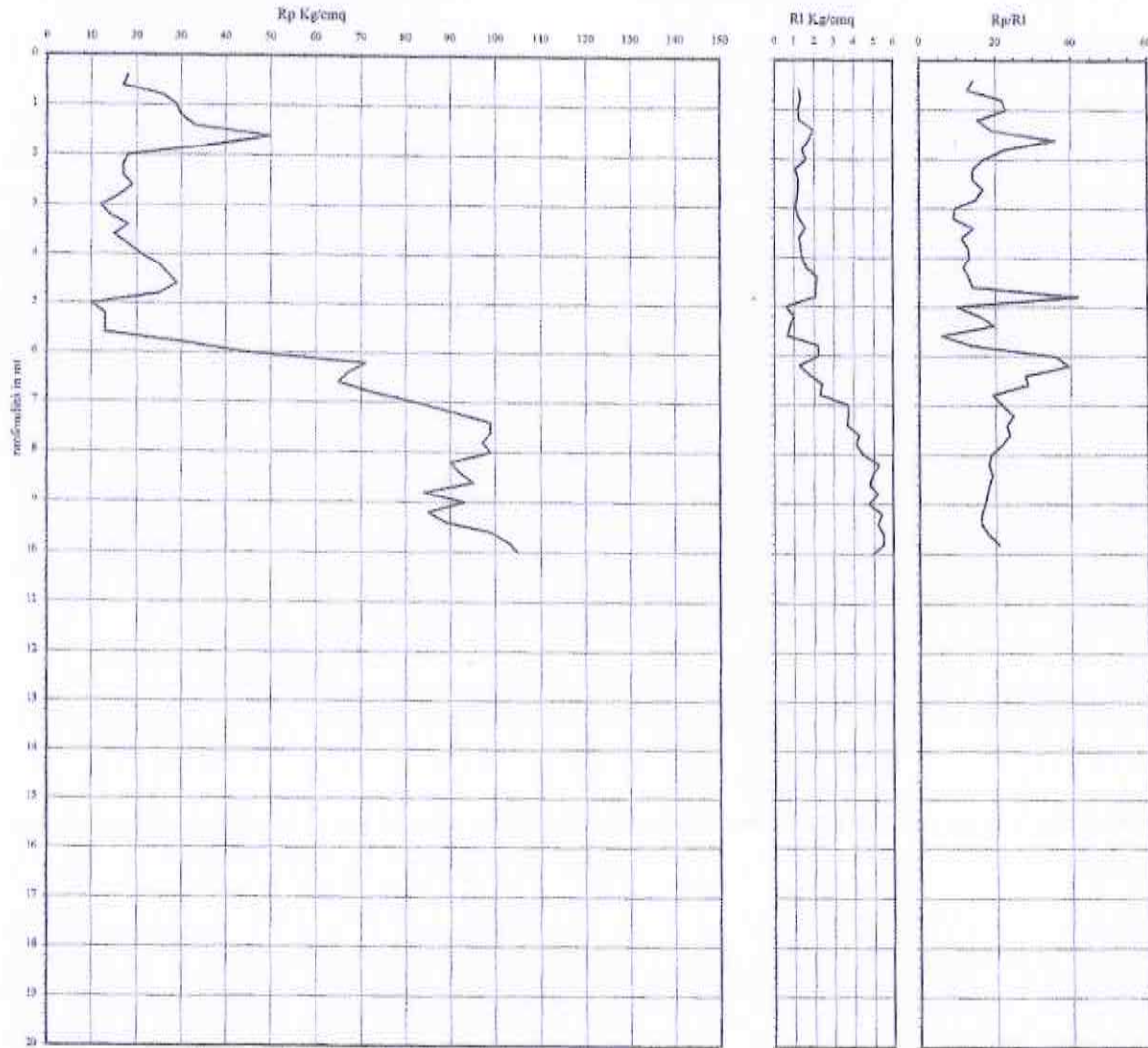
Data: Ottobre 2011

Quota inizio: piano campagna

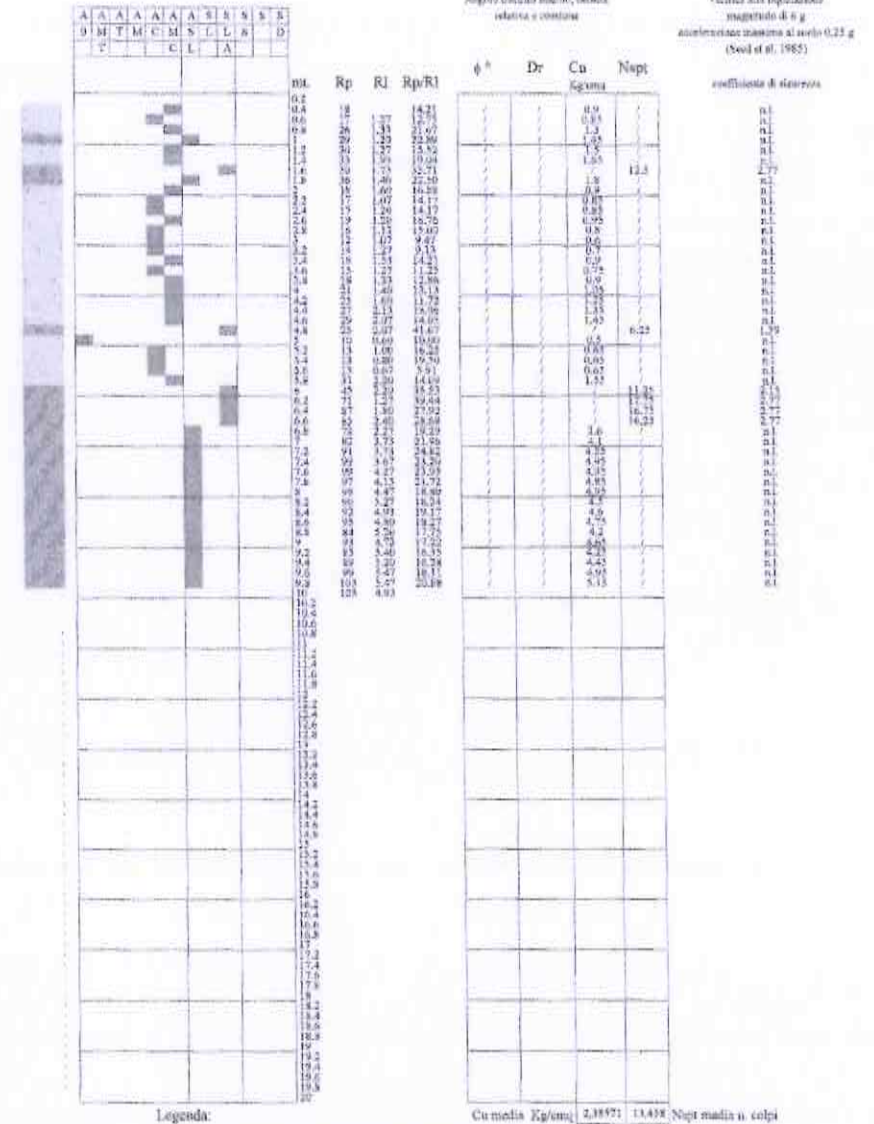
Liv. falda: -4,30 mt.

Note: piezometro

Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann + 1978)



Caratteristiche strumento penetrometro statico semovivente, 200kN spinta
Punta meccanica tipo Begemann - manicotto laterale superficie 150 cm²



Legenda:

Cu media Kg/cm² 2,3572 13,438 Napt media n. colpi

argilla AO argilla organica e terreni misti; AMI argilla molto tenera,
 AT argilla tenera; AM argilla media; AC argilla compatta
 AMC argilla molto compatta; ASL argilla sabbiosa limosa,
 SL sabbia e limo; SLA sabbia limosa argillosa
 SS sabbia scioltta; S sabbia; SD sabbia densa

n.l. non liquefacibile

Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT2

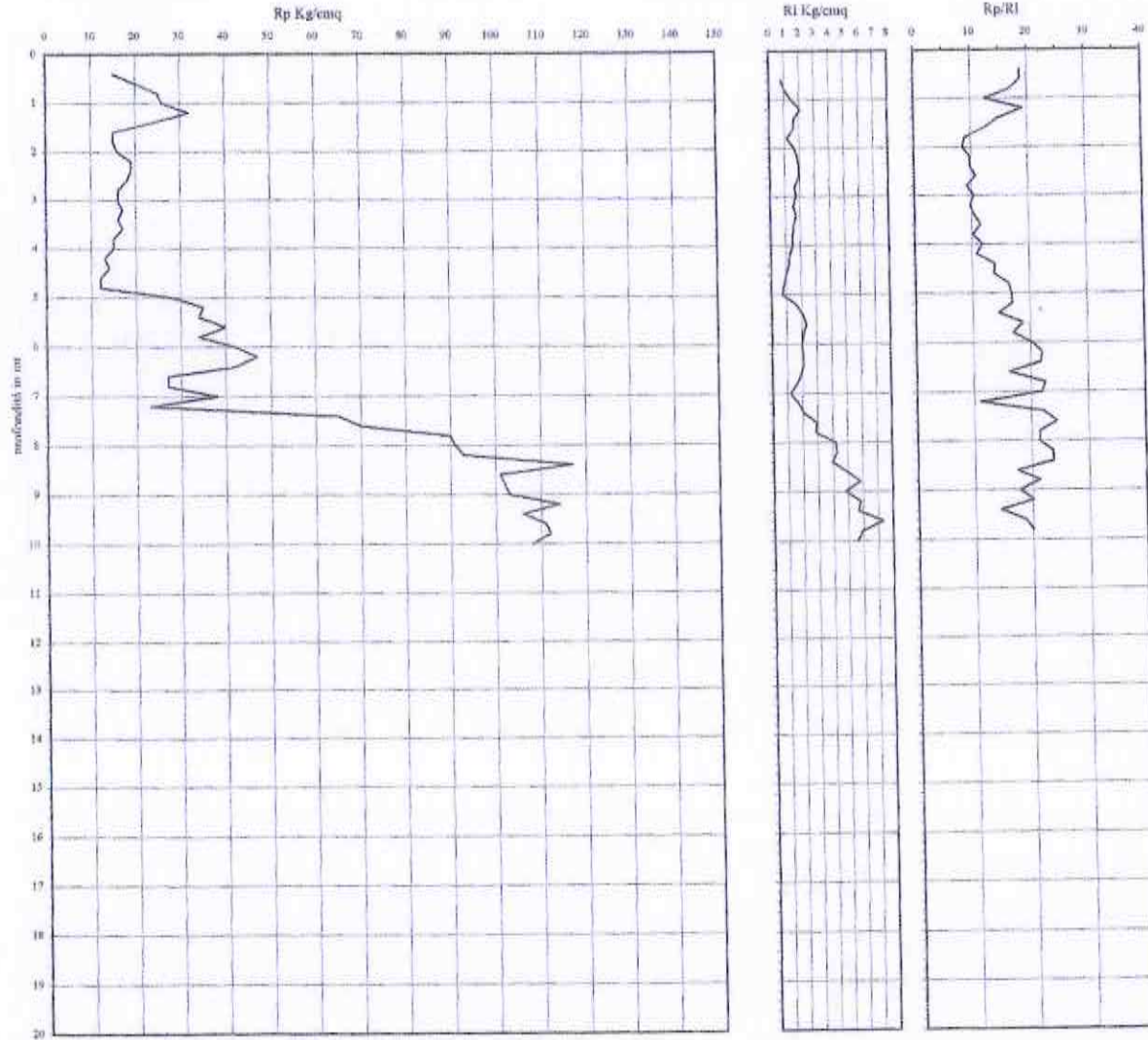
Cantiere: Coriano (RN) - Cerasolo - Via Il Pedrone

Data: Ottobre 2011

Quota inizio: piano campagna

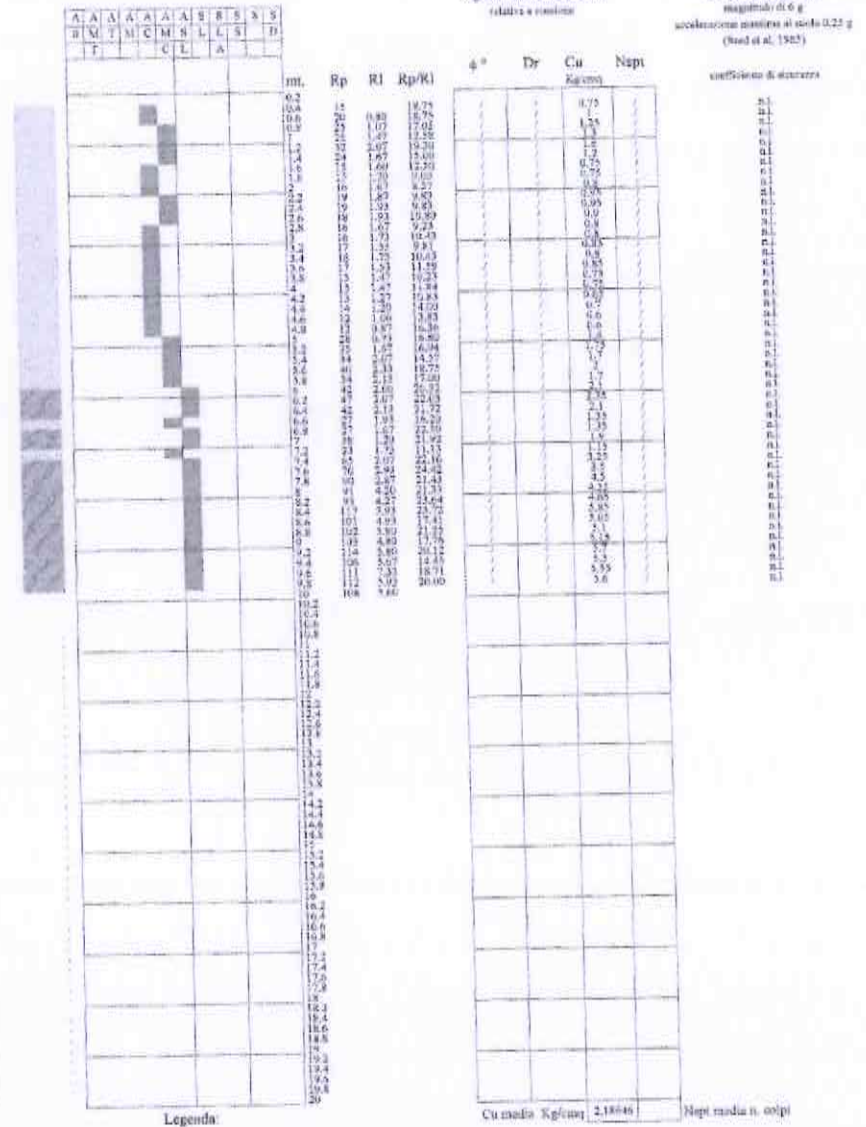
Liv. falda: assente

Note: piezometro



Caratteristiche strumento penetrometro statico semovente, 200kN spinta
 Prova meccanica tipo Hegemann - manicotto laterale superficie 150 cm²

Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)



- argilla
- argilla limosa argillosa
- sabbia

AO argilla organica e terreni misti, AMT argilla molto tenera,
 AT argilla tenera, AM argilla media, AC argilla compatta,
 ABC argilla molto compatta, AL argilla sabbiosa limosa,
 SL sabbia e limo, SLA sabbia limosa argillosa
 BS sabbia sciolta, S sabbia, SD sabbia densa

n.1 non liquefacibile

Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT3

Cantiere: Coriano (RN) - Cerasolo - Via Il Pedrone

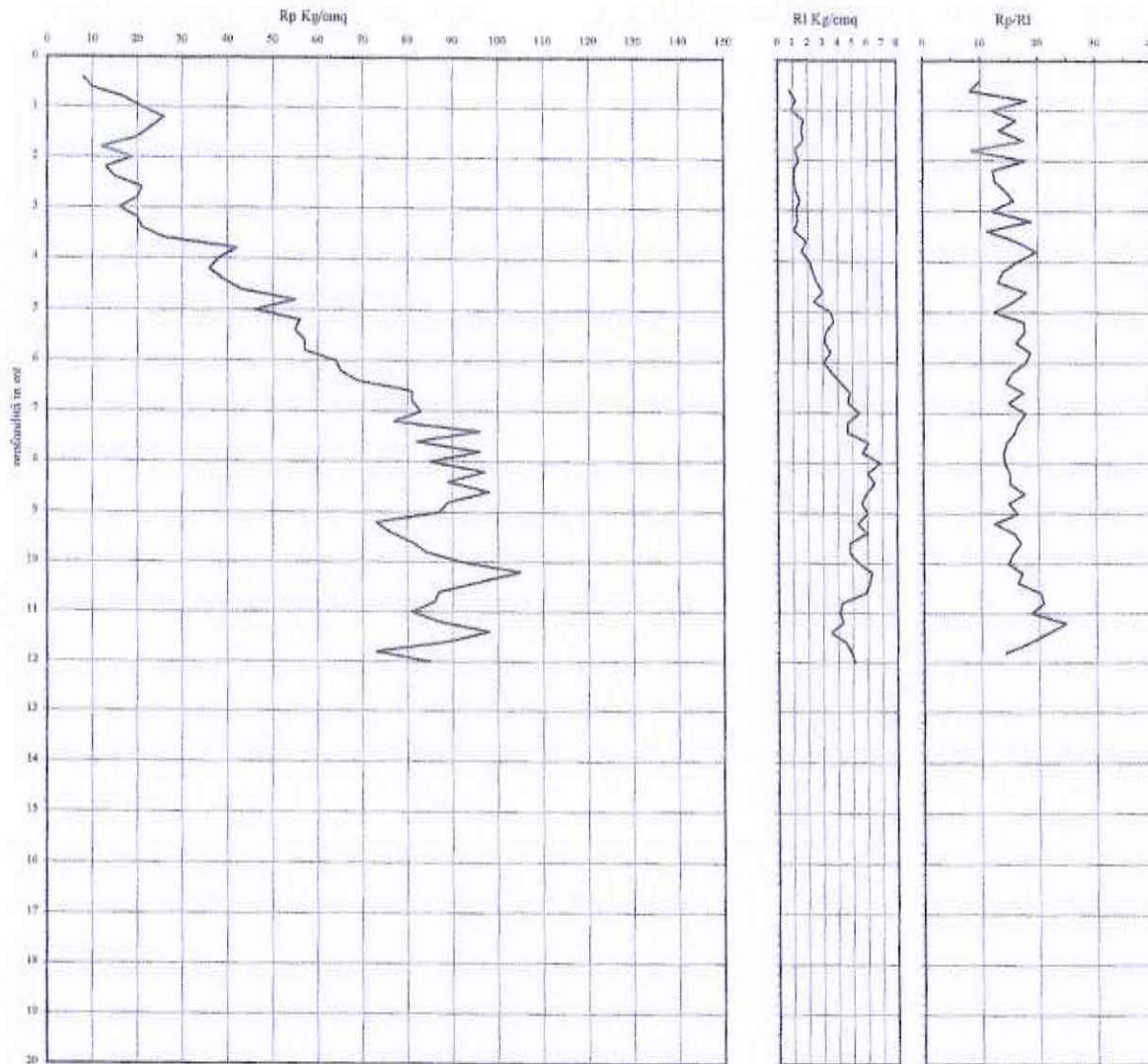
Data: Ottobre 2011

Quota inizio: piano campagna

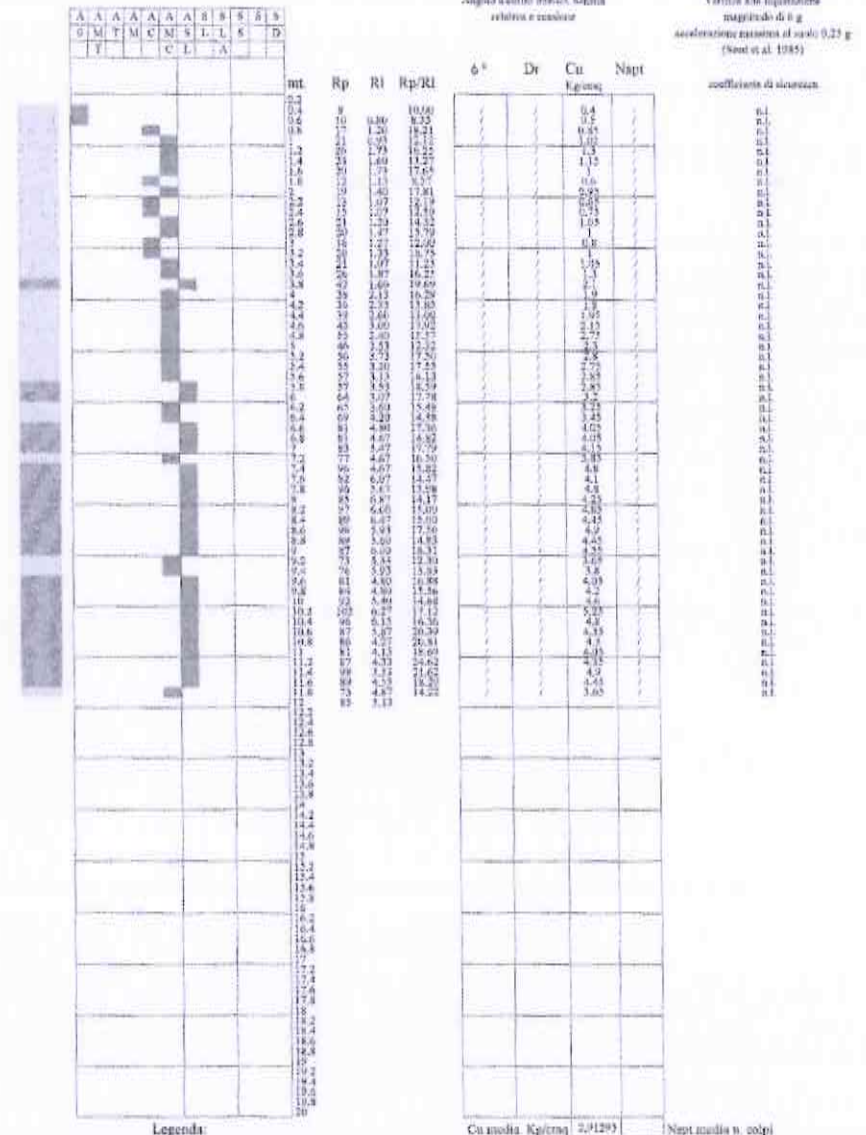
Liv.falda: assente

Note: piezometro

Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)



Caratteristiche strumento penetrometro statico sanovone, 200kN/100mm
 Punta meccanica tipo Begemann - manico in acciaio inossidabile 150 cm



Legenda:
 argilla
 sabbia limosa argillosa
 sabbia

AC argilla organica e terreni misti; AMT argilla molto tenera;
 AT argilla tenera; AM argilla media; AC argilla compatta
 AMC argilla molto compatta; ASL argilla sabbiosa limosa;
 SL sabbia e limo; SLA sabbia limosa argillosa
 SS sabbia sciola; S sabbia; SD sabbia densa

Coefficiente di sicurezza: n.l. non liquefificabile

Cu media Kg/cm² 2,0/1293 Napt media n. colpi

Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT4

Cantiere: Coriano (RN) - Cerasolo - Via Il Pedrone

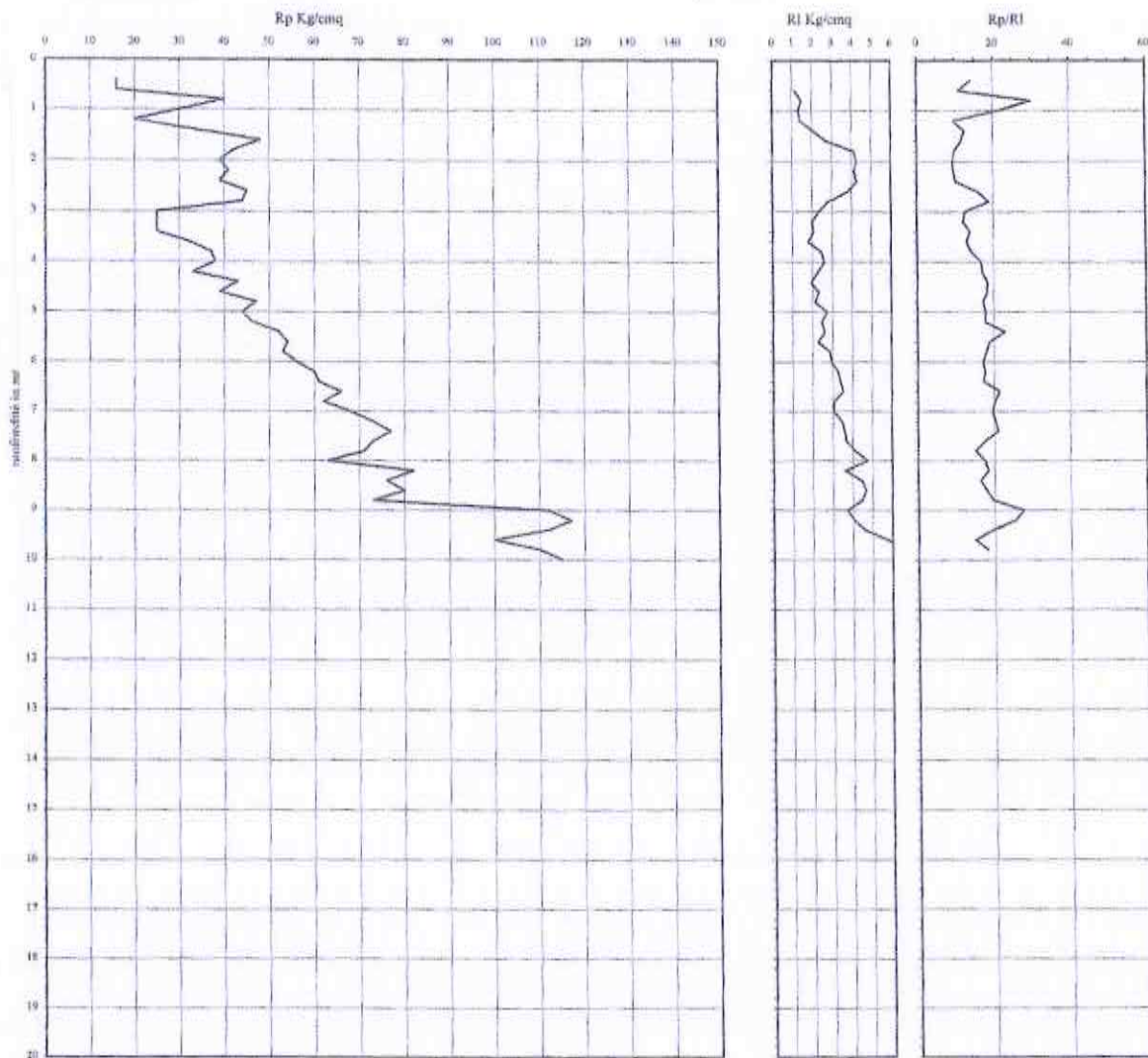
Data: Ottobre 2011

Quota inizio: piano campagna

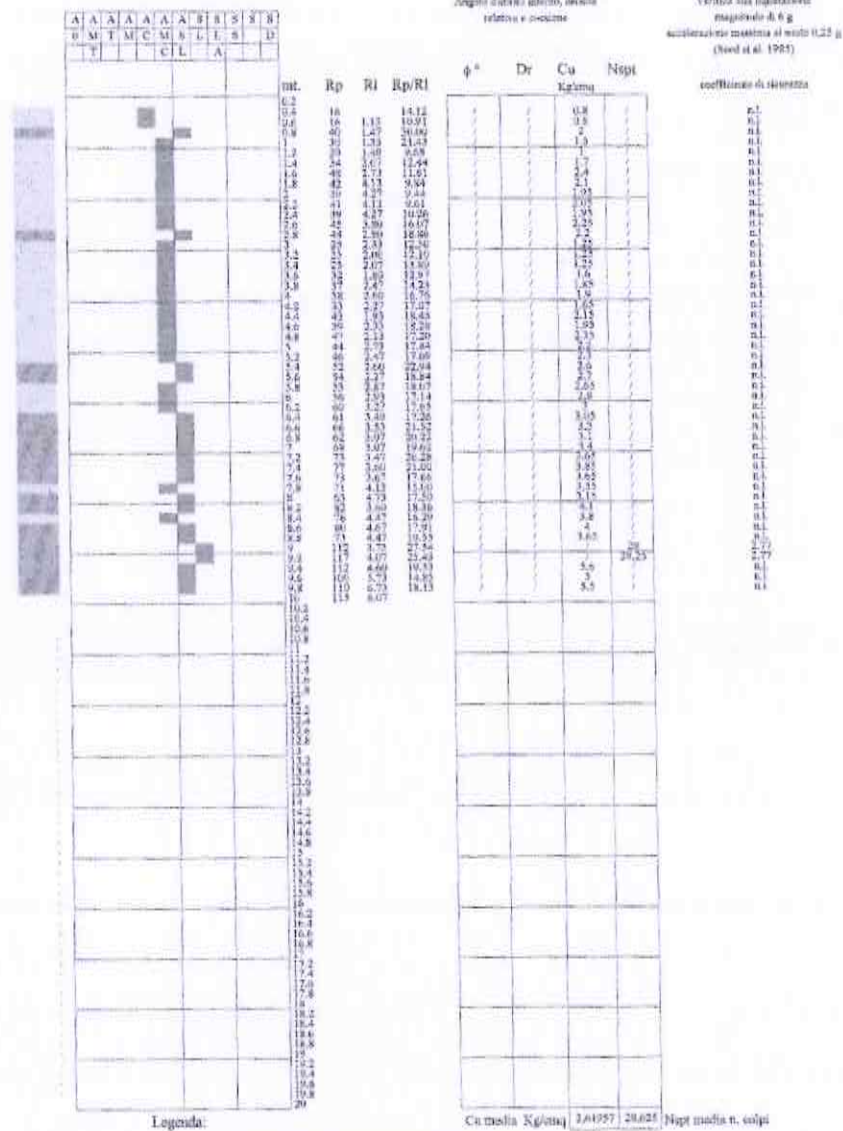
Liv. falda: assente

Note: piezometro

Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)



Caratteristiche strumento: penetrometro statico stagionale, 200kN agnata
Punta meccanica tipo Begemann - momento laterale superficie 150 cmq



Angolo d'attrito interno, decimale relativo e normale

Verifica alla liquefazione
magazzino di 6 g
accelerazione massima al vento 0.25 g
(vedi el. 1981)

Legenda:
 AO argilla organica e terreni molli; AMT argilla molto tenera;
 AT argilla tenera; AM argilla media; AC argilla compatta
 AMC argilla molto compatta; ASL argilla sabbiosa limosa;
 SL sabbia e limo; SLA sabbia limosa argillosa
 SS sabbia siltosa; S sabbia; SD sabbia destra
 n.l. non liquefacibile

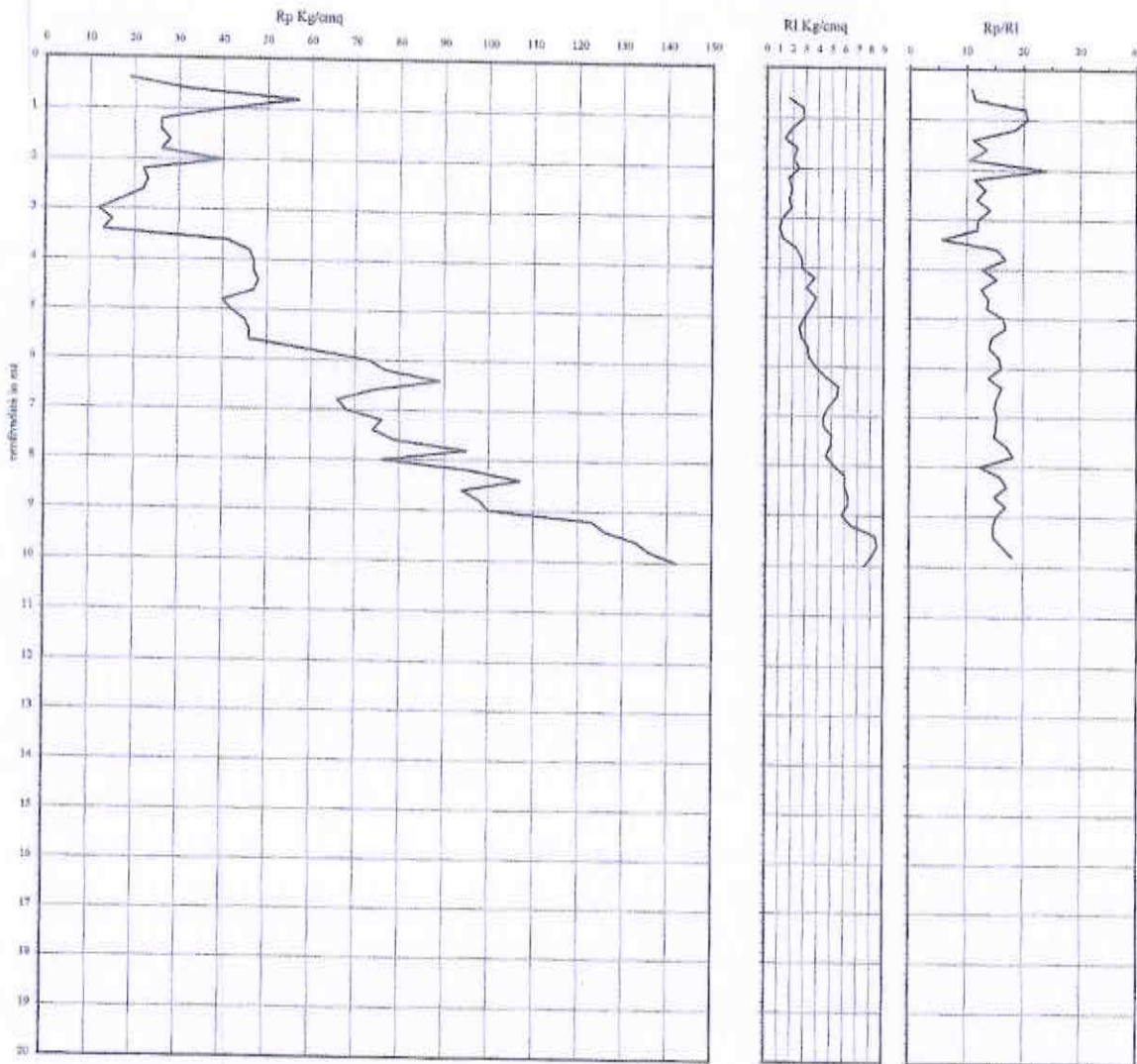
Cu media Kg/cm² 3,01957 28,025 Nopt media n. colpi

Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT5
 Cantiere: Coriano (RN) - Cerasolo - Via Il Pedrone
 Data: Ottobre 2011

Quota inizio: piano campagna
 Liv.falda: assente
 Note: -10,00 mt piezometro

Classificazione orientativa dei terreni (Schmermann - 1978)



Caratteristiche strumento penetrometro statico semiautomatico, 200kN spinta
 Punta meccanica tipo Begemann - manico laterale superficie 150 cm²

Angolo Frotto interno, dovuto solare e coesivo		Verifica alla liquefazione magistrale di 0 g accelerazione massima al sordo 0,25 g (Besi et al. 1985)	
ϕ^*	Dr	Cu Kg/cm²	N _{sp1}
<p>Legenda:</p> <ul style="list-style-type: none"> argilla sabbia limoso-argillosa sabbia 			
0,2			
0,4			
0,6			
0,8			
1,0			
1,2			
1,4			
1,6			
1,8			
2,0			
2,2			
2,4			
2,6			
2,8			
3,0			
3,2			
3,4			
3,6			
3,8			
4,0			
4,2			
4,4			
4,6			
4,8			
5,0			
5,2			
5,4			
5,6			
5,8			
6,0			
6,2			
6,4			
6,6			
6,8			
7,0			
7,2			
7,4			
7,6			
7,8			
8,0			
8,2			
8,4			
8,6			
8,8			
9,0			
9,2			
9,4			
9,6			
9,8			
10,0			
10,2			
10,4			
10,6			
10,8			
11,0			
11,2			
11,4			
11,6			
11,8			
12,0			
12,2			
12,4			
12,6			
12,8			
13,0			
13,2			
13,4			
13,6			
13,8			
14,0			
14,2			
14,4			
14,6			
14,8			
15,0			
15,2			
15,4			
15,6			
15,8			
16,0			
16,2			
16,4			
16,6			
16,8			
17,0			
17,2			
17,4			
17,6			
17,8			
18,0			
18,2			
18,4			
18,6			
18,8			
19,0			
19,2			
19,4			
19,6			
19,8			
20,0			

AO argilla organica e terreni misti, AMT argilla molto tenera,
 AT argilla tenera, AM argilla media, AC argilla compatta
 AMC argilla molto compatta, ASL argilla sabbiosa limosa,
 SI sabbia e limo, SLA sabbia limoso argillosa
 SS sabbia sciolta, S sabbia, S13 sabbia densa

n.l. non liquefacibile

N_{sp1} media n. colpi

Cu media Kg/cm² 2,95104

Prova Penetrometrica Statica da GEOPROGET

Prova n.: CPT3

Cantiere: Coriano (RN) - Cerasolo, via Il Pedrone

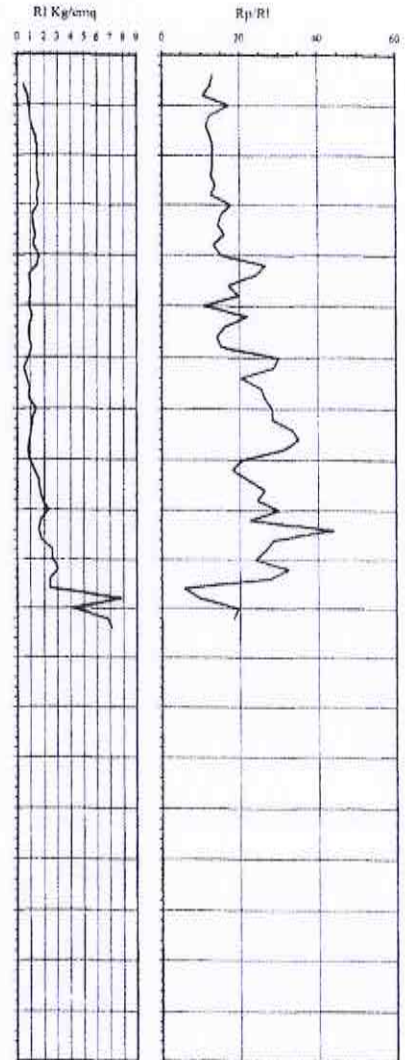
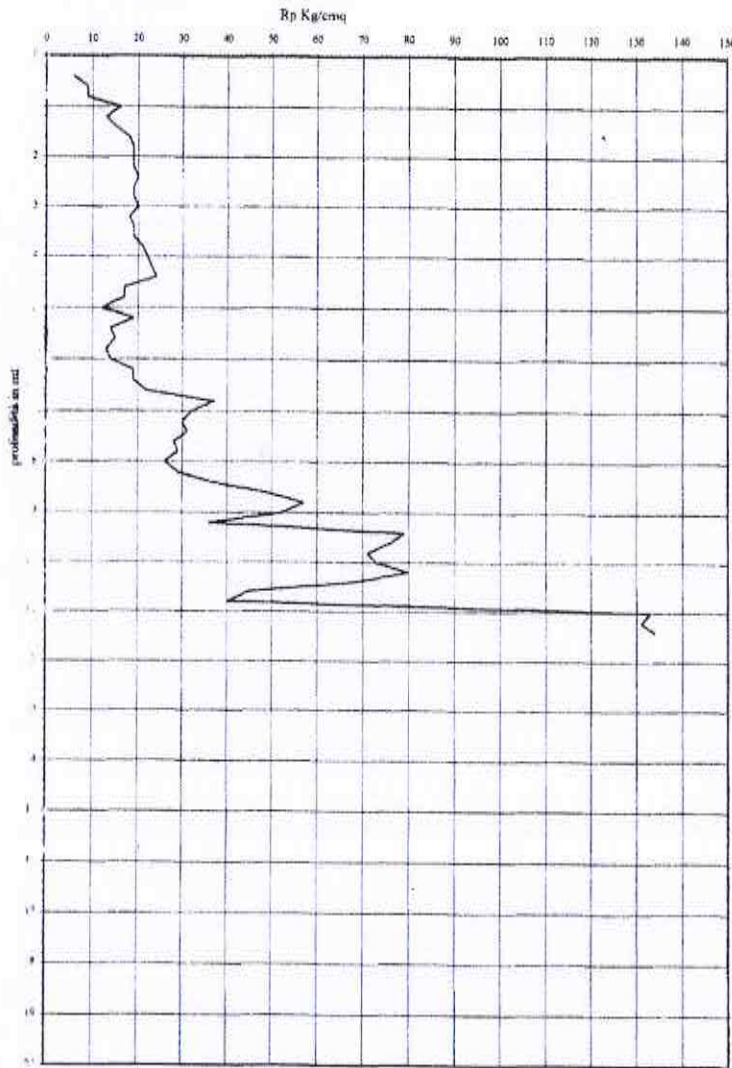
Data: Giugno 2008

Quota inizio: piano campagna

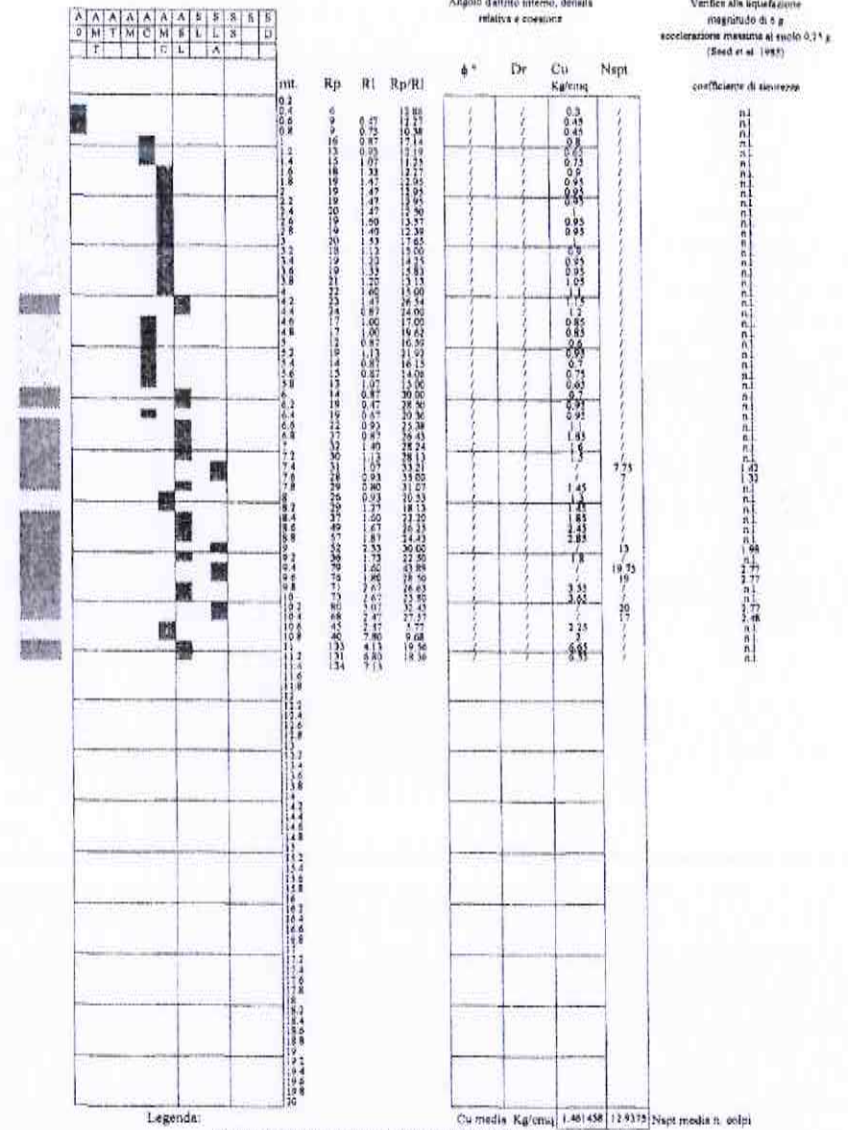
Liv. falda: -3,50 mt.

Note:

Classificazione orientativa dei terreni (Schnertmarz - 1978)



Caratteristiche strumento: penetrometro statico removibile, 200kN spinta
Punta meccanica tipo Begemann - manomero laterale superficie 150 cm²



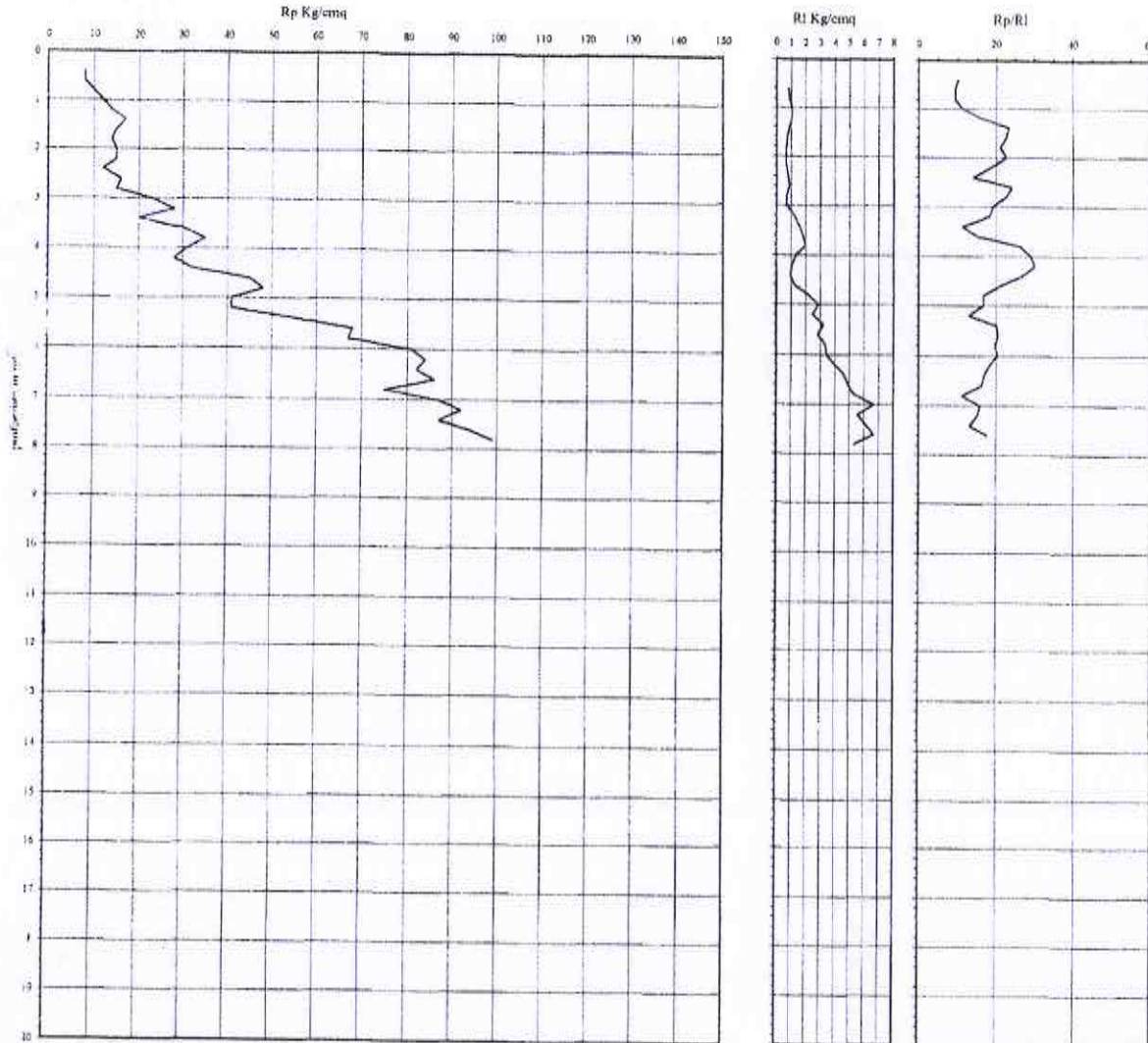
Legenda:
 argilla
 sabbia limoso argillosa
 sabbia
 AO argilla organica e terreni misti, AMT argilla molto tenera,
 AT argilla tenera, AM argilla media, AC argilla compatta
 AMC argilla molto compatta, ASI argilla sabbiosa limosa,
 SL sabbia e limo, SLA sabbia limoso argillosa
 SS sabbia sciolta, S sabbia, SD sabbia densa
 n.l. non liquefacibile

Prova Penetrometrica Statica *da GEOPROGET*

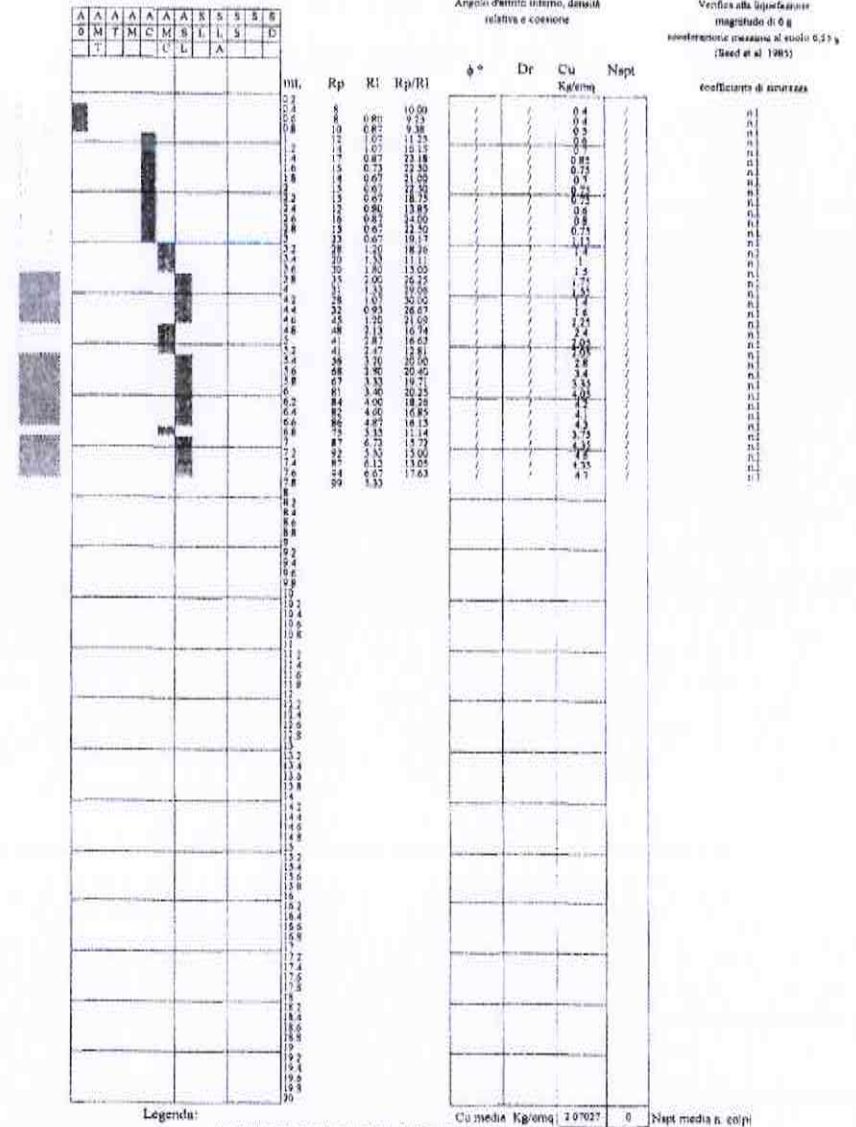
Prova n.: CPT4
 Cantiere: Coriano (RN) - Cerasolo, via Il Pedrone
 Data: Giugno 2008

Quota inizio: piano campagna
 Liv.falda: assente
 Note:

Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)



Caratteristiche strumento penetrometro statico semovente, 200kN sintonia
 Punta meccanica tipo Begemann - manicotto laterale superficie 150 cm²



Legenda:
 argilla
 sabbia limoso argillosa
 sabbia

AO argilla organica e terreni misti, AMT argilla molto tenera;
 AT argilla tenera, AM argilla media, AC argilla compatta
 ANC argilla molto compatta, ASL argilla sabbiosa limosa,
 SL sabbia e limo, SLA sabbia limoso argillosa
 SS sabbia sciolta, S sabbia, SD sabbia densa

C_u media Kg/cm^2 : 2.07027 0 N_{apt} media n. colpi

n.l. non liquefacibile

Prova Penetrometrica Statica

Prova n. CPT 13

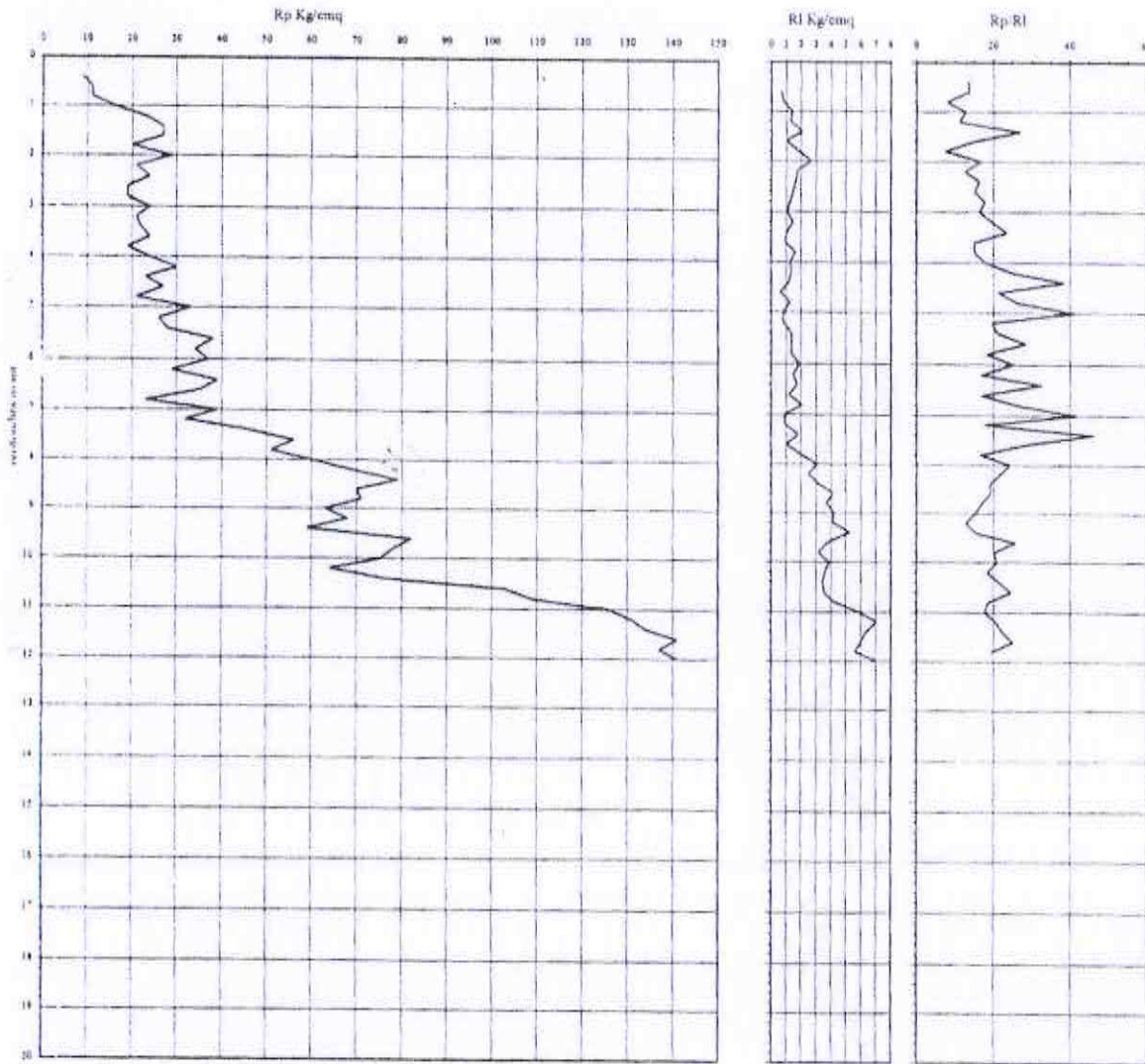
Cantiere: Coriano (RN) - variante PRO

Quota inizio: piano campagna

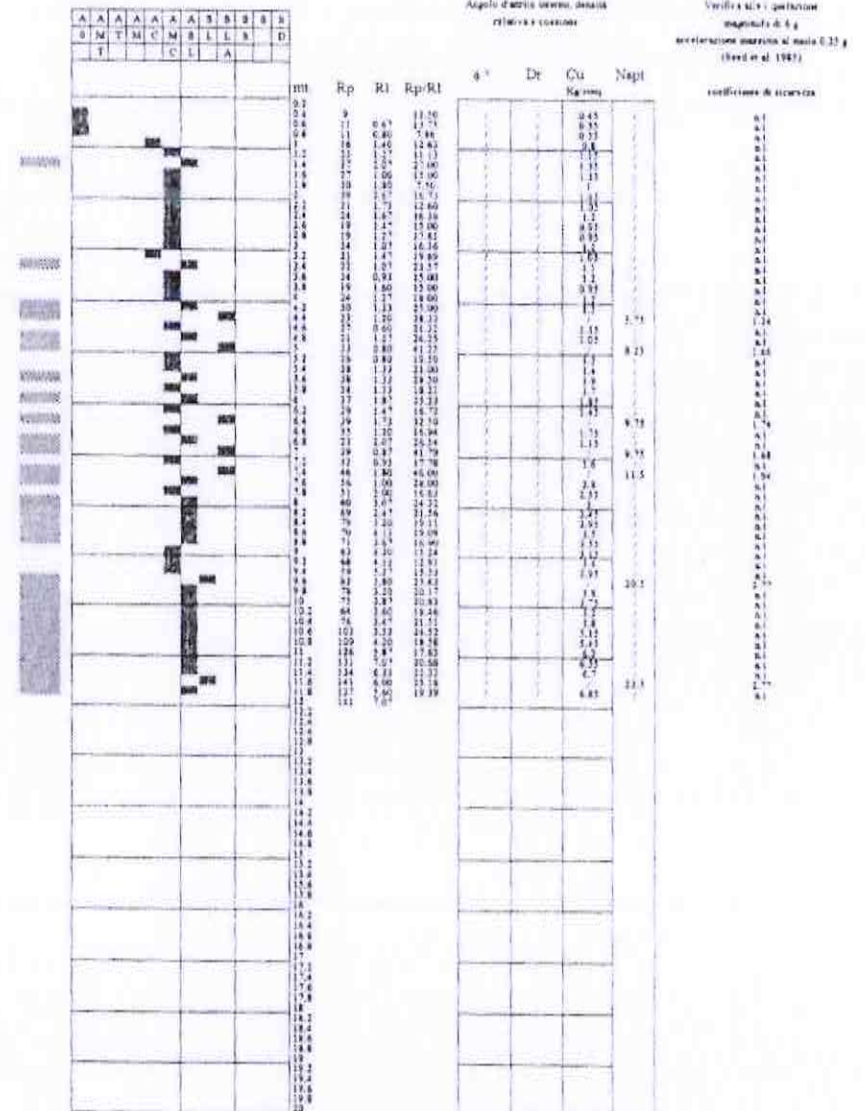
Liv. falda: assente (foro chiuso -7,80 mt.)

Note:

Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)



Caratteristiche strumento penetrometro statico semoverile, 200kN spinta
Punta meccanica tipo Begmann - manico laterale superficie 150 cm²



Legende

AO argilla organica e terreni molli; AMT argilla molto tenera, AT argilla tenera, AM argilla media, AC argilla compatta, AMC argilla molto compatta, ASL argilla sabbiosa limosa, SL sabbia e limo, SLA sabbia limosa argillosa, SS sabbia sciolta, S sabbia, SD sabbia densa

Verifica s.l.c. (coefficiente di sicurezza) magnitudo di 4 g accelerazione massima al metro 0.22 g (Ibidem et al. 1987)

Cu media Kg/cm² 2.10-3.75 11-13.5 Sept media n. colpi

Prova Penetrometrica Statica

Prova n. **CPT16**

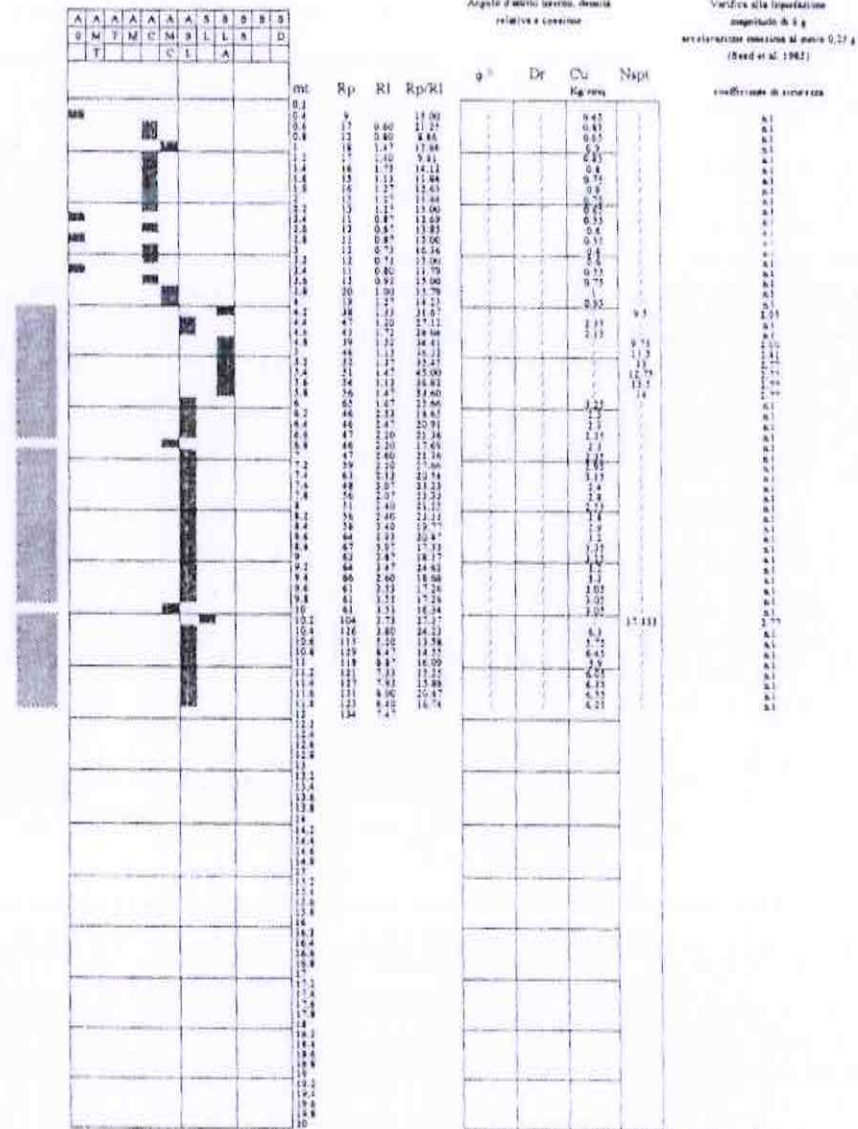
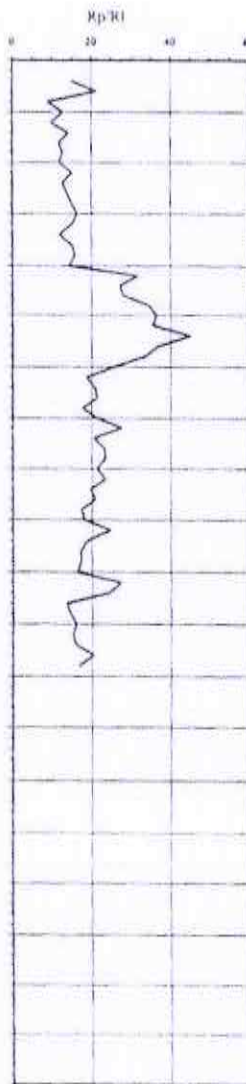
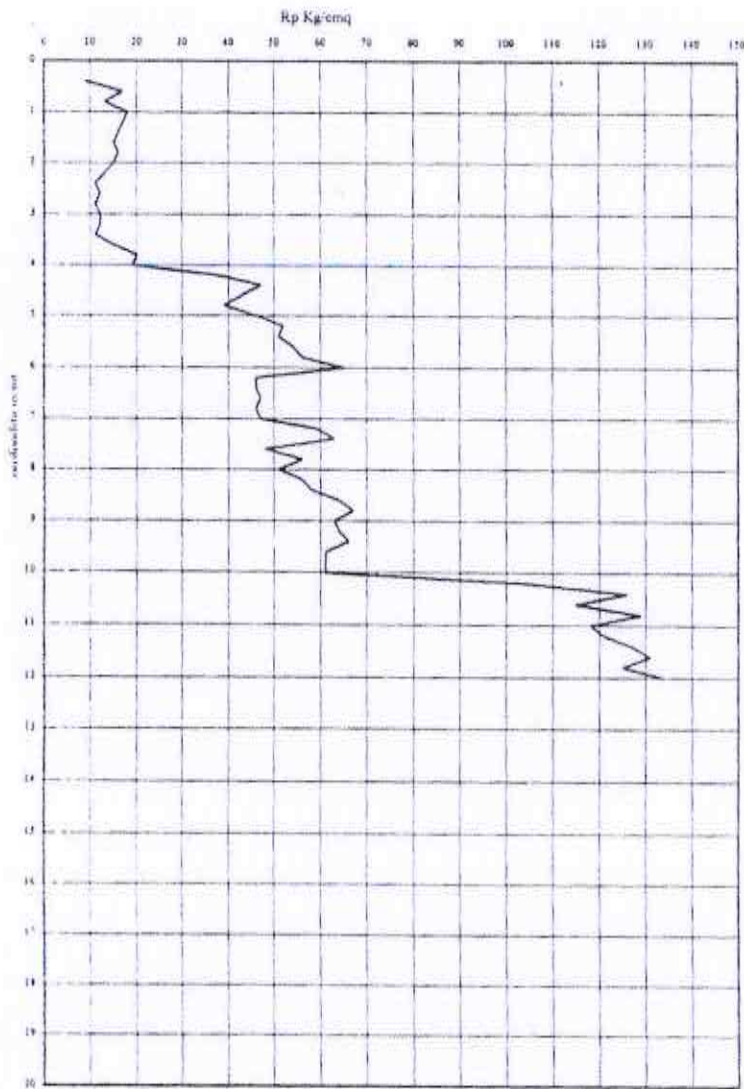
Cantiere: **Coriano (RN) - variante PRG**

Quota inizio: piano campagna

Liv.falda: assente

Note: piezometro 9,00 mt.

Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)



Caratteristiche strumento penetrometro statico semovante, 200kN apnea
Punta meccanica tipo Hagaman - manicotto laterale superficie 150 cmq

Legenda:

- argilla
- sabbia limoso argillosa
- sabbia

- AO argilla organica e terreni misti, AMT argilla molto tenera,
- AT argilla tenera, AM argilla media, AC argilla compatta,
- AMC argilla molto compatta, ASL argilla sabbiosa limosa,
- SL sabbia e limo, SLA sabbia limoso argillosa
- SS sabbia sciolta, S sabbia, SD sabbia densa

n.l. non liquefacibile




Angolo d'attrito interno, densità
relativa e coesione

Verifica alla liquefazione
coesione di 5 g
accelerazione orizzontale di max 0.27 g
(Seed et al. 1982)

coefficiente di sicurezza

Cu media Kg/cmq 2.549 11.279 Napt media n. colpi

LEGENDA:

-  LIVELLO A
-  LIVELLO B (v. descrizione livelli Cap. 6)
-  LIVELLO C

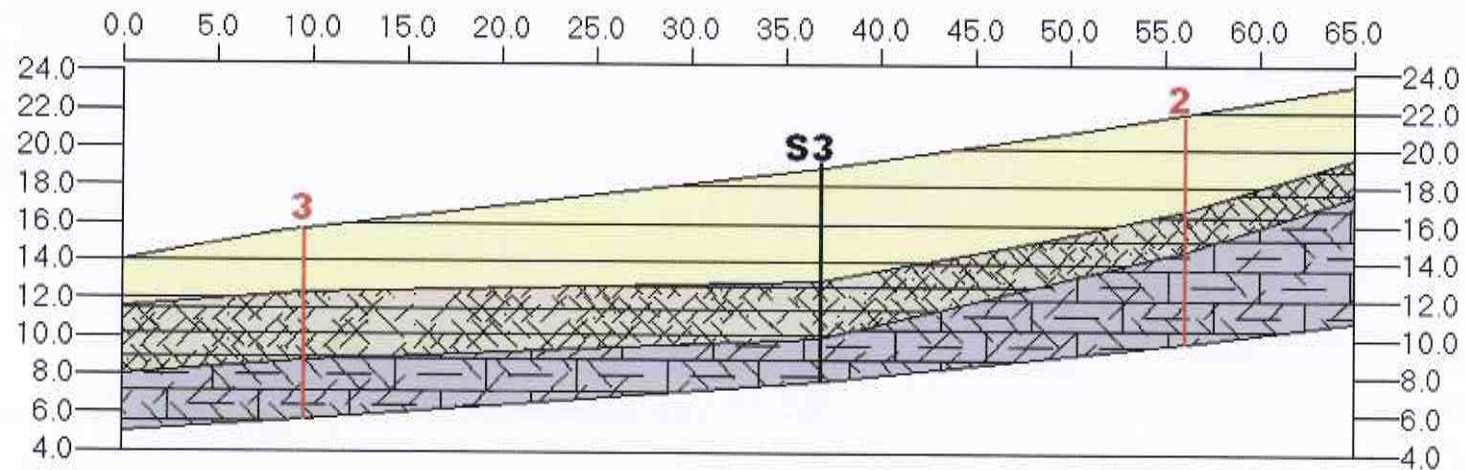





FIG. 8 – Sezione litostratigrafica A – A (Scala 1:400)

LEGENDA:

-  LIVELLO A
-  LIVELLO B (v. descrizione livelli Cap. 6)
-  LIVELLO C

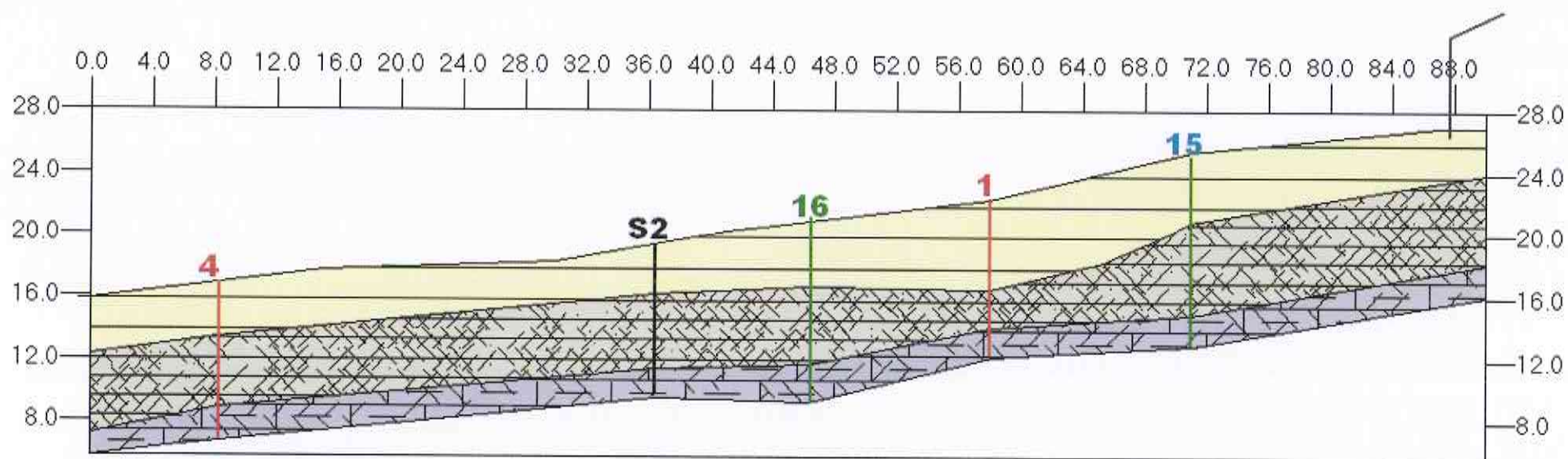





FIG. 9 – Sezione litostratigrafica B – B (Scala 1:400)

LEGENDA:

-  LIVELLO A
-  LIVELLO B (v. descrizione livelli Cap. 6)
-  LIVELLO C

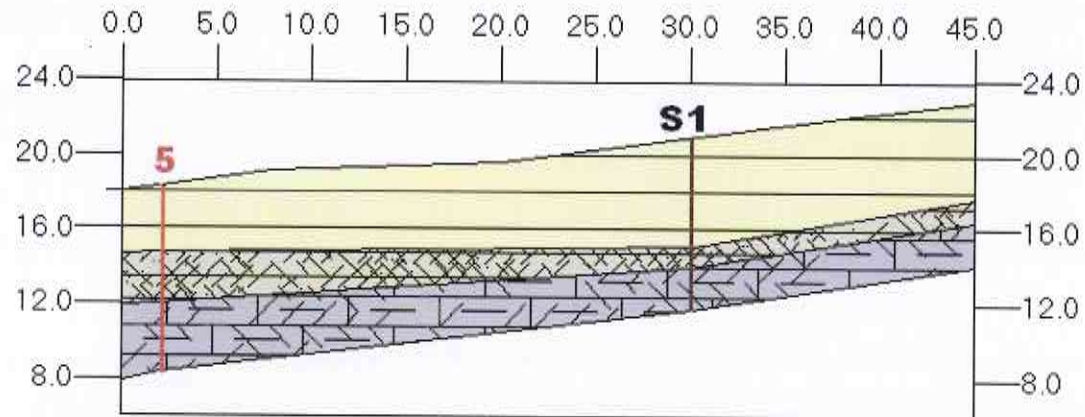


FIG. 10 – Sezione litostratigrafica C – C (Scala 1:400)

ALLEGATO A
Schede delle analisi
di laboratorio



Cantiere: Coriano (RN) - Cerasolo, via il Pedrone

Data: Novembre 2011

Sondaggio : statica n.3

Campione n. : 1

Profondità mt.: 2,80÷3,20

Descrizione del campione : Argilla di colore grigio verde con livelletti millimetrici più limosi di colore grigio chiaro

Stato del campione: indisturbato

Caratteristiche fisico - meccaniche

caratteristiche generali		limiti di consistenza
Contenuto in acqua	w = 20 %	Limite di liquidità Wl = 54 %
Peso di volume umido	y = 1,97 gr/cm ³	Limite di plasticità Wp = 21 %
Peso di volume secco	yd = 1,642 gr/cm ³	Limite di ritiro Ws = " %
Peso specifico	Gs = 2,742 gr/cm ³	Ritiro lineare R = " %
Indice dei vuoti	e = 0,67	Indice di plasticità Ip = 33 %
Grado di saturazione	s = 81,82 %	Indice di consistenza Ic = 1,03

resistenza	
Penetrometro laseabile	qu = 4,50 Kg/cm ²
Vane test	cu = 2,20 Kg/cm ²

granulometria	classificazione A.G.I.
ghiaia : " %	Argilla con limo
sabbia : 1 %	
limo : 47 %	
argilla : 52 %	

prova di taglio in condizioni consolidate drenate C.D.

angolo di attrito	$\phi' = 21^\circ$
coesione	$c' = 0,00$ Kg/cm ²
angolo di attrito residuo	$\phi_r = 11,5^\circ$
coesione residua	$c_r = 0,00$ Kg/cm ²



Cantiere: Coriano (RN) - Cerasuolo, via il Pedrone

Data: Novembre 2011

Sondaggio : statica n.3

Campione: 1

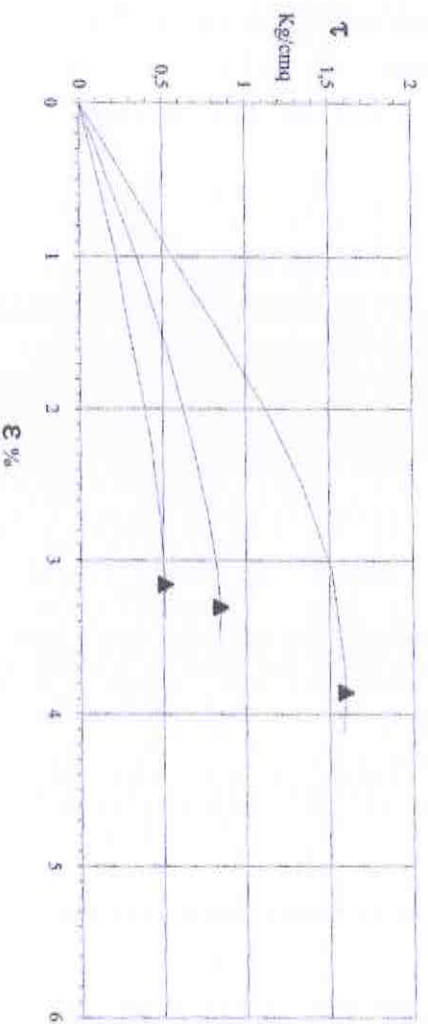
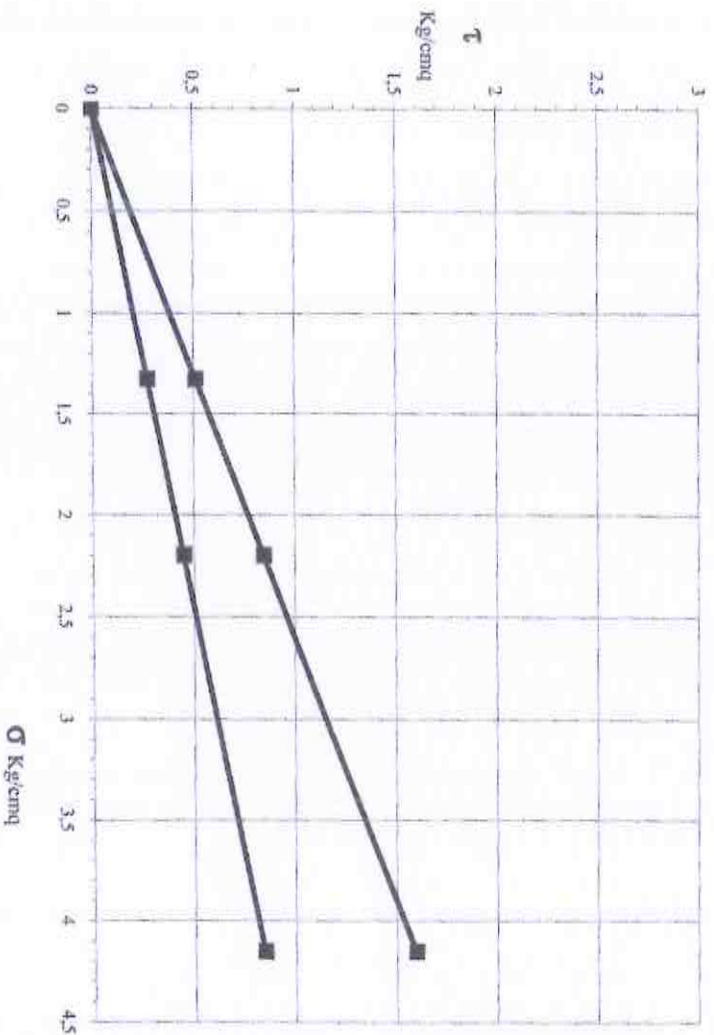
Profondità ml.: 2,80÷3,20

Prova di taglio diretto C.D.

Provino n.	dimensione iniziale ϕ (mm)	H iniziale cm.	t (ore)	consolidamento			fase di rottura			Valori a rottura		
				σ (Kg/cmq)	AH (mm)	V (mm/min)	t (min)	σ (Kg/cmq)	ϵ %	AH (mm)	τ (Kg/cmq)	
1	60	20	24	1,330	0,29	0,002	1020	1,330	3,16	0,02	0,51	
2	60	20	24	2,200	0,43	0,002	1100	2,200	3,31	0,02	0,84	
3	60	20	24	4,154	0,81	0,002	1380	4,154	3,86	0,06	1,59	

$C' = 0,00$ Kg/cmq.
 $C_r = 0,00$ Kg/cmq.

$\phi' = 21^\circ$
 $\phi_r = 11,5^\circ$





Cantiere: Coriano (RN) - Cerasolo, via il Pedrone

Data: Novembre 2011

Sondaggio : statica n.3

Campione n. : 1

Profondità mt.: 2,80÷3,20

Analisi granulometrica

Metodo della prova: per sciacciatura e sedimentazione

Stato del campione: indisturbato

Peso secco netto: 47,16 gr.

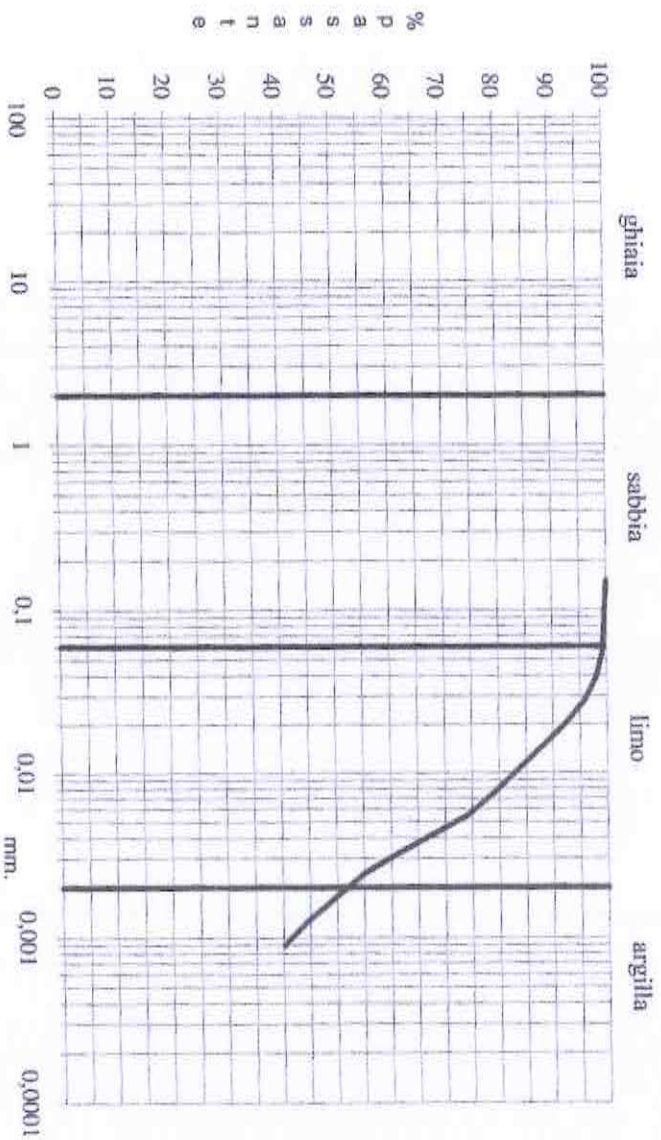
setacci A.S.T.M. n. luce netta mm.

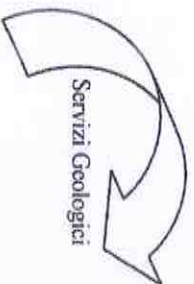
passante %

100	0,150	100,00
200	0,075	99,42

Descrizione
(Classificazione A.G.I.)
Argilla con limo

Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %
"	1	47	52





Servizi Geologici

Geosystem
di Scaparrotti dott. Roberto

via Odoib 82/b - 47900 Rimini
tel.-fax: 0541/ 25542 cell. 3394240651
P.I.: 02 495 010 403 c.f.: SCP RRT 68A08 H294W

Cantiere: Coriano (RN) - variante P.R.G.

Sondaggio n. : statica 16

Campione n. : 1

Profondità mt.: 2,80÷3,20

Descrizione del campione : limo argilloso di colore grigio verde chiaro giallastro con variegazioni di colore grigio cenere chiaro

Stato del campione: indisurbato

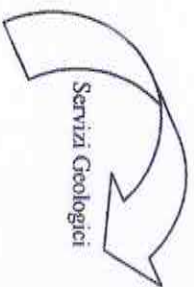
Caratteristiche fisico - meccaniche

caratteristiche generali		limiti di consistenza
Contenuto in acqua	w = 25 %	Wl = 52 %
Peso di volume umido	y = 1,82 gr/cm ³	Wp = 23 %
Peso di volume secco	yd = 1,456 gr/cm ³	Ws = " %
Peso specifico	Gs = 2,741 gr/cm ³	R = " %
Indice dei vuoti	e = 0,88	Ip = 29 %
Grado di saturazione	s = 77,64 %	Ic = 0,93

granulometria	classificazione A.G.I.
ghiaia : " %	limo con argilla
sabbia : 1 %	
limo : 57 %	
argilla : 42 %	

resistenza		
Penetrometro tascabile	qu = 1,60 Kg/cm ²	
Vane test	cu = 0,90 Kg/cm ²	

prova di taglio in condizioni consolidate drenate C.D.		
angolo di attrito	ϕ' = 22°	
coesione	c' = 0,05 Kg/cm ²	
angolo di attrito residuo	ϕ_r = 13°	
coesione residua	c_r = 0,00 Kg/cm ²	



Servizi Geologici

Geosystem
di Scaparrotti dott. Roberto

via Colanti 82/b - 47900 Rimini
tel - fax: 0541/25542 cell: 3294240631
pi.: 02 495 010 403 c.f.: SCP RPT 00A08 H294W

Cantiere: Coriano (RN) - variante P.R.G.

Sondaggio n. : statica 16

Campione n. : 1

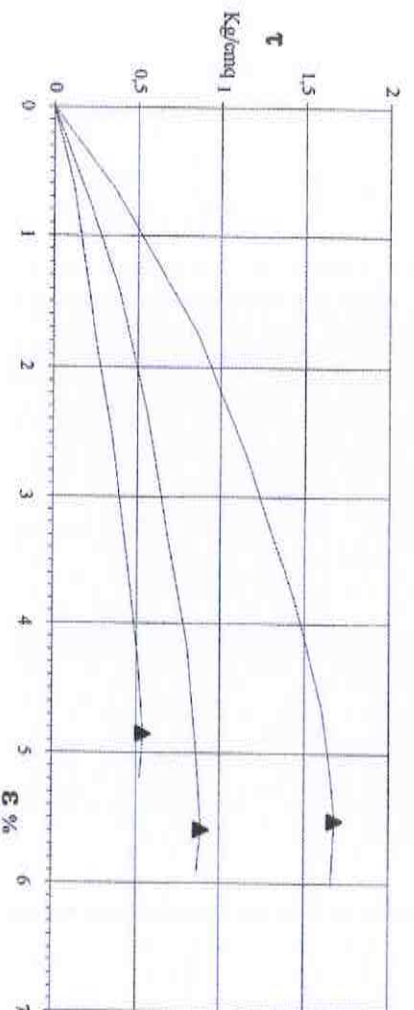
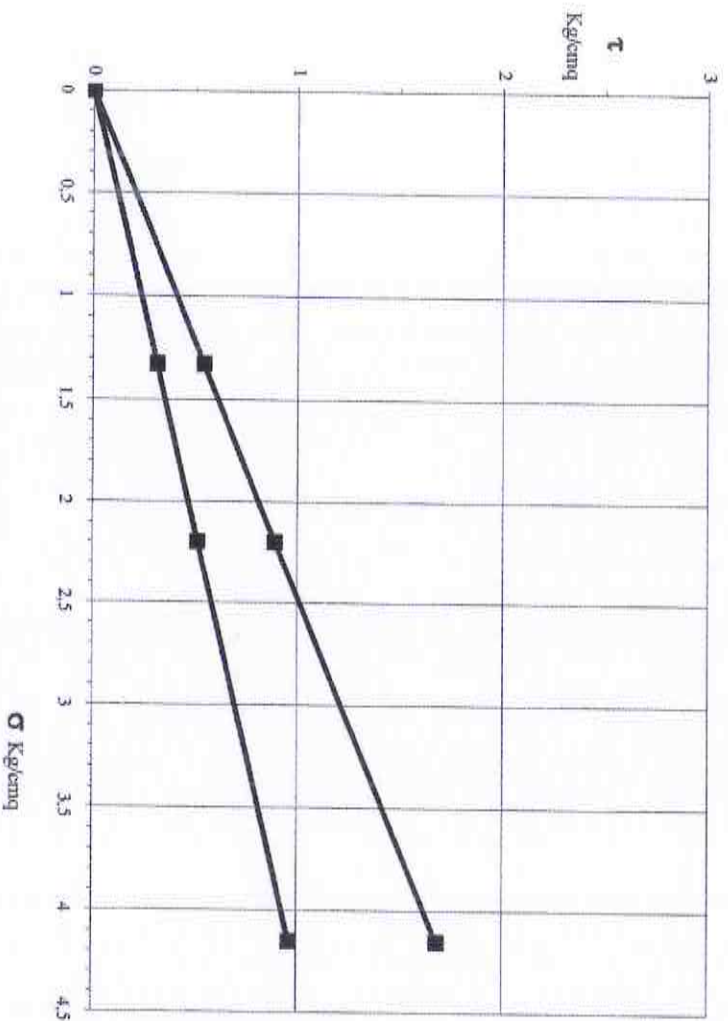
Profondità mt. : 2,80-3,20

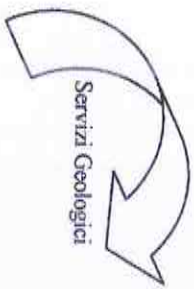
Prova di taglio diretto C.D.

provino n.	dimensione iniziale			consolidamento			fase di rottura			valori a rottura		
	ϕ (mm)	H cm.	t (ore)	σ (Kg/cmq)	ΔH (mm)	v (mm/min)	t (min)	σ (Kg/cmq)	ϵ %	ΔH (mm)	τ (Kg/cmq)	
1	60	20	24	1,330	1,12	0,003	1020	1,330	4,85	0,14	0,54	
2	60	20	24	2,200	1,65	0,003	1200	2,200	5,59	0,18	0,89	
3	60	20	24	4,154	2,34	0,003	1260	4,154	5,52	0,19	1,68	

$C' = 0,00$ Kg/cmq.
 $C_r = 0,00$ Kg/cmq.

$\phi' = 22^\circ$
 $\phi_r = 13^\circ$





Geosystem
di Scaparroiti dott. Roberto

via Caduti 82/6 - 47900 Rimini
tel. - fax: 0541/ 25542 cell. 3294240651
P.I.: 02.495.010.403 c.f.: SCP RRT 60.008.11294W

Cantiere: Coriano (RN) - variante P.R.G.

Sondaggio n. : statica 16

Campione n. : 1

Profondità mt.: 2,80÷3,20

Analisi granulometrica

Metodo della prova: per setacciatura e sedimentazione

Stato del campione: indisturbato

Peso secco netto: 46,13 gr.

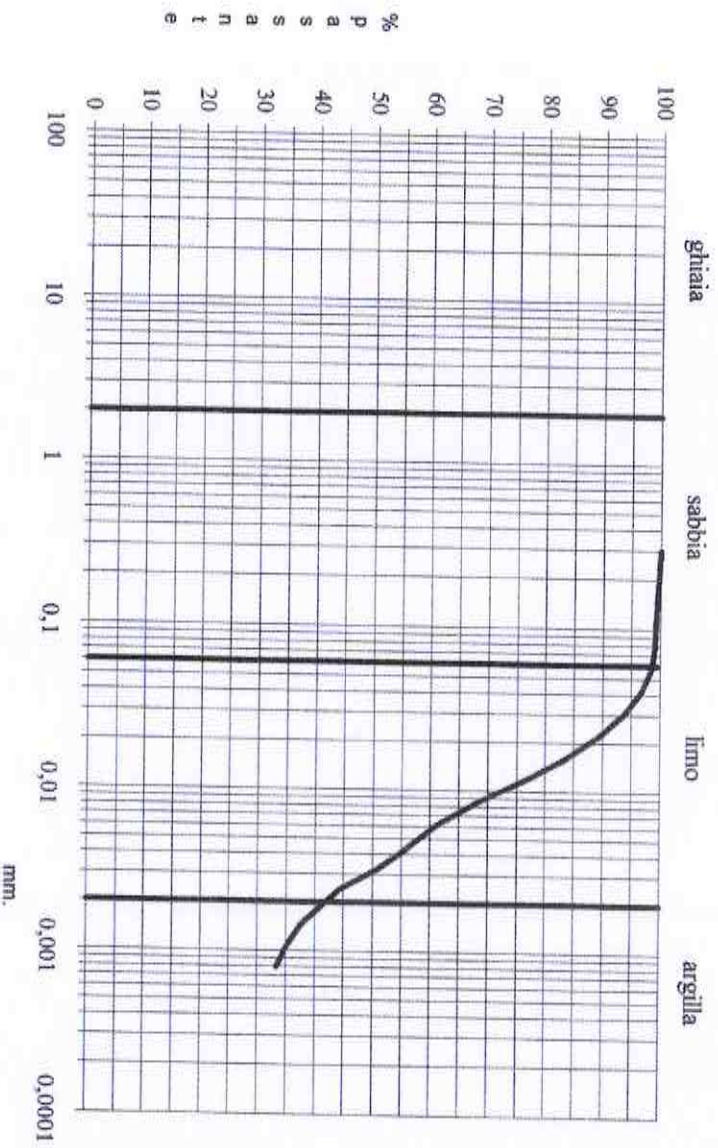
setacci A.S.T.M. n. luce netta mm.

passante %

50	0,300	100,00
100	0,150	99,43
200	0,075	98,93

Descrizione
(Classificazione A.G.I.)
limo con argilla

Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %
"	1	57	42



ALLEGATO B
Indagine sismica
Relazione

1 Determinazione della V_{s30} - Strumentazione e metodologia adottata

La caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione, è stata svolta con metodologia di sismica passiva a stazione singola HVV per mezzo di strumento *Tromino®*, Micromed S.p.a.

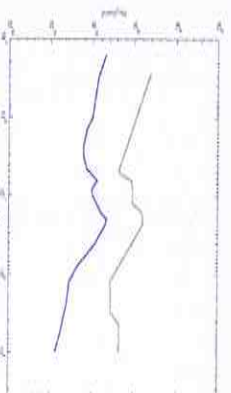


Trattasi di un tromografo digitale progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico ambientale. Lo strumento (10x7x14 cm per 1 kg di peso) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. La tecnica si basa sulla misura del microtremore sismico ambientale come di seguito descritto.

Oggetto della misura: il microtremore sismico ambientale

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato, dall'attività dinamica terrestre, dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo vicino. I metodi che si basano sulla loro acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato *ad hoc*, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso e pianeggiante presenta l'andamento illustrato nella figura sottostante. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie o 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.



Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la terra secondo il servizio geologico statunitense (USGS). Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del sito.

La tecnica impiegata. Cenni storici

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è la tecnica dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o HVV), applicata da Nogoshi e Igarashi (1970). Il metodo fu in seguito reso popolare principalmente da Nakamura (1989) come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale. Mentre su questo punto non è stato raggiunto consenso, è invece ampiamente riconosciuto che la curva HVV è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli e, tramite opportuna inversione, delle profondità dei substrati rocciosi sotto le coperture sedimentarie. Studi recenti hanno dimostrato che ulteriori picchi a frequenze maggiori di quelle del bedrock sono riconducibili a contrasti di impedenza interni alla copertura sedimentaria e picchi a frequenze minori di quella del bedrock sono invece riconducibili a contrasti di impedenza interni al bedrock stesso. Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVV può essere usato come strumento stratigrafico. Le basi teoriche dell'HVV sono relativamente semplici in un sistema bistrato del tipo sedimenti + bedrock in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D), in questi casi la profondità h della discontinuità sismica viene ricavata tramite la formula semplice della risonanza $h=V/(4f)$ o, al più, tramite la formula [1] in cui v_0 è la velocità al tetto dello strato, x un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e f_r la frequenza fondamentale di risonanza (cf. ad esempio Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

$$h = \left[\frac{V_0 (1-x)}{4 f_r} + 1 \right]^{-1} - 1 \quad [1]$$

Nei sistemi multistrato, teoricamente l'effetto di risonanza è sommabile, ma non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva HV relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza [1]. L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto HV, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per:

- a) il contenuto in frequenza,
- b) la risposta strumentale,
- c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti HV misurati con quelli "sintetici", cioè con quelli calcolati relativamente ad un modello. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini. I modelli sintetici di inversione impiegati in questo lavoro partono dalla modellizzazione del campo d'onde superficiali (onde di Rayleigh e Love) in sistemi multistrato (Aki, 1964; Ben-Menahem e Singh, 1981). L'inversione delle curve HV per ottenere un profilo di vs è possibile a patto di disporre di un punto di taratura (es. penetrometra o sondaggio) che fornisca la profondità di un riflettore – anche molto superficiale – riconoscibile nella curva HV oppure a patto di conoscere la vs del primo strato a partire da tecniche indipendenti (Castellaro e Mulargia, 2007).

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di *contrasto di impedenza* ovvero il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e la densità del mezzo stesso tra due diversi strati. Per *strato* si intende un'unità distinta da quella sopra o sottostante caratterizzate dunque da contrasti d'impedenza diversi. Si è eseguita la misura HV/V ubicata come indicato in FIG. 6. L'interpretazione della curva sperimentale (curva blu di Fig. 4) è stata svolta con apposito programma "Grilla" agganciandosi alla stratigrafia della prova CPT n° 1 (2011).

2 Procedura ed analisi dei dati per stazioni singole HV

E' stata svolta una registrazione HVSR nell'intervallo di tempo di 20 minuti (Fig. 1):

Strumento: TEN-0035/01-08
Inizio registrazione: 02/11/11 16:00:36 Fine registrazione: 02/11/11 16:20:36
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 98% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 256 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamto: Triangular window
Lisciamto: 10%

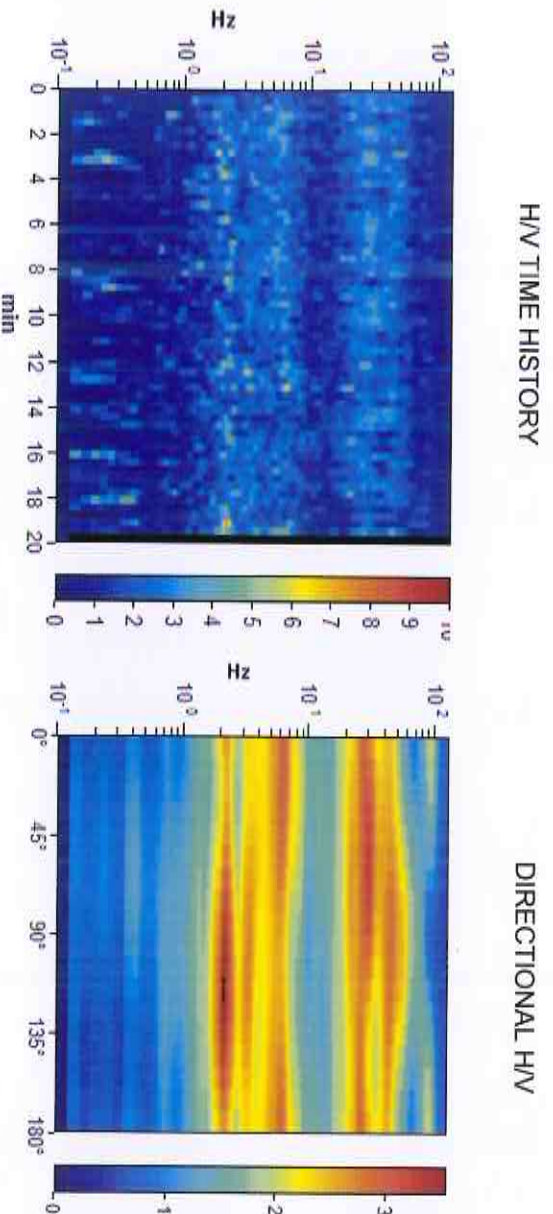


Fig. 1 – Sequenza temporale e direzionale di HV

- Dalla registrazione del rumore sismico ambientale in campo libero (Fig. 2), viene ricavata la curva sperimentale H/V (Fig. 3) secondo la procedura descritta in Castellaro et al. (2005), con parametri:
- larghezza delle finestre d'analisi 20 s;
 - lisciamiento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale;
 - rimozione dei transienti sulla serie temporale degli H/V.

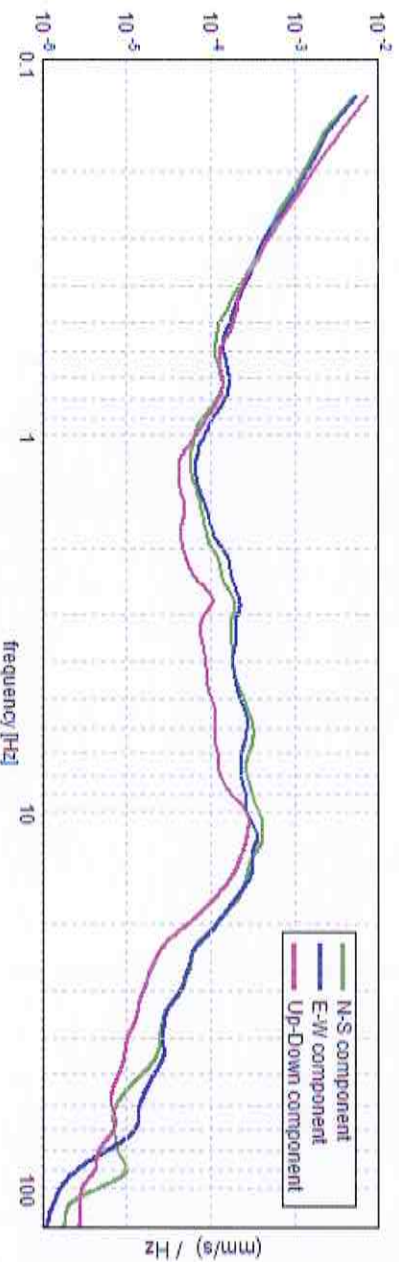
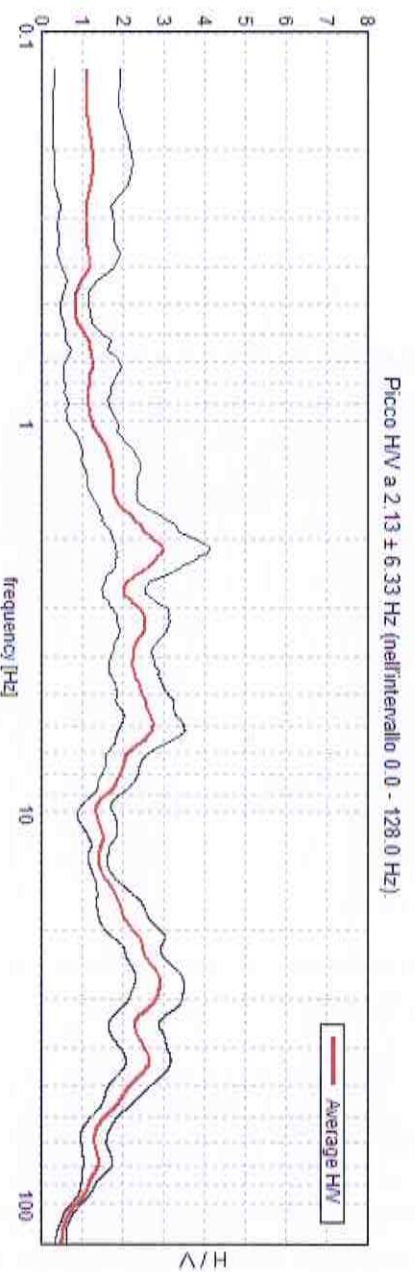


Fig. 2 – Spettri delle singole componenti



Picco HV a 2.13 ± 6.33 Hz (nell'intervallo 0.0 - 128.0 Hz)

Fig. 3 – Curva HV registrata nel sito

La curva H/V viene poi invertita creando una serie di modelli sintetici (che contemplano la propagazione delle onde di Rayleigh e di Love nel modo fondamentale e superiori in sistemi multistrato), fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali. L'inversione delle curve H/V è possibile esclusivamente in presenza di un vincolo.

Nel caso in questione tale vincolo è fornito dalla profondità di un riflettore sismico individuato tramite il sondaggio penetrometrico effettuato, il cui marker è riconoscibile nelle curve H/V (Castellaro e Mulargia, 2007). Dall'analisi congiunta della curva sperimentale H/V (Fig. 3) e degli spettri da cui essa deriva (Fig. 2) è stata ricavata la curva teorica di Fig. 4 che corrisponde agli strati di tabella 1 e al grafico Vs di Fig. 5.

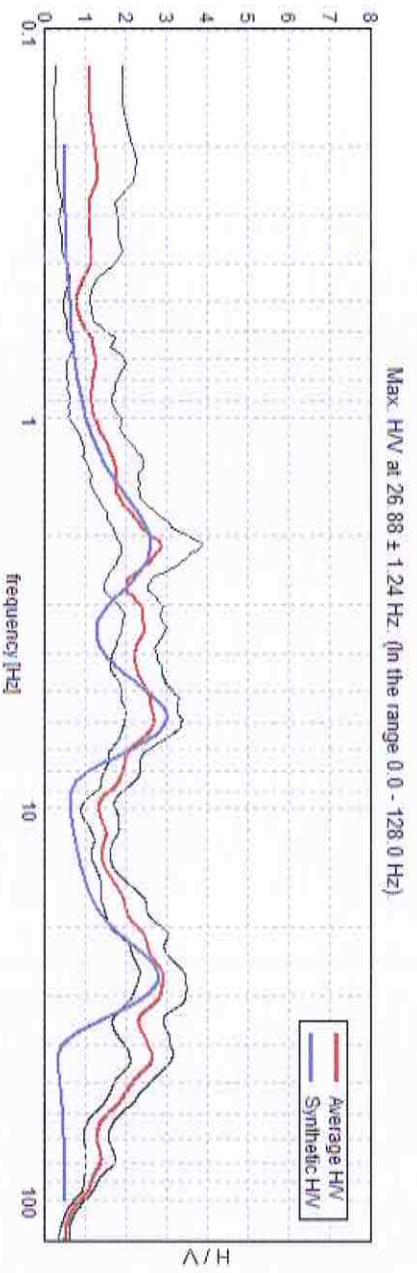


Fig. 4 – Curva teorica (blu) selezionata come rappresentativa del sito in esame

Profondità di base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.65	0.65	68
4.65	4.00	160
9.65	5.00	210
42.65	33.00	350
inf.	inf.	550

Tabella 1

$$V_{s30} (0.0 - 30.0) = 257 \text{ m/s}$$

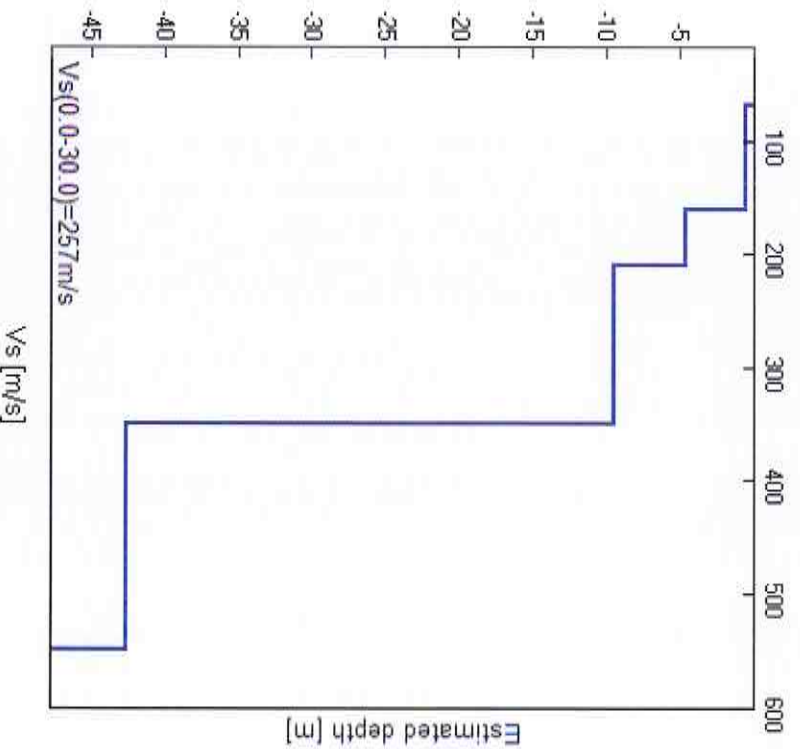


Fig. 5 – Modello del sottosuolo in termini di Vs per il sito in esame.

Si riportano di seguito i **tabulati del METODO SESAME 2005** (Site Effects assessment using Ambient Vibrations) applicati alla curva. Trattasi di un progetto di ricerca internazionale sull'utilizzo di strumentazioni sismiche idonee alla registrazione del rumore ambientale che costituisce il presupposto fondamentale per una corretta applicazione del metodo Nakamura. In tale tabulato i premi tre parametri debbono essere tutti verificati in quanto rappresentano la correttezza della misura, mentre gli ulteriori sei non debbono essere necessariamente tutti verificati in quanto evidenziano picchi non significativi dal punto di vista sismico. Un bedrock roccioso, per esempio, potrebbe dare tutti NO in quanto non presenterebbe picchi significativi.

Picco HV a 2.13 ± 6.33 Hz (nell'intervallo 0.0 - 128.0 Hz).

Criteria for a reliable HV curve [All 3 should be fulfilled]		
$f_0 > 10 / L_w$	2.13 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	2507.5 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 103 times	OK
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$		

Criteria for a clear HV peak
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^* in $[f_0/4, f_0] A_{HV}(f^*) < A_0 / 2$	1.094 Hz	OK
Exists f^* in $[f_0, 4f_0] A_{HV}(f^*) < A_0 / 2$		NO
$A_0 > 2$	2.97 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 1.47434 < 0.05$	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	3.13297 < 0.10625	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.5623 < 1.58	OK

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of HV peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{HV}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{HV}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{HV}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{HV}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log HV}(f)$	standard deviation of $\log A_{HV}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$				
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log HV}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25