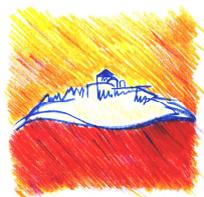




**COMUNE DI CESENA**  
**SETTORE GOVERNO DEL TERRITORIO**

SERVIZIO ATTUAZIONE URBANISTICA



**Dirigente Settore**

Emanuela Antoniacci

**Sindaco**

Paolo Lucchi

**Assessore**

Orazio Moretti

**NOVEMBRE**  
**2015**

**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA  
PUBBLICA**

**Aree ex P.P.I.P. n° 13 in località Calisese**

**Progettisti:**

Emanuela Antoniacci  
Otello Brighi  
Pierluigi Rossi  
Vincenzo Stivala

**Collaboratori al progetto**

Natascia Cantoni  
Elena Genghini  
Luciana Battistini  
Cristina Farnedi  
Barbara Maggioli  
Daniele Minotti

**Coordinatore elab.  
cartografiche**

Barbara Calisesi

**Collaboratori elab.  
cartografiche**

Mattia Brighi  
Leonardo Pirini  
Barbara Santarelli

**Allegato 14**

**RELAZIONE GEOLOGICA - GEOTECNICA**

# PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PUBBLICA AREE EX P.P.I.P. N. 13 IN LOCALITA' CALISESE

**Oggetto:**

dichiarazione di asseverazione geotecnica riferita al Piano Urbanistico Attuativo di Iniziativa Pubblica in località Calise – via Maestri del Lavoro su aree di proprietà del Comune di Cesena.

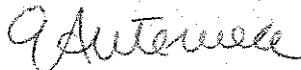
La sottoscritta Emanuela Antoniaci, Dirigente del Settore Governo del Territorio, in qualità di progettista del suddetto Piano

## DICHIARA

di aver preso atto che le considerazioni di carattere geologico-geotecnico emerse dalla Relazione Geologica redatta dal Dott. Angelo Angeli sono adeguate e sufficienti per la realizzazione delle opere previste nel progetto.

Cesena, 27 febbraio 2015

Il Dirigente  
Arch. Emanuela Antoniaci



**IMPRESA GEOTECNICA ANGELI Dott. ANGELO  
STUDIO DI GEOLOGIA ANGELI**

Via Padre G. Genocchi, 222 - Tel. 0547-27682 - Fax 0547-21128  
47023 CESENA

**COMUNE DI CESENA  
SETTORE INSEDIAMENTI PRODUTTIVI**

**LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE IN LOCALITA'  
CALISESE - VIA MALANOTTE  
COMPARTO P.I.P. N.13**

**RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA**

Cesena, Maggio 2001

Dott. ANGELO ANGELI  
Studio Geologia Tecnica  
Impresa Geotecnica  
CESENA, via Genocchi, 222  
Tel. 0547-27682 - Fax. 21128

**COMUNE DI CESENA  
SETTORE INSEDIAMENTI PRODUTTIVI**

**LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE IN LOCALITA'  
CALISESE – VIA MALANOTTE  
COMPARTO P.I.P. N.13**

**RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA**

Cesena, Maggio 2001



## 1. PREMESSA

Su incarico del Comune di Cesena, Settore Insediamenti Produttivi, si è fatta un'indagine geognostica su un'area destinata ad una lottizzazione artigianale, situata in località Calisese, sul lato nord di Via Malanotte.

Nella presente relazione, dopo un inquadramento geologico generale, si descrivono le indagini fatte e la stratigrafia del terreno. Si danno inoltre indicazioni geotecniche di primo orientamento e si esprime un parere di fattibilità.

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'area in esame è posta nell'alta pianura in posizione intermedia fra il corso del Torrente Pisciatello, che attraversa Calisese, ed il corso dello Scolo Rigossa. L'area della lottizzazione dista circa 500 m dal margine della collina dove affiorano i terreni pliocenici.

L'area è attraversata longitudinalmente dallo Scolo Rigoncello che verrà spostato lungo il confine orientale della lottizzazione.

Il terreno è pianeggiante e scende verso nord con una pendenza media dell'8 per mille.

Sul lato ovest dell'area sono già stati realizzati insediamenti produttivi.

I terreni superficiali consistono in alluvioni argilloso-limose con lenti sabbioso-limose sovraconsolidate, attribuibili all'Olocene antico ed al Pleistocene superiore e dovute all'apporto del Torrente Pisciatello.

Nonostante la vicinanza del margine collinare il substrato di terreni pliocenici è a rilevante profondità, superiore ai 20 metri.

Il livello della falda è relativamente superficiale. Nel mese di maggio 2001, dopo un periodo ad elevata piovosità che dura dal dicembre 2000, il livello della falda è stato rilevato a profondità comprese fra m 1.60 e m 2.70. Questo livello della falda freatica dovrebbe corrispondere circa ad una situazione di massimo ravvenamento.

### 3. INDAGINI ESEGUITE

Il terreno è stato esplorato mediante n.7 prove penetrometriche statiche spinte a profondità variabile da 12 a 20 metri. L'ubicazione delle prove è indicata in tavola IV.

Accanto alle prove n.1 e n.3 si sono eseguiti due sondaggi mediante campionatore a pistone infisso col penetrometro, prelevando, in successione ravvicinata, campioni indisturbati di terreno di circa 50 cm di lunghezza. Complessivamente si sono prelevati n.15 campioni. Nella ricostruzione della stratigrafia i dati ricavati dai campioni sono stati integrati con quanto desumibile dai diagrammi delle prove vicine.

Su tutti i campioni si sono fatte determinazioni di laboratorio (umidità naturale, limiti di consistenza, granulometria completa, resistenza al penetrometro tasca-bile e torvane) presso il Laboratorio Geomeccanico di Pesaro. I risultati delle analisi di laboratorio sono riportati in un fascicolo a parte.

### 4. STRATIGRAFIA DEL TERRENO

Sulla base delle prove penetrometriche e dei sondaggi eseguiti si sono ricostruite n.3 sezioni stratigrafiche ubicate come indicato in Tavola IV. Le sezioni n.1 e n.2 sono disegnate con scala orizzontale 1/500 e scala verticale 1/200, mentre la sezione n.3 è disegnata in scala naturale 1/200.

Superficialmente, dopo lo strato di terreno vegetale, è sempre presente uno strato argilloso-limoso nettamente sovraconsolidato di circa 5 m di spessore. Solo nella prova n.7 lo spessore si riduce a m 3.50 circa.

Segue uno strato di 2-3 m di spessore costituito in genere da una alternanza di strati sabbioso-limosi e di strati limoso-argillosi. Solo nella prova n.7 questo strato è costituito da sabbia limosa passante in basso a sabbia.

Segue fino a 10-12 m terreno argilloso-limoso e limoso-argilloso di consistenza variabile da molle a media, in alcune prove, a compatta in altre. Nella prova n.3, dopo uno strato di argilla limosa da m 9 a m 11 circa, si è attraversato fino ai 20 m un banco di sabbia limosa con livelletti limoso-argillosi. La prova n.7 da m 13.50 a m 15 ha attraversato uno strato di argilla molto compatta, che rappresenta presumibilmente un paleosuolo antico. La prova n.1 ha attraversato uno strato di sabbia fra m 17 e m 19 circa e poi è entrata in uno strato di argilla molto compatta. Anche le prove n.2 e n.5 hanno raggiunto uno strato di argilla compatta rispettivamente a m 8 ed a m 12.50.

Il livello della falda freatica è stato rilevato nei fori di sondaggio a profondità variabili da m 1.60 a m 2.70 sotto il piano campagna.

## 5. ORIENTAMENTI GEOTECNICI

Superficialmente è presente uno strato argilloso-limoso nettamente sovraconsolidato che rappresenta un buon terreno di fondazione. Lo strato risulta molto compatto in alcune prove, mentre in altre presenta intercalazioni molli. Anche nelle situazioni peggiori si potranno adottare fondazioni dirette dimensionate per una pressione ammissibile di almeno 1 kg/cmq.

I terreni sono in prevalenza poco compressibili, per cui gli assestamenti dei manufatti sono da prevedersi di entità usuale.

Una esatta definizione della pressione ammissibile andrà fatta in sede esecutiva, fabbricato per fabbricato, sulla base di un'indagine di dettaglio che risulta opportuna in considerazione anche variabilità riscontrata nella stratigrafia del terreno.

## 6. ASPETTI SISMICI

Non essendo presente terreno molto compressibile ed essendo il substrato di rocce rigide a grandissima profondità, il coefficiente di fondazione può essere assunto pari ad 1.

Una certa variabilità riscontrata nella stratigrafia del terreno non comporta un maggiore rischio sismico. Essendo piccole e trascurabili le variazioni di rigidità fra i vari strati il loro comportamento sismico non presenta differenze significative.

Si ritiene di poter escludere il pericolo di liquefazione dato che, almeno fino ai 5 m circa di profondità prevalgono terreni argilloso-limosi sicuramente non liquefacibili. Anche dove prevalgono, oltre i 5 m di profondità (Prova n.3 e Sondaggio n.2), strati sabbioso-limosi, i campioni prelevati mostrano una granulometria estesa che non rientra nel fuso dei terreni liquefacibili (v. Tavole V e VI). Nelle tavole da VII-1 a VII-6 sono riportati i criteri a cui si è fatto riferimento per escludere il pericolo di liquefazione.

**7. PARERE DI FATTIBILITA'**

La realizzazione del progetto non richiede movimenti di terra e non comporta significative modificazione del sito ad eccezione dello spostamento dello Scolo Rigoncello, che attualmente è una vera e propria fogna a cielo aperto.  
I terreni superficiali sono argillosi con livello della falda freatica generalmente oltre i 2 m di profondità, per cui i pericoli di inquinamento sono limitati.

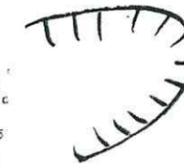
Per quanto riguarda gli aspetti geologici e geotecnici l'area in esame è da considerare idonea ad accogliere l'insediamento produttivo in progetto.



TAVOLA I

CARTA GEOMORFOLOGICA

Scala 1/5000



MARGINE DELLA COLLINA  
IN CUI OFFIORA IL SUB-  
STRATO DI TERRENI  
PLIOCENICI

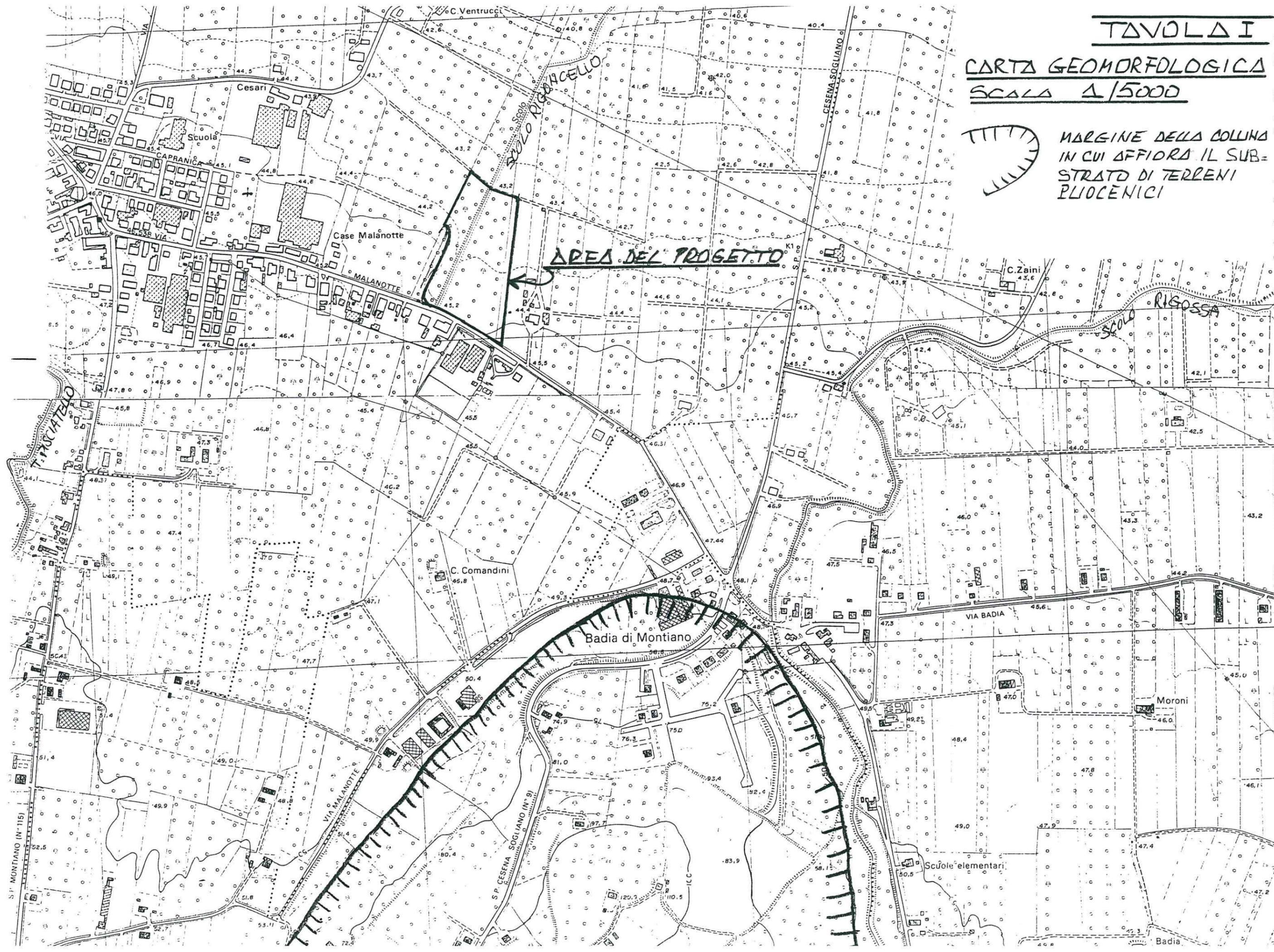
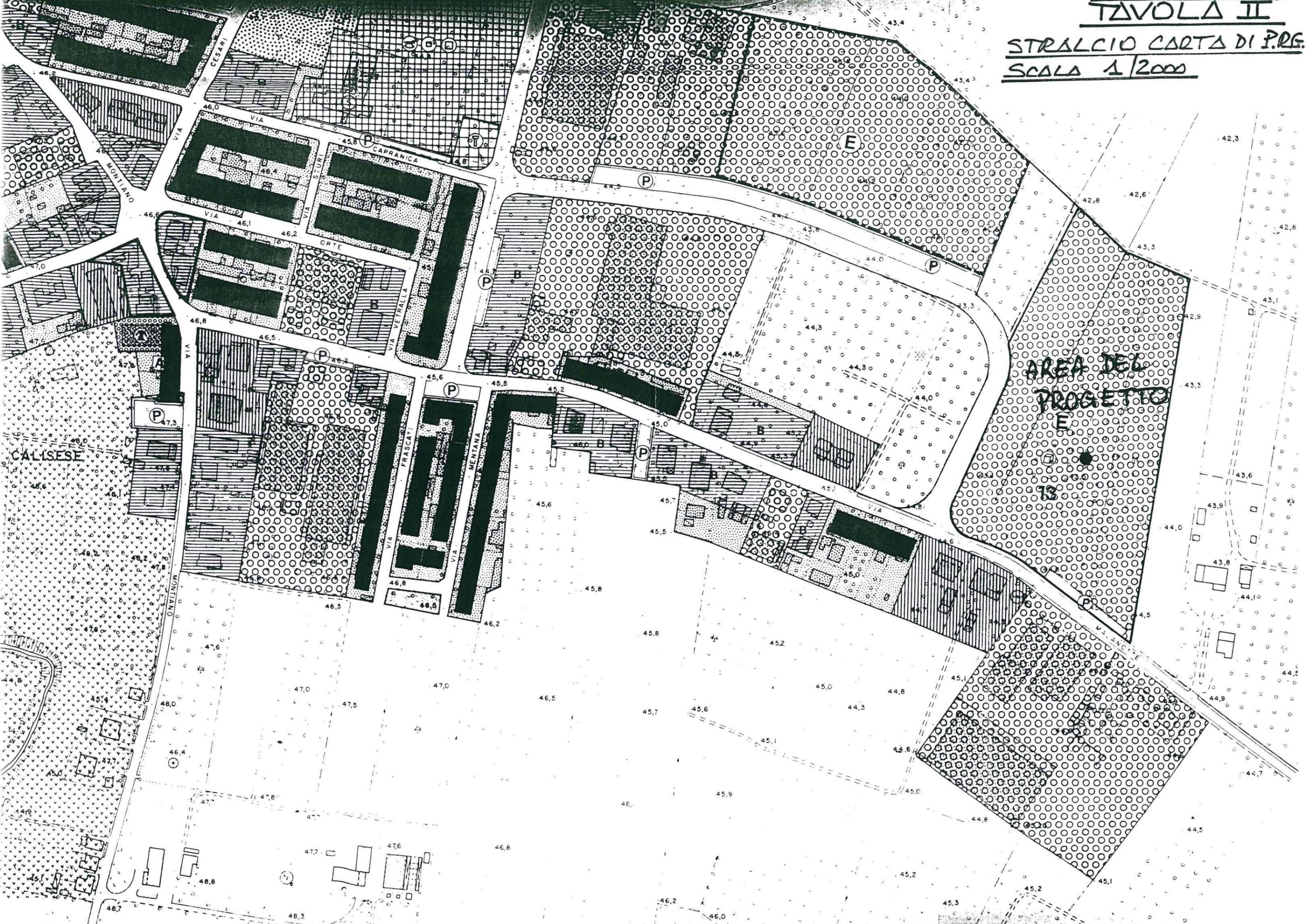


TAVOLA II

STRALCIO CARTA DI P.R.G.  
SCALA 1/2000



26 LUG 82



AREA DEL PROGETTO

Scalo Rioncello

Cesari

Malanotte

Comandina

E=44100

4473 576

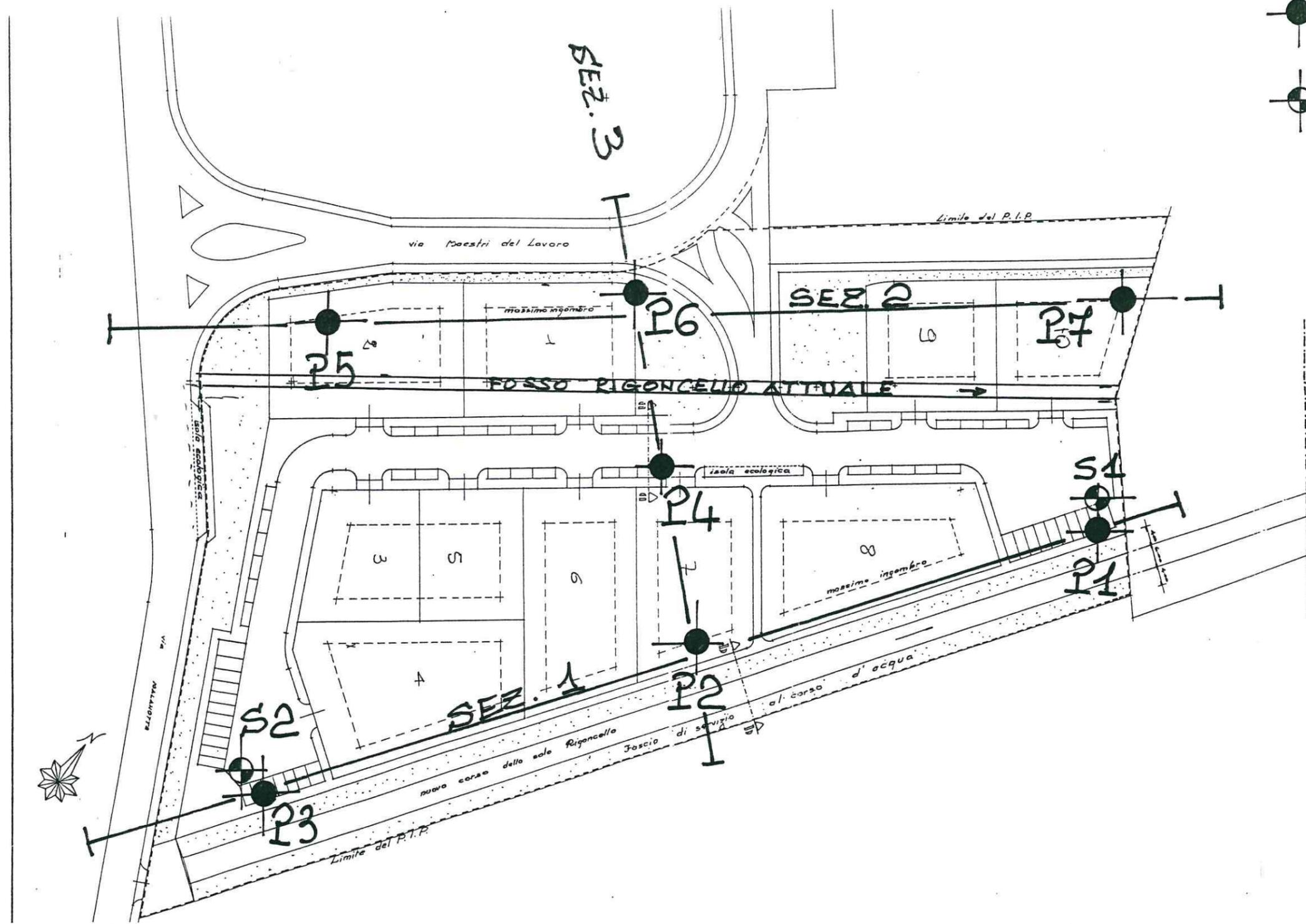
55 [signature]

ALCANTARA

TAVOLA IV

PLANIMETRIA IN SCALA 1/1000  
CON UBICAZIONE SONDAGGI

- PROVA PENETROMETRICA STATICA
- ⊙ SONDAGGIO ESEGUITO PRELEVANDO IN SUCESSIONE CAMPIONI MEDIANTE CAMPIONATORE A PISTONE INFISSO COL PENETROMETRO



# TAVOLA V

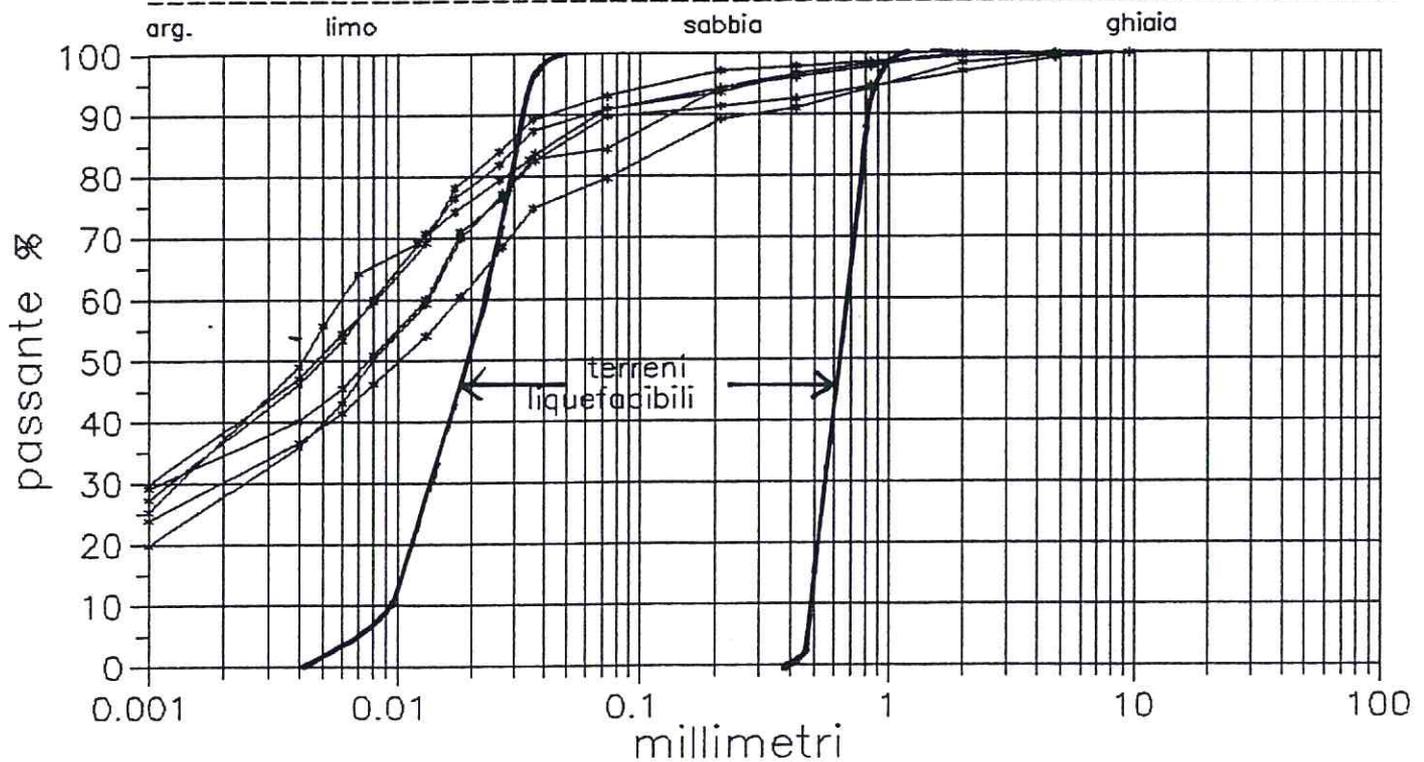
## GRANULOMETRIE DEI CAMPIONI PRELEVATI FINO A 5 MT DI PROFONDITA'

Impresa Geotecnica dr. ANGELO ANGELI - Cesena (FO)

\*\*\* ANALISI GRANULOMETRICA \*\*\*

Committente : COMUNE DI CESENA  
Cantiere : CALISESE - LOTTIZZAZIONE IN VIA MALANOTTE  
Sond. 1 e 2 Campioni fino a 5 m di profondita'  
Profondita' :

modalita' della prova : vagliatura piu' sedimentazione



# TAVOLA VI

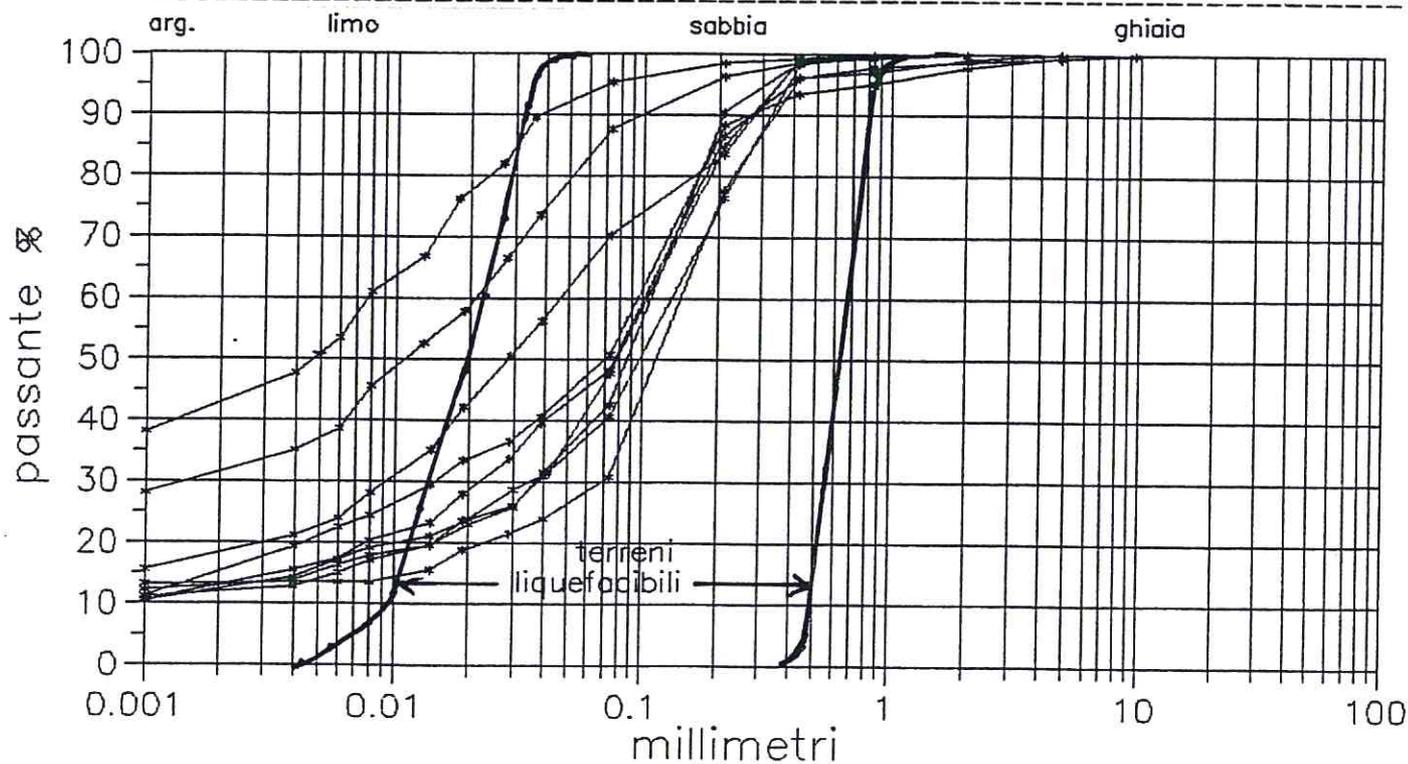
## GRANULOMETRIE DEI CAMPIONI PRELEVATI A PROFONDITA' DA 5.00 MT A 10.40 MT

Impresa Geotecnica dr. ANGELO ANGELI - Cesena (FO)

\*\*\* ANALISI GRANULOMETRICA \*\*\*

Committente : COMUNE DI CESENA  
Cantiere : CALISESE - LOTTIZZAZIONE IN VIA MALANOTTE  
Sond. 1 e 2 Campioni prelevati oltre i 5 m di profondita'  
Profondita' :

modalita' della prova : vagliatura piu' sedimentazione



### 5) Criteri per la microzonazione sismica

Tra i criteri empirici qualitativi o semiquantitativi possono essere inclusi anche taluni criteri di valutazione della propensione alla liquefazione dei depositi basati su alcune caratteristiche geologiche e stratigrafiche dei terreni, che possono essere utilizzati per la microzonazione sismica a scala urbanistica.

Tali criteri hanno tratto origine dall'osservazione di alcune correlazioni fra età, origine, livelli freatici, morfologia dei depositi, e grado del danneggiamento rilevato nelle costruzioni durante terremoti forti.

Alcuni criteri su basi puramente geologiche sono riportati nella *TAB. 4* (Cap. 2) e nelle *TAB. 9, 10 e 11*.

Si segnalano qui alcune procedure che assumono, fra gli elementi di valutazione della attitudine dei depositi alla liquefazione, il rapporto fra lo spessore di eventuali strati superficiali non liquefacibili e lo spessore dello strato sottostante liquefacibile.

#### *a) Criterio di Ishihara e Perlea (1984)*

Supponendo di aver valutato con criteri empirici (quali quelli precedentemente riportati) la suscettibilità alla liquefazione dei singoli strati costituenti il deposito, secondo tale criterio la probabilità di liquefazione del deposito nel suo complesso e l'estensione della liquefazione in superficie possono venire stimate in base al valore del rapporto fra lo spessore dello strato superficiale non liquefacibile e quello sottostante liquefacibile, secondo una regola empirica ottenuta esaminando i casi di liquefazione verificatisi a Bucarest nel 1977.

Tabella 9. Criterio di suscettibilità alla liquefazione basato sulla profondità della falda (da Youd et Al., 1978)

<i>Unità stratigrafica</i>	<i>Profondità della falda</i>		
	<i>&lt; 9 m</i>	<i>9-15 m</i>	<i>&gt; 15 m</i>
Olocene recente	Forte	Debole	Molto debole
Altro Olocene	Moderata	Debole	Molto debole.
Pleistocene recente	Debole	Debole	Molto debole
Pleistocene antico e depositi anteriori	Molto debole	Molto debole	Molto debole

## 118 5. Criteri di previsione e metodi per la valutazione del potenziale di liquefazione

Tabella 10. Valutazione della probabilità di liquefazione basata sulla morfologia del sito (da Iwasaki et Al., 1982)

Categoria	Morfologia	Potenziale liquefazione
A	Letti di fiumi, antichi e recenti; paludi; terreni di bonifica; zone interdunari	Probabile
B	Conoidi; argini naturali; dune; <u>pianure di esondazione</u> , spiagge, altre pianure	Possibile
C	Terrazzi; colline, montagne	Improbabile

Indicando con  $H_1$  lo strato superiore non liquefacibile (comprendente cioè eventuali strati argillosi, ghiaiosi o sabbiosi non saturi) e con  $H_2$  lo spessore dello strato liquefacibile, se è

$$\begin{aligned} H_1 &\geq 3\text{m} \\ H_2 &< 3\text{m} \end{aligned}$$

una eventuale liquefazione del deposito sottostante non comporta danni per liquefazione, in quanto la propagazione della liquefazione dal basso verso l'alto è impedita dallo strato non liquefacibile; se è

$$\begin{aligned} H_1 &\leq 3\text{m} \\ H_2 &> 3\text{m} \end{aligned}$$

la liquefazione eventuale dello strato liquefacibile si estende anche alla sommità del deposito e può provocare danni alle strutture.

È stato dimostrato da Ishihara (1985) che tale criterio è valido per terremoti con valori dell'accelerazione massima pari a 200 gal.

Per valori dell'accelerazione pari a 300 gal si può ritenere che la probabilità di liquefazione in superficie è elevata se è

$$\begin{aligned} H_1 &< 5\text{ m} \\ H_2 &> 4\text{ m} \end{aligned}$$

ed è invece molto bassa o nulla se è

$$\begin{aligned} H_1 &> 5\text{ m} \\ H_2 &< 4\text{ m} \end{aligned}$$

Infine, per valori dell'accelerazione di 400-500 gal i depositi vengono considerati liquefacibili (nel senso precedentemente indicato) se è

$$\begin{aligned} H_1 &< 7\text{ m} \\ H_2 &> 3\text{ m} \end{aligned}$$

e non liquefacibili se è

$$\begin{aligned} H_1 &> 7\text{ m} \\ H_2 &< 3\text{ m} \end{aligned}$$

## 5. Criteri di previsione e metodi per la valutazione del potenziale di liquefazione 119

Tabella 11. Valutazione della suscettibilità alla liquefazione dei depositi sulla base dell'età (da Youd e Perkins, 1978)

Tipo di deposito	Probabilità di liquefazione di depositi sedimentari durante terremoti Strong Motion			
	< 500 anni	Olocene	Pleistocene	Pre-Pleistocene
a) Depositi continentali				
Canale fluviale	Molto alta	Alta	Bassa	Molto bassa
<u>Pianura di esondazione</u>	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
<u>Pianura e conoidi alluvionali</u>	Moderata	Bassa	Bassa	Molto bassa
Spianate e terrazzi marini	-	Bassa	Bassa	Molto bassa
Deltaici	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Lacustri	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Dune	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Loess	Alta	Alta	Alta	Sconosciuta
Terreni residuali	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
b) Zone costiere				
Deltaici	Molto alta	Alta	Bassa	Molto bassa
Di estuario	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Di spiaggia	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Lagunari	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
c) Riempimenti artificiali				
Non compattati	Molto alta			
Compattati	Bassa			

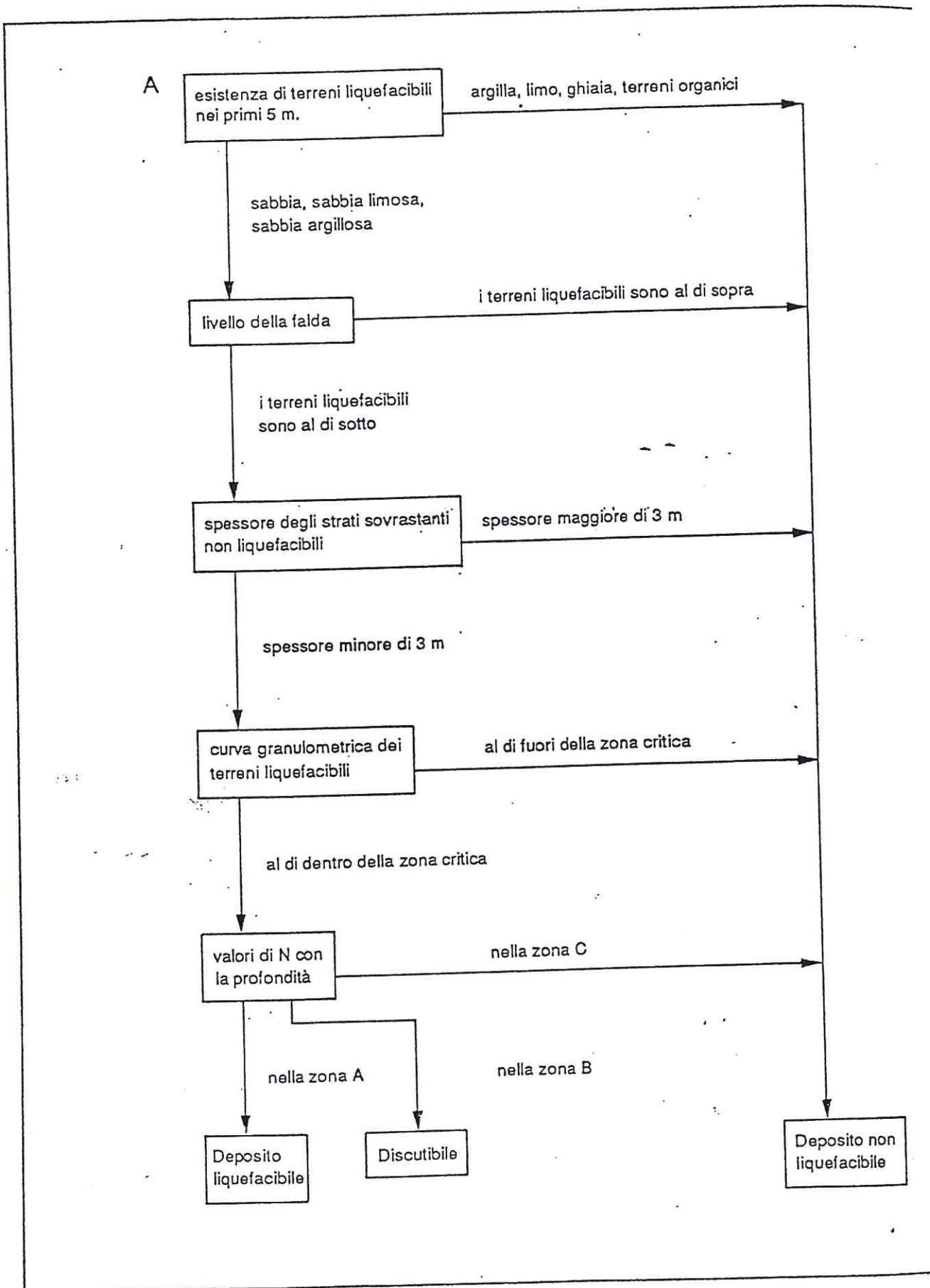
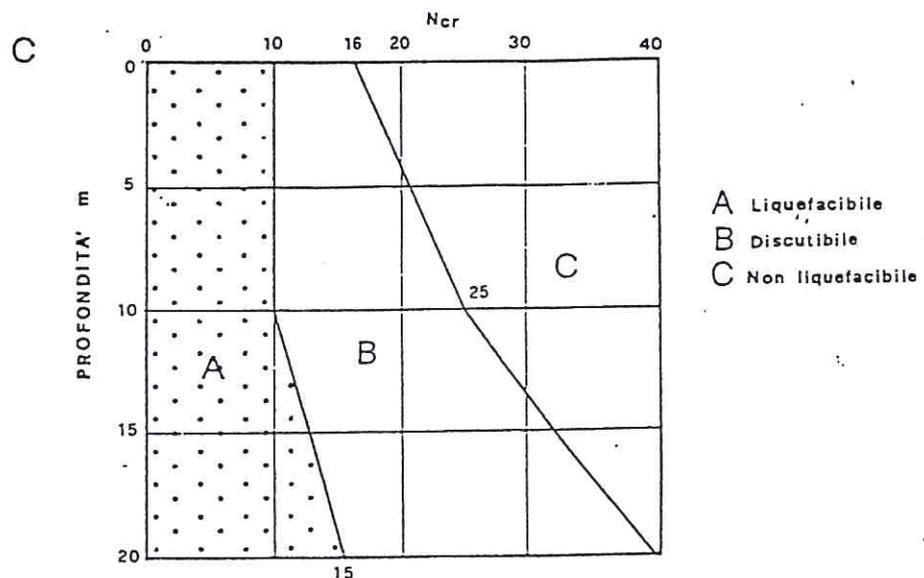
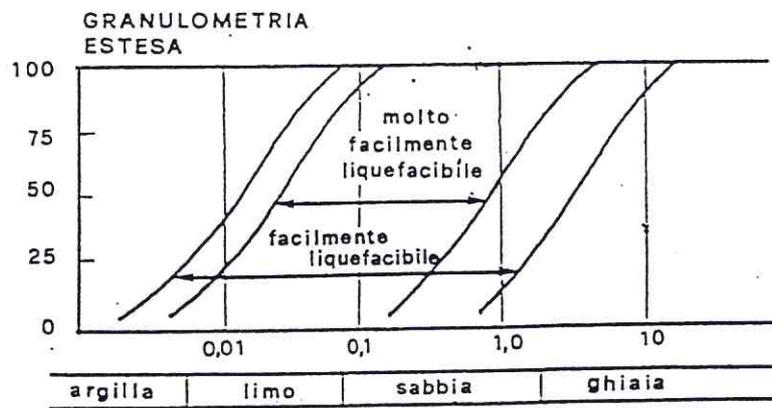
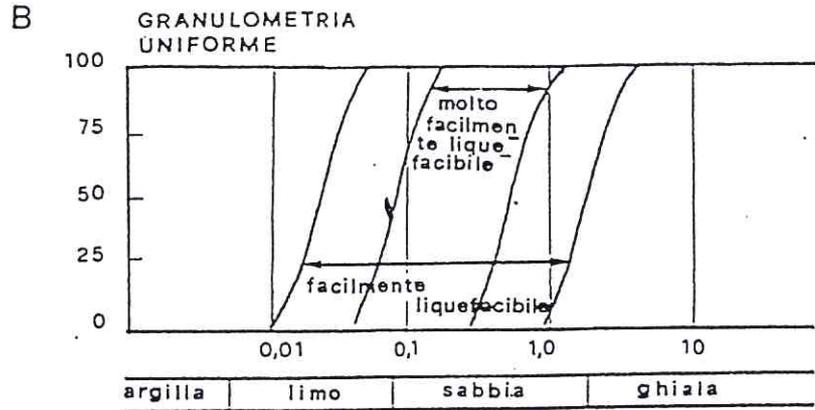


Figura 87. Procedura semplificata per la valutazione della suscettibilità alla liquefazione di un deposito. A) Valutazione preliminare (da Sherif e Ishibashi, 1978). (B) Fasce granulometriche critiche. (C) Profili critici del numero di colpi della prova SPT (da Nishiyama et Al., 1977).

CRITERIO VALIDO CON SUPERFICIE TOPOGRAFICA PIANEGGIANTE

5. Criteri di previsione e metodi per la valutazione del potenziale di liquefazione



CRITERI DI VALUTAZIONE DELLA  
LIQUEFACIBILITA' DEI TERRENI  
SABBIOSO-LIMOSI

4) Criterio proposto per la normativa francese

Secondo la nuova proposta di normativa francese (Durville et Al., 1985) sono suscettibili di liquefazione:

a) i terreni sabbiosi e limosi aventi le seguenti proprietà:

- grado di saturazione  $S_r = 100\%$
- coefficiente di uniformità  $U_c = D_{60} / D_{10} < 15$
- diametro al 50% dei granuli  $0,05 < D_{50} < 1,5 \text{ mm}$

b) i terreni sabbiosi con frazione argillosa caratterizzati da:

- diametro al 15%  $D_{15} > 0,005 \text{ mm}$
- limite liquido  $W_L < 35\%$
- contenuto d'acqua naturale  $W > 0,9 W_L$
- punto rappresentativo sulla carta di plasticità di Casagrande al disotto della linea A.

Committente **COMUNE DI CESENA**  
 Lavoro **LOTTIZZAZIONE ARTIGIANA**  
 Localita' **CALISESE - CESENA (FC)**  
 Attrezzo **Gouda 10 t.**

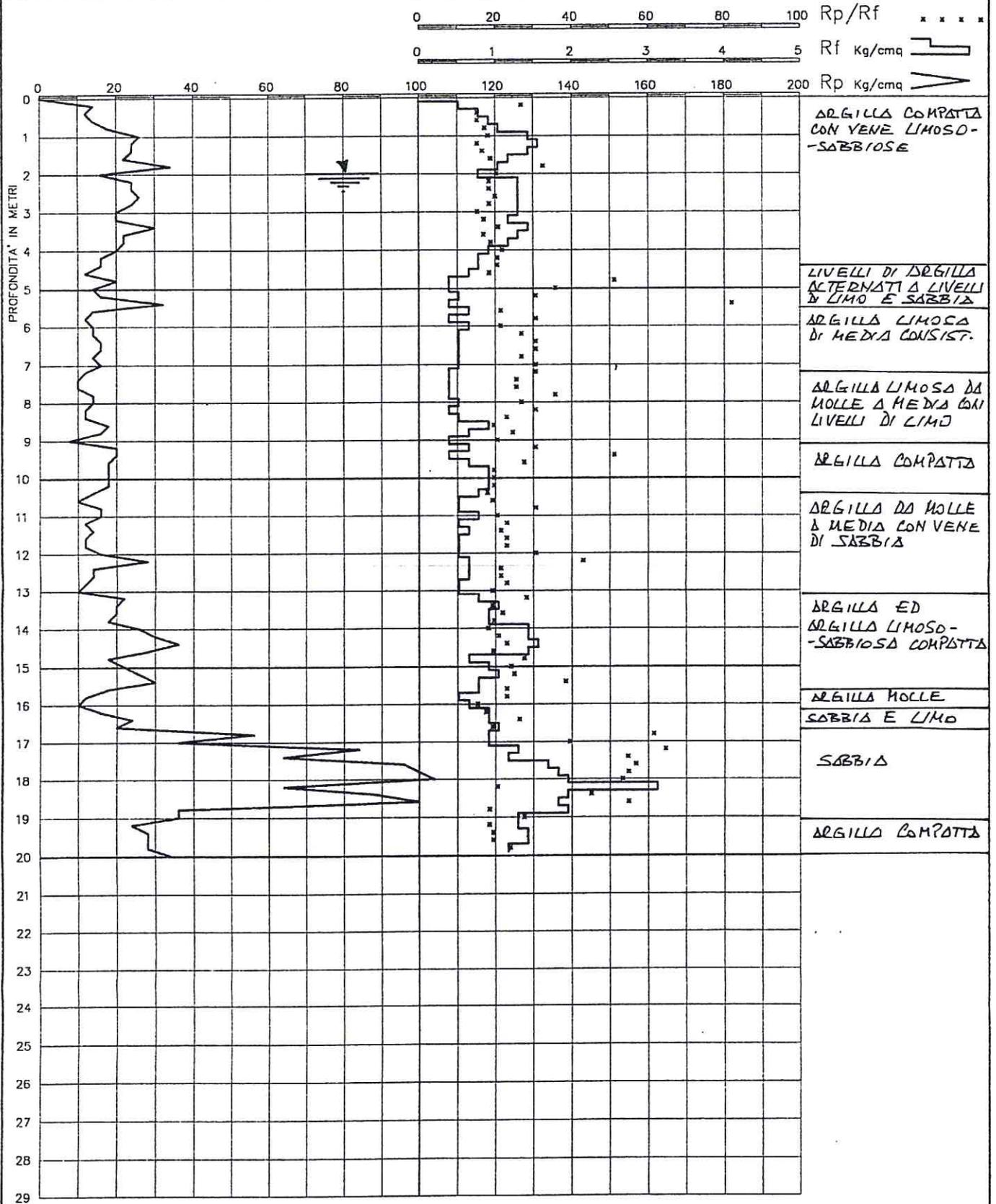
Data **04/05/01**

Impresa **Geotecnica**  
**ANGELI dr. ANGELO**  
 CESENA - TEL. 0547.27682

PROVA STATICA N. 1

QUOTA : p.c.

LIV. ACQUA : -2.00



Committente **COMUNE DI CESENA**  
 Lavoro **LOTTIZZAZIONE ARTIGIANA**  
 Località **CALISESE - CESENA (FC)**  
 Attrezzo **Gouda 10 t.**

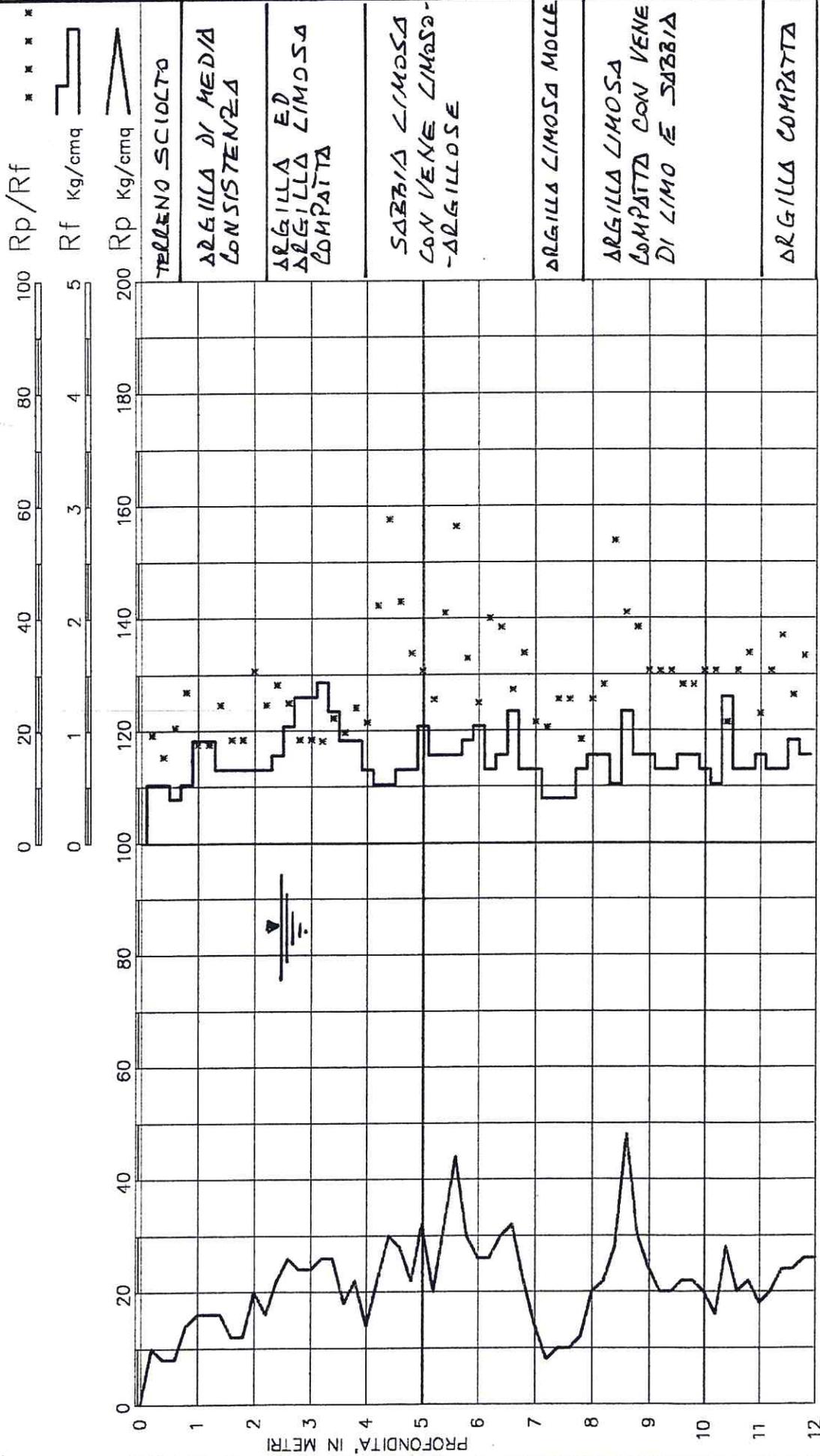
Impresa **Geotecnica**  
**ANGELI dr. ANGELO**  
**CESENA - TEL. 0547.27682**

Data **08/05/01**

**PROVA STATICA N. 2**

**QUOTA : p.c.**

**LIV. ACQUA : -2.40**



Committente **COMUNE DI CESENA**  
 Lavoro **LOTTIZZAZIONE ARTIGIANA**  
 Località **CALISESE - CESENA (FC)**  
 Attrezzo **Gouda 10 t.**

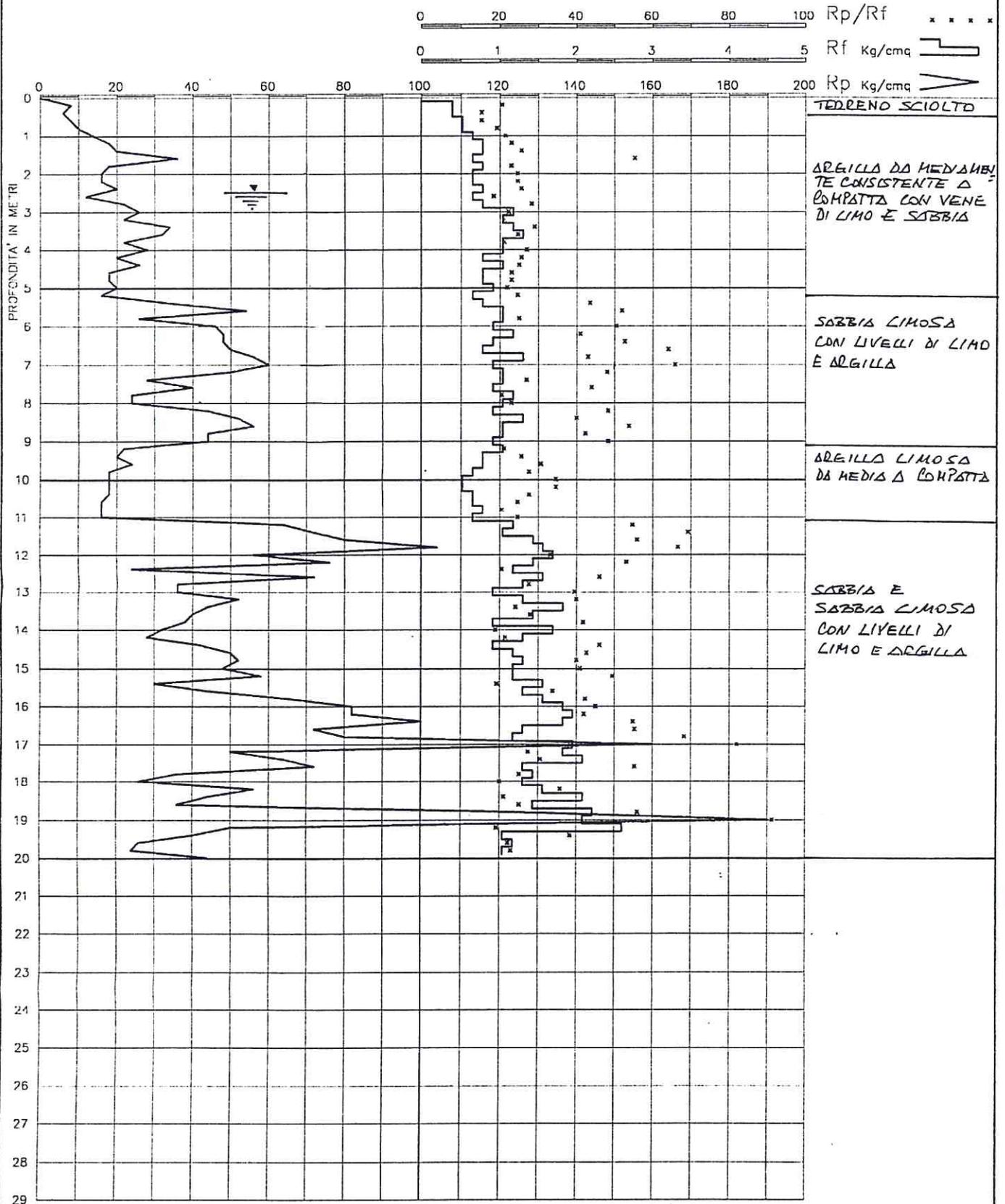
Data **08/05/01**

Impresa Geotecnica  
**ANGELI dr. ANGELO**  
 CESENA - TEL. 0547.27882

PROVA STATICA N. **3**

QUOTA : **p.c.**

LIV. ACQUA : **-2.50**



Committente **COMUNE DI CESENA**  
 lavoro **LOTTIZZAZIONE ARTIGIANA**  
 Localita' **CALISESE - CESENA (FC)**  
 Attezzo **Gouda 10 t.**

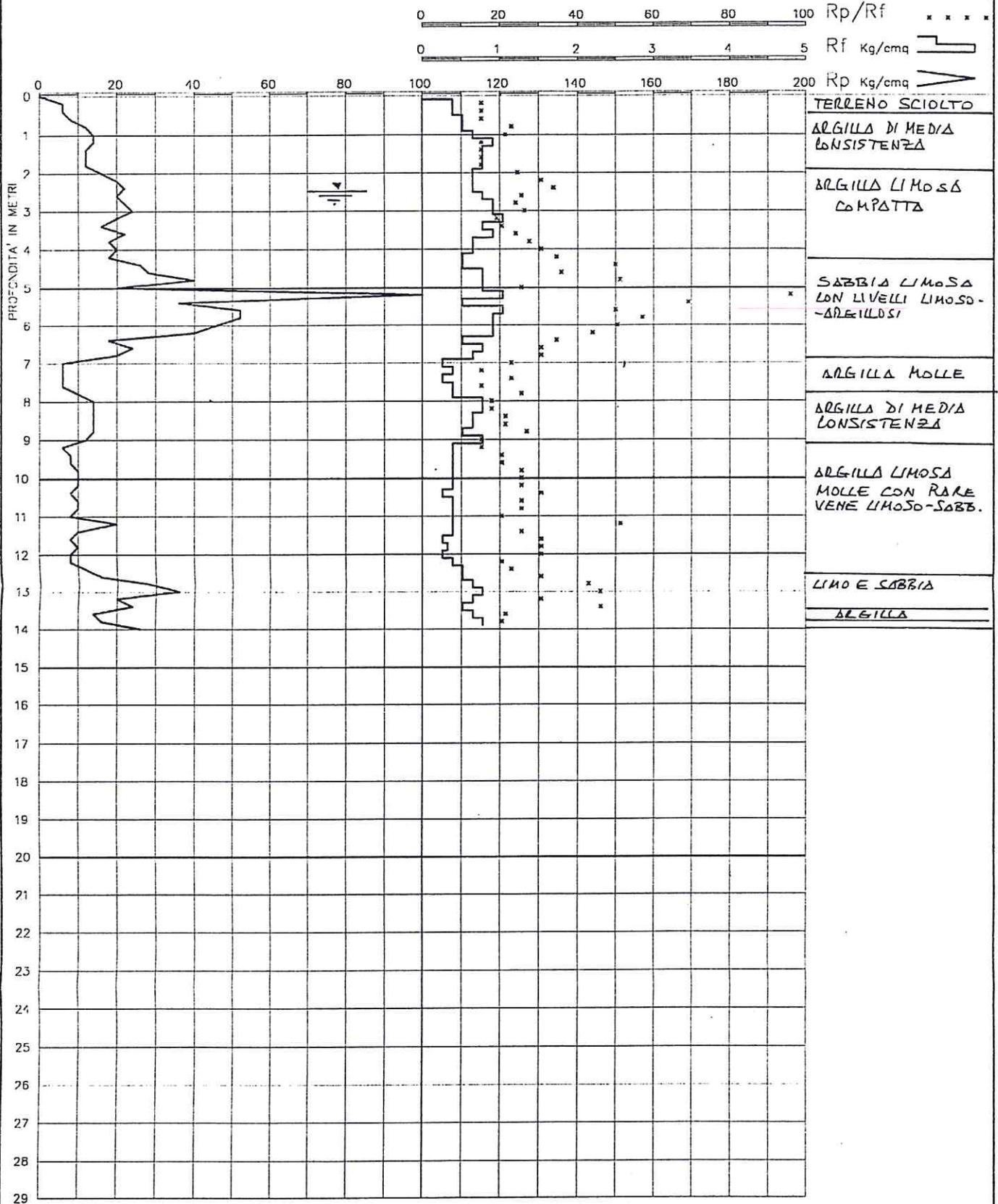
Data **08/05/01**

Impresa **Geotecnica**  
**ANGELI dr. ANGELO**  
**CESENA - TEL. 0547.27682**

PROVA STATICA N. **4**

QUOTA : **p.c.**

LIV. ACQUA : **-2.40**



Committente **COMUNE DI CESENA**  
 Lavoro **LOTTIZZAZIONE ARTIGIANA**  
 Localita' **CALISESE - CESENA (FC)**  
 Attrezzo **Gouda 10 t.**

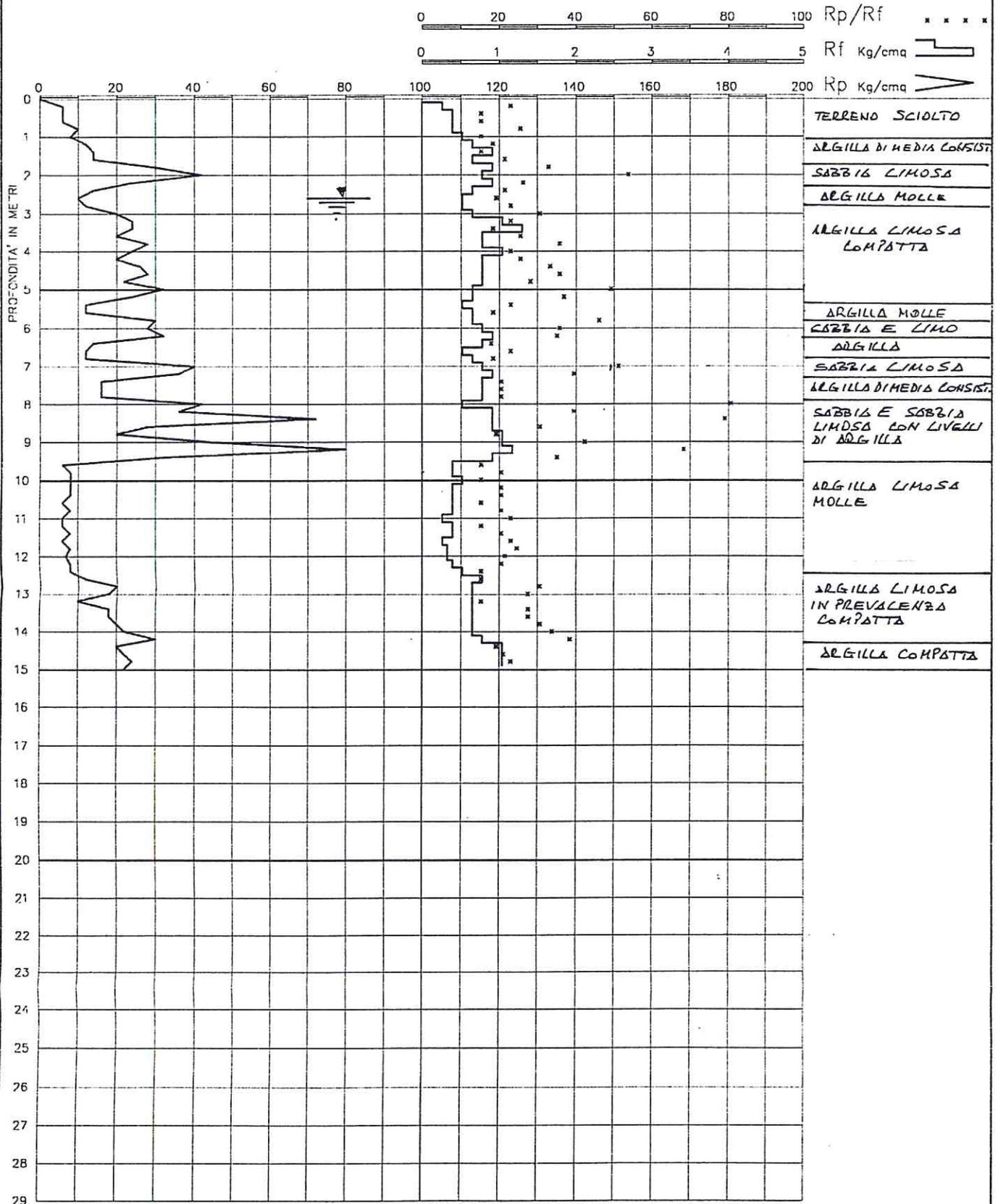
Data **08/05/01**

Impresa Geotecnica  
**ANGELI dr. ANGELO**  
 CESENA - TEL. 0547.27882

PROVA STATICA N. 5

QUOTA : p.c.

LIV. ACQUA : -2.70



Committente **COMUNE DI CESENA**  
 Lavoro **LOTTIZZAZIONE ARTIGIANA**  
 Localita' **CALISESE - CESENA (FC)**  
 Attrezzo **Gouda 10 t.**

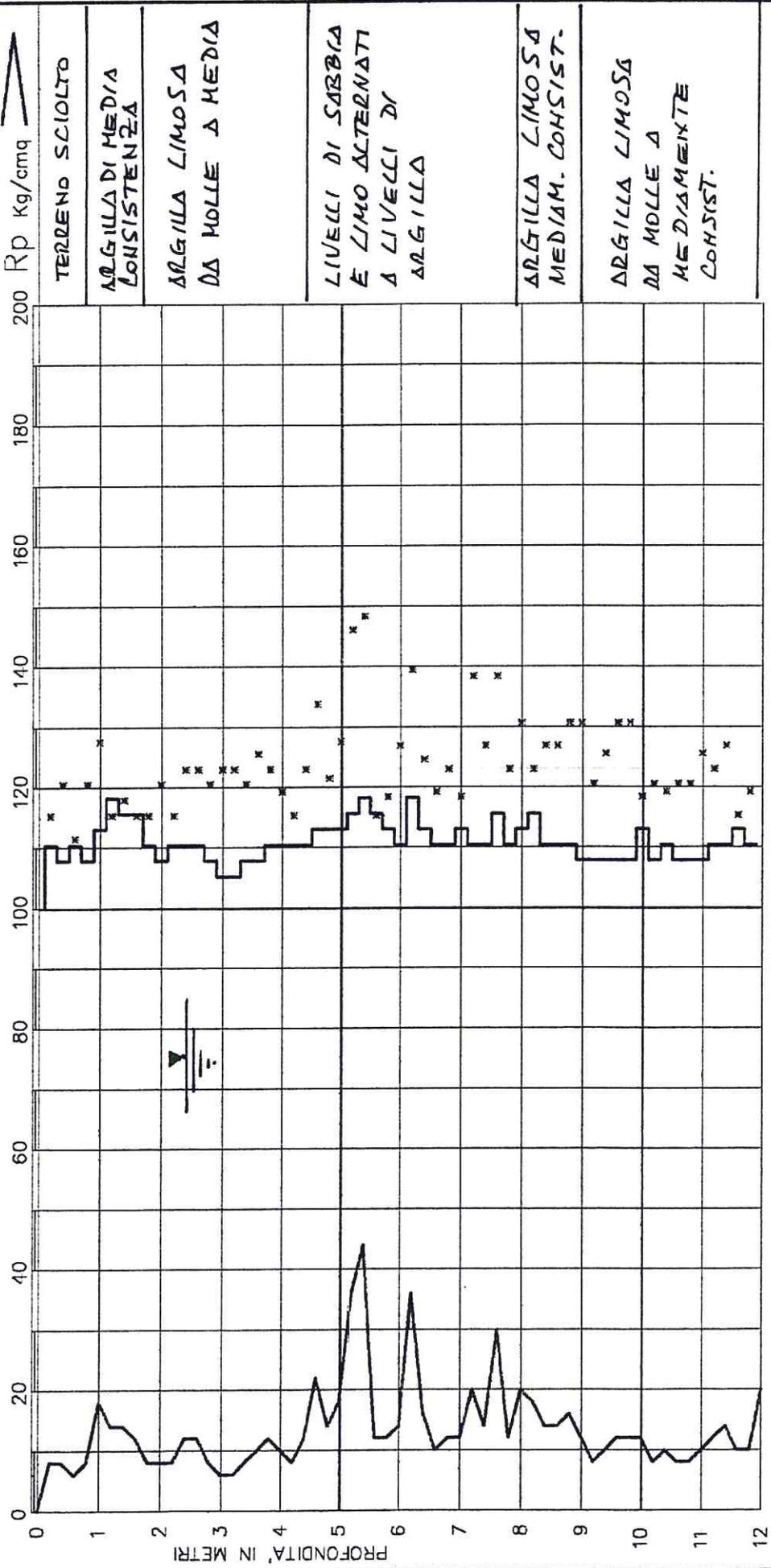
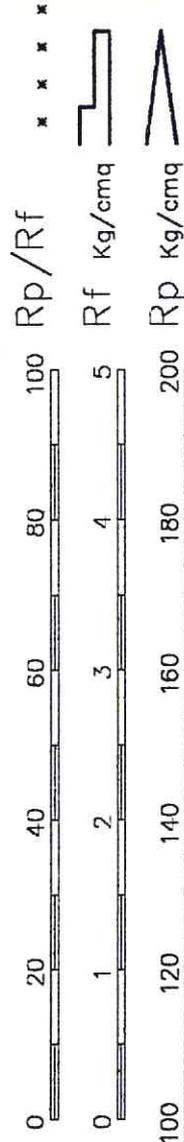
Impresa **Geotecnica**  
**ANGELI dr. ANGELO**  
**CESENA - TEL. 0547.27682**

Data **08/05/01**

PROVA STATICA N. **6**

QUOTA : **p.c.**

LIV. ACQUA : **-2.40**



Committente **COMUNE DI CESENA**  
 Lavoro **LOTTIZZAZIONE ARTIGIANA**  
 Località **CALISESE - CESENA (FC)**  
 Altezze **Gouda 10 t.**

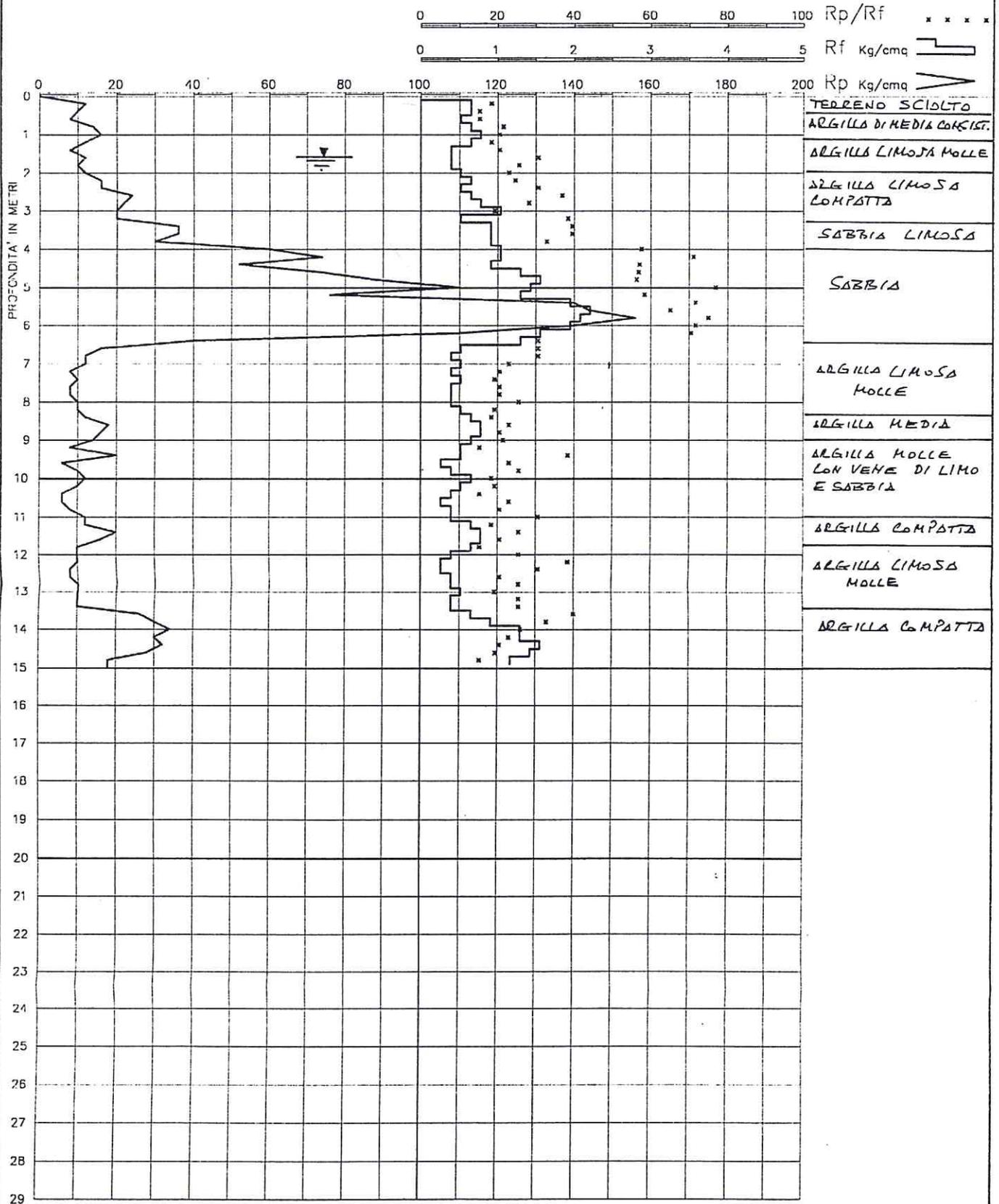
Data **08/05/01**

Impresa Geotecnica  
**ANGELI dr. ANGELO**  
**CESENA - TEL. 0547.27882**

PROVA STATICA N. **7**

QUOTA : **p.c.**

LIV. ACQUA : **-1.60**



Committente  
Cantiere  
Località  
Data

COMUNE DI CESENA  
LOTTIZZAZIONE VIA MALANOTTE  
CALISESE (FC)  
04/05/01

Quota p.c.

Impresa Geotecnica  
ANGELI dr. ANGELO  
CESENA - TEL. 0547.27682

SOND. N. 1

sistema di perforazione: CAMPIONATORE A PISTONE INFISSO  
CON IL PENETROMETRO

PROF.	CAMP.	DESCRIZIONI	PENETROM. TASCABILE kg/cmq	TORVANE kg/cmq	FALDA	W <sub>p</sub> W <sub>L</sub>	Passante al 200 ASTM %
1							
2	1.90		2.00-2.50	1.00-1.25	-2.00	28	92
3	2.50		1.00-1.50	0.50-0.80		25	95
4	3.00		1.00-1.50	0.50-0.70		25	80
5	3.50					25	
6	4.00	ARGILLA ED ARGILLA LIMOSA COMPATTA				22	
7	4.50					25	
8	5.00	ARGILLA LIMOSA DA MOLLE A MEDIANTE CONSISTENTE CON LIVELLETTI LIMOSO SABBIOSI				30	
9	5.50					32	
10	6.00					35	
11	6.50					35	
12	8.00		1.00-1.50	0.40-0.60		35	95
13	8.50					22	
14	9.00					22	
15	9.60					22	

Committente  
Cantiere  
Localita'  
Data

COMUNE DI CESENA  
LOTTIZZAZIONE VIA MALANOTTE  
CALISESE (FC)  
04/05/01

Quota p.c.

Impresa Geotecnica  
ANGELI dr. ANGELO  
CESENA - TEL. 0547.27682

SOND. N. 2

sistema di perforazione: CAMPIONATORE A PISTONE INFISSO  
CON IL PENETROMETRO

PROF.	CAMP.	DESCRIZIONI	PENETROM. TASCABILE kg/cmq	TORVANE kg/cmq	FALDA	W <sub>p</sub> W <sub>w</sub> W <sub>L</sub>	Passante al 200 ASTM %
1	0.90 1.50	ARGILLA ED ARGILLA LIMOSA COMPATTA	2.50-3.00	1.25-1.50		25	90
2	3.00 3.50		3.00-3.50	1.50-1.75	-2.50	25	85
3	4.00 4.50		2.00-2.25	1.00-1.25		25	90
4	5.00 5.50		SABBIA LIMOSA CON LIVELLI DI LIMO ED ARGILLA LIMOSA				25
5	6.00 6.60					25	70
6	7.00 7.50					25	45
7	8.00 8.50					25	45
8	9.00	ARGILLA LIMOSA	0.50-0.75	0.25-0.30		30	85
9	9.80 10.40					30	90
10							
11							
12							

COMUNE DI CESENA  
SETTORE INSEDIAMENTI PRODUTTIVI

LOTTIZZAZIONE PER INSEDIAMENTI  
PRODUTTIVI IN LOCALITA' CALISESE

RELAZIONE GEOLOGICA e GEOTECNICA

### SEZIONE GEOLOGICA N.1

Scala distanze 1/500  
Scala altezze 1/200

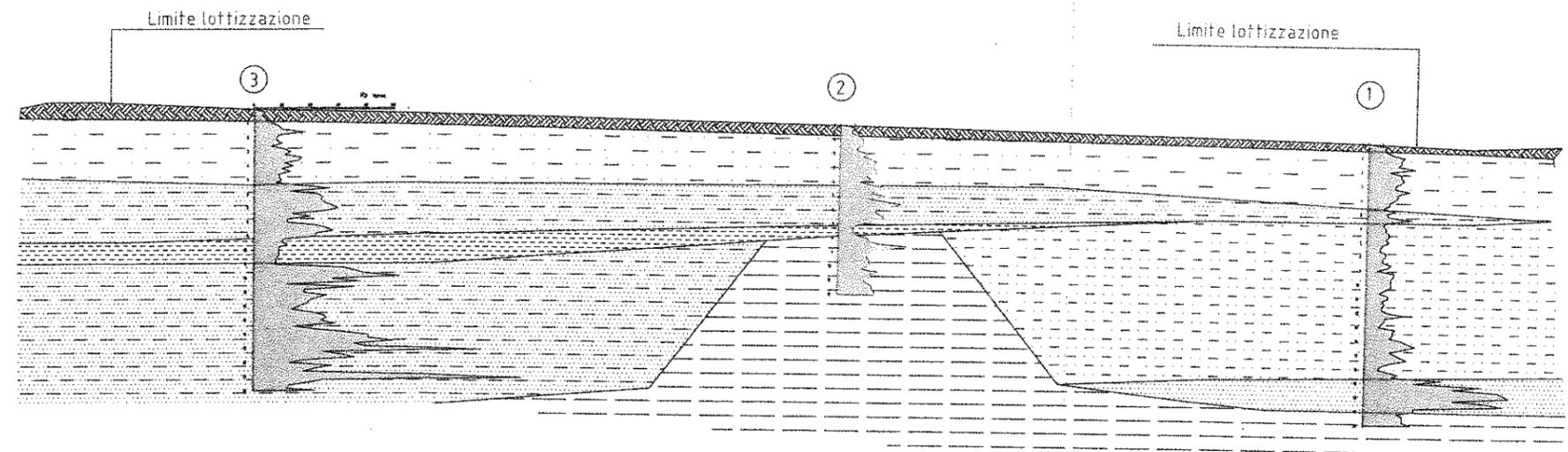
Allegato n.1

Cesena, Maggio 2001

Dr. ANGELO ANGELI  
Studio Geologia Tecnica - Impresa Geotecnica  
CESENA, Via Padre Genocchi n.222  
Tel.0547-21682 - Fax.0547-21128  
E-mail: angeliangeto@libero.it



### SEZIONE N.1



- |  |   |
|--|---|
|  Terreno vegetale sciolto   |  Argilla da molle a mediamente consistente |
|  Argilla ed argilla limosa di consistenza da media a compatta con vene limoso-sabbiose      |  Sabbia                                    |
|  Sabbia limoso-argillosa o livelli di sabbia alternati a livelli di argilla limoso-sabbiosa |  Argilla ed argilla limosa compatta        |
|  Argilla limosa da molle a media con vene di limo e sabbia                                  |   |

COMUNE DI CESENA  
SETTORE INSEDIAMENTI PRODUTTIVI

LOTTIZZAZIONE PER INSEDIAMENTI  
PRODUTTIVI IN LOCALITA' CALISESE

RELAZIONE GEOLOGICA e GEOTECNICA

### SEZIONE GEOLOGICA N.2

Scala distanze 1/500  
Scala altezze 1/200

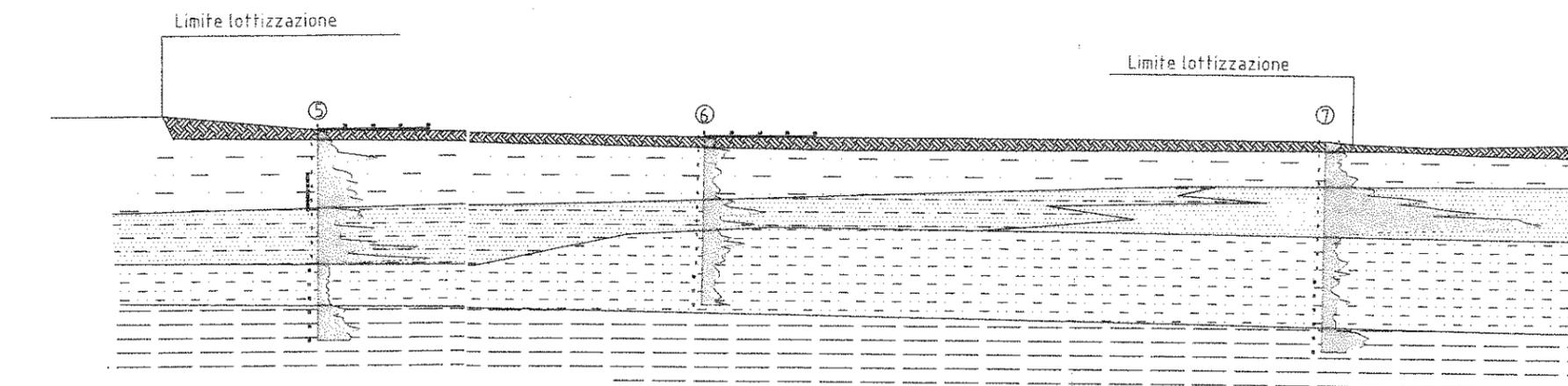
Allegato n.2

Cesena, Maggio 2001

Dr. ANGELO ANGELI  
Studio Geologia Tecnica - Impresa Geotecnica  
CESENA, Via Padre Genocchi n.222  
Tel.0547-27682 - Fax.0547-21128  
E-mail: angeliangelo@libero.it



### SEZIONE N.2



- |  |   |
|--|---|
|  Terreno vegetale sciolto   |  Argilla da molle a mediamente consistente |
|  Argilla ed argilla limosa di consistenza da media a compatta con vene limoso-sabbiose      |  Sabbia                                    |
|  Sabbia limoso-argillosa o livelli di sabbia alternati a livelli di argilla limoso-sabbiosa |  Argilla ed argilla limosa compatta        |
|  Argilla limosa da molle a media con vene di limo e sabbia                                  |   |

COMUNE DI CESENA  
SETTORE INSEDIAMENTI PRODUTTIVI

LOTTIZZAZIONE PER INSEDIAMENTI  
PRODUTTIVI IN LOCALITA' CALISESE

RELAZIONE GEOLOGICA e GEOTECNICA

SEZIONE GEOLOGICA N.3

Scala distanze 1/200  
Scala altezze 1/200

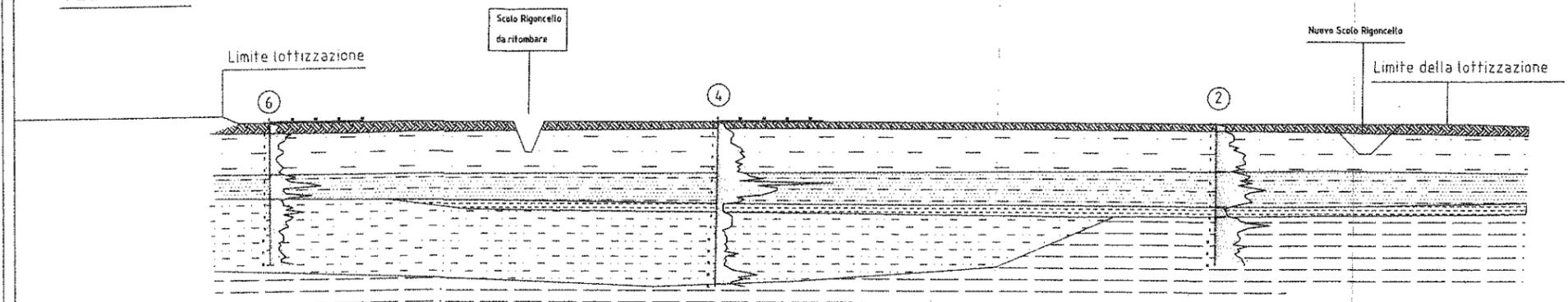
Allegato n.3

Cesena, Maggio 2001

Dr. ANGELO ANGELI  
Studio Geologia Tecnica - Impresa Geotecnica  
CESENA, Via Padre Genocchi n.222  
Tel.0547-27682 - Fax.0547-21128  
E-mail: angeliangelo@libero.it



SEZIONE N.3



 Terreno vegetale sciolto

 Argilla ed argilla limosa di consistenza da media a compatta con vene limoso-sabbiose

 Sabbia limoso-argillosa o livelli di sabbia alternati a livelli di argilla limoso-sabbiosa

 Argilla limosa da molle a media con vene di limo e sabbia

 Argilla da molle a mediamente consistente

 Sabbia

 Argilla ed argilla limosa compatta

Pesaro, 08,04,01

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA

CANTIERE CALISESE  
LOTTIZZAZIONE DI CESENA

**PROVE GEOTECNICHE**  
[Rapporto di Prova]

I campioni sono stati consegnati dal Dott. Angelo Angeli  
Il presente RAPPORTO DI PROVA è costituito da n° 47 pagine.

LO SPERIMENTATORE  
[Dr. Andrea Filippetti]

IL RESPONSABILE TECNICO  
[Dr. Ugo-Sergio Orazi]

COMMITTENTE

COMUNE DI CESENA

COMMESSA 120

CANTIERE

CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

## TABELLA RIASSUNTIVA

SONDAGGIO	n	S1 [P1]	S1 [P1]	S1 [P1]	S1 [P1]	S1 [P1]	S1 [P1]	S1 [P1]	
CAMPIONE	n	1	2	3	4	5	6	7	
PROFONDITA'	da mt	1,90	3,00	4,00	5,00	6,00	8,00	9,00	
	a mt	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	8,50	9,60	
Umidità naturale	[Wn]	(%)	26,7	23,7	24,4	22,1	30,9	33,1	21,0
LIMITI DI ATTERBERG									
Limite Liquido	[LL]	(%)	51,9	37,9	32,1	24,0	32,0	37,8	26,2
Limite Plastico	[LP]	(%)	28,0	20,1	22,6	19,8	22,8	26,5	20,5
Indice Plastico	[IP]	(%)	23,9	17,8	9,4	4,2	9,2	11,3	5,7
Indice di consistenza	[Ic]	(-)	1,05	0,80	0,81	0,45	0,12	0,42	0,90
CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE									
Ghiaia	[G]	(%)	0,0	0,4	1,6	1,2	2,2	0,0	0,0
Sabbia	[S]	(%)	9,0	6,5	18,8	68,0	47,0	4,6	52,2
Limo	[L]	(%)	57,9	56,7	50,6	17,2	36,6	52,8	35,8
Argilla	[A]	(%)	33,1	36,4	29,0	13,6	14,2	42,6	12,0
Passante a 2,000	[-]	(%)	100,0	99,6	98,4	98,8	97,8	100,0	100,0
Passante a 0,420	[-]	(%)	96,7	97,9	91,1	96,2	93,5	99,3	99,0
Passante a 0,074	[-]	(%)	91,0	93,1	79,6	30,8	50,8	95,4	47,8
CLASSIFICAZIONE	USCS		CH	CL	CL	SM-SC	CL	ML	SM-SC
	CNR-UNI 10006		A7-6	A6	A4	A2-4	A4	A6	A4
PROVE SPEDITIVE									
POCHET PENETROMETER	[PP]	(kg/cm <sup>2</sup> )	2,00-2,50	1,00-1,50	1,00-1,50	*	*	1,00-1,50	
TOR VANE	[TV]	(kg/cm <sup>2</sup> )	1,00-1,25	0,50-0,80	0,50-0,70	*	*	0,40-0,60	
DESCRIZIONE DEI CAMPIONI			Limo argilloso leggermente sabbioso di colore marrone scuro, compatto, plastico, con tracce di materia organica.	Limo argilloso di colore marrone scuro, compatto, plastico, con tracce di materia organica, piccoli inclusi biancastri carbonatici.	Limo argilloso debolmente sabbioso di colore marrone chiaro, compatto, plastico, con tracce di materia organica.	Sabbia limosa debolmente argillosa di colore marrone scuro, poco plastica, friabile, con tracce di materia organica, spalmature ossidate e piccoli inclusi biancastri carbonatici.	Sabbia limosa di colore marrone chiaro, molle, satura, poco plastica, con tracce di materia organica e piccoli inclusi biancastri carbonatici.	Limo argilloso leggermente sabbioso marrone scuro, compatto, plastico, con tracce di materia organica, spalmature ossidate e piccoli inclusi biancastri carbonatici.	Sabbia limosa debolmente argillosa di colore marrone chiaro, terreno compatto, poco plastico, friabile, con tracce di materia organica.

COMMITTENTE

COMUNE DI CESENA

COMMESSA 120

CANTIERE

CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

## TABELLA RIASSUNTIVA

SONDAGGIO	n	S2 [P3]							
CAMPIONE	n	1	2	3	4	5	6	7	8
PROFONDITA'	da mt	1,90	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,80
	a mt	2,50	3,50	4,50	5,50	6,60	7,50	8,50	10,40

Umidità naturale	[W <sub>n</sub> ]	(%)	23,9	21,5	24,7	24,5	22,9	21,0	18,2	31,2
------------------	-------------------	-----	------	------	------	------	------	------	------	------

## LIMITI DI ATTERBERG

Limite Liquido	[LL]	(%)	41,7	39,5	42,6	32,1	28,9	23,6	20,8	42,2
Limite Plastico	[LP]	(%)	23,3	21,7	24,2	20,1	23,6	20,6	18,0	25,5
Indice Plastico	[IP]	(%)	18,5	17,8	18,4	12,0	5,3	3,0	2,8	16,7
Indice di consistenza	[I <sub>c</sub> ]	(-)	0,96	1,01	0,97	0,63	1,13	0,86	0,72	0,66

## CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE

Ghiaia	[G]	(%)	0,0	0,5	3,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Sabbia	[S]	(%)	9,0	15,1	7,2	50,9	29,7	57,3	59,3	12,3
Limo	[L]	(%)	56,4	49,2	64,1	36,3	52,5	31,2	28,0	56,9
Argilla	[A]	(%)	34,6	35,2	25,7	12,0	17,8	11,5	12,7	30,8
Passante a 2,000	[-]	(%)	100,0	99,5	97,0	99,2	100,0	100,0	100,0	100,0
Passante a 0,420	[-]	(%)	96,1	96,7	92,6	96,1	99,4	98,7	98,4	98,6
Passante a 0,074	[-]	(%)	91,0	84,4	89,8	48,3	70,3	42,7	40,7	87,7

CLASSIFICAZIONE	USCS	CL	CL	CL	SC	ML	SM	SM	CL
	CNR-UNI 10006	A7-6	A6	A7-6	A6	A4	A4	A4	A7-6

## PROVE SPEDITIVE

POCHET PENETROMETER	[PP]	(kg/cm <sup>2</sup> )	2,50-3,00	3,00-3,50	2,00-2,25	*	*	*	*	0,50-0,75
TOR VANE	[Tv]	(kg/cm <sup>2</sup> )	1,25-1,50	1,50-1,75	1,00-1,25	*	*	*	*	0,25-0,3

DESCRIZIONE DEI CAMPIONI									
	Limo argilloso di colore marrone chiaro, compatto, plastico, con tracce di materia organica.								
	Limo argilloso debolmente sabbioso di colore marrone chiaro, compatto, plastico, con tracce di materiale organico e frustoli vegetali sparsi.								
	Limo argilloso debolmente sabbioso di colore marrone chiaro, compatto, plastico, con tracce di materia organica, spalmature ossidate e alcuni inclusi ghiaiosi sparsi.								
	Sabbia limosa debolmente argillosa marrone chiaro, complessivamente compatta/addensata; terreno poco plastico, con tracce di materia organica, spalmature ossidate e piccoli inclusi biancastrri carbonatici.								
	Limo sabbioso argilloso marrone chiaro, poco plastico, con tracce di materia organica e spalmature ossidate.								
	Sabbia limosa debolmente argillosa di colore marrone chiaro; terreno poco plastico, con tracce di materia organica e spalmature ossidate.								
	Sabbia limosa debolmente argillosa di colore marrone chiaro; terreno poco plastico, friabile, con tracce di materia organica e spalmature ossidate.								
	Limo argilloso debolmente sabbioso marrone chiaro, plastico, poco compatto, con tracce di materia organica, spalmature ossidate e piccoli noduli biancastrri.								

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
 CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
 Data apertura campione 14,05,01  
 Data esecuzione prova 14,05,01

SONDAGGIO S1  
 CAMPIONE 1  
 PROFONDITA' [mt] 1,90-2,50

CARATTERISTICHE GENERALI [AGI 1977]

CONTENITORE : FUSTELLA PVC  
 DIMENSIONI DEL CAMPIONE [cm] : Ø : 5,0 h : 43,0  
 GRADO DI QUALITA' [AGI 1977] : POSITIVA  
 REAZIONE HCL : Q4

Rp	Tv	PROGRAMMA PROVE DI LABORATORIO	STRATRIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA
kg/cm <sup>2</sup>				
2,50	1,25	UMIDITA, LIMITI DI ATTERBERG	cm 10	Limo argilloso leggermente sabbioso di colore marrone scuro, compatto, plastico, con tracce di materia organica.
	1,00	GRANULOMETRIA		
2,00	1,25		20	
			30	
2,50			40	
			50	

pg 1/1

NOTE	CERTIFICATO N. 1070
	DATA 18/05/91

IL DIRETTORE

LO SPERIMENTATORE

COMMITTENTE  
CANTIERE

COMUNE DI CESENA  
CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
Data apertura campione 14,05,01  
Data esecuzione prova 14,05,01  
Descrizione del campione Limo argilloso debolmente sabbioso

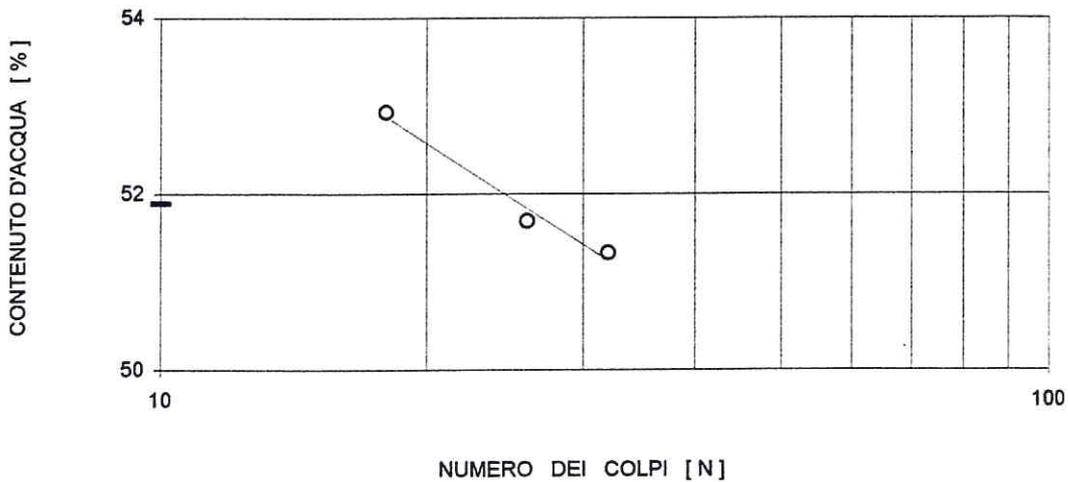
SONDAGGIO S1  
CAMPIONE 1  
PROFONDITA' [mt] 1,90-2,50

LIMITI DI ATTERBERG [CNR - UNI 10014]

Limite Plastico		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	9,06	9,14	9,08
Peso capsula + terra umida	(gr)	14,67	15,14	15,05
Peso capsula + terra secca	(gr)	13,43	13,85	13,74
LIMITE PLASTICO	(%)	28,4	27,4	28,1

Limite Liquido		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	8,86	8,60	7,15
Peso capsula + terra umida	(gr)	22,54	22,48	20,47
Numero di colpi	(-)	32	26	18
Peso capsula + terra secca	(gr)	17,90	17,75	15,86
CONTENUTO IN ACQUA	(%)	51,3	51,7	52,9
LIMITE LIQUIDO	(%)	52,9	51,9	50,8

LIMITE PLASTICO (LP) : 28,0 (%)  
 LIMITE LIQUIDO (LL) : 51,9 (%)  
 INDICE PLASTICO (IP) : 23,9 (%)  
 CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (Wn) : 26,7 (%)  
 INDICE DI CONSISTENZA (Ic) : 1,05 (-)  
 INDICE DI LIQUIDITA' (Il) : -0,05 (-)



NOTE	CERTIFICATO N. 104
	DATA 18/05/01

IL DIRETTORE *Mi*  
 LO SPERIMENTATORE *C*

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
 CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120 SONDAGGIO S1  
 Data apertura campione 14,05,01 CAMPIONE 1  
 Data esecuzione prova 14,05,01 PROFONDITA' [mt] 1,90-2,50  
 Descrizione del campione Limo argilloso debolmente sabbioso

ANALISI GRANULOMETRICA [CNR BU n. 23 - AGI 1994]

SETACCI		TRATTENUTO	PASSANTE
ASTM	mm	(%)	(%)
4 inch	101,600	0,0	100,0
2 inch	76,100	0,0	100,0
3 inch	50,800	0,0	100,0
1 inch	25,400	0,0	100,0
3/4 inch	19,000	0,0	100,0
1/2 inch	12,700	0,0	100,0
3/8 inch	9,510	0,0	100,0
4 mesh	4,760	0,0	100,0
10 mesh	2,000	0,0	100,0
20 mesh	0,840	1,6	98,4
40 mesh	0,420	1,7	96,7
70 mesh	0,210	3,0	93,7
200 mesh	0,074	2,6	91,0
A	0,037		83,7
e	0,027		76,5
r	0,018		71,0
o	0,013		60,1
m	0,008		51,0
e	0,006		45,5
t	0,004		40,1
r	0,001		29,1
a			

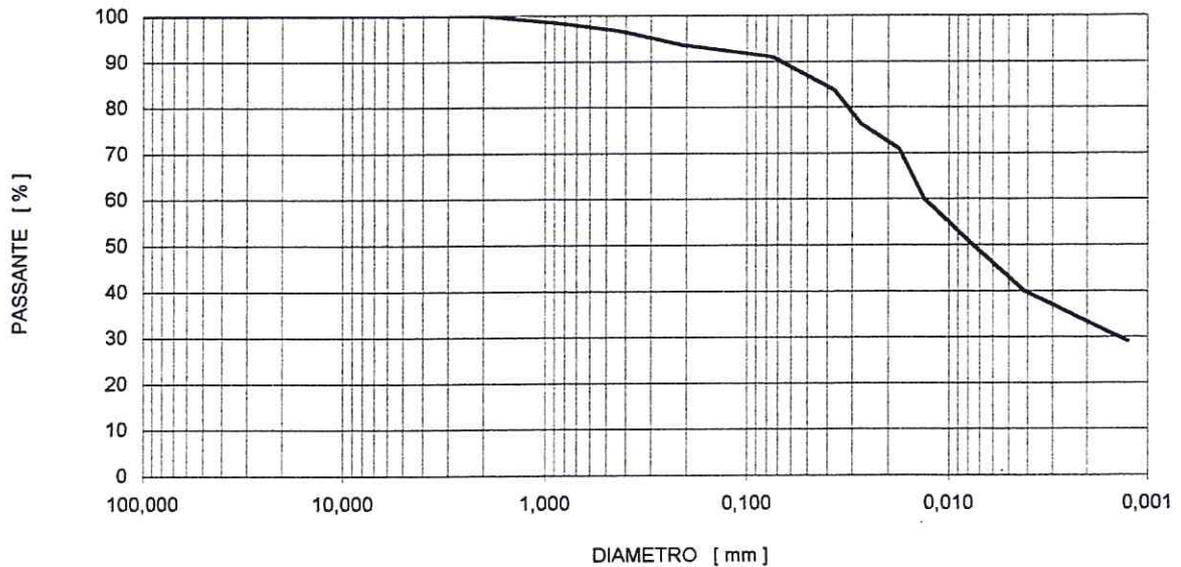
GHIAIA (> 2,00 mm) 0,0 (%)  
 SABBIA (2,00 - 0,074 mm) 9,0 (%)  
 LIMO (0,074 - 0,002 mm) 57,9 (%)  
 ARGILLA (< 0,002 mm) 33,1 (%)

Passante al 2 mm 100,0 (%)  
 Passante allo 0,42 mm 96,7 (%)  
 Passante allo 0,074 mm 91,0 (%)

Limite Liquido [WL]: 51,9 (%)  
 Indice Plastico [PI]: 23,9 (%)

CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10006 A7-6  
 CLASSIFICAZIONE USCS CH

D60 % mm U (-)  
 D10 % mm C (-)



NOTE

CERTIFICATO N. 1072

DATA 18/05/01

IL DIRETTORE

LO SPERIMENTATORE

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
 CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
 Data apertura campione 14,05,01  
 Data esecuzione prova 14,05,01

SONDAGGIO S1  
 CAMPIONE 2  
 PROFONDITA' [mt] 3,00-3,50

CARATTERISTICHE GENERALI [ AGI 1977 ]

CONTENITORE : FUSTELLA PVC  
 DIMENSIONI DEL CAMPIONE [ cm ] : Ø : 5,0 h : 45,0  
 GRADO DI QUALITA' [AGI 1977] : POSITIVA  
 REAZIONE HCL : Q4

Rp	Tv	PROGRAMMA PROVE DI LABORATORIO	STRATRIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA
kg/cm <sup>2</sup>			cm	
1,00	0,50	UMIDITA, LIMITI DI ATTERBERG		Limo argilloso leggermente sabbioso di colore marrone scuro, compatto, plastico, con tracce di materia organica, piccoli inclusi biancastri carbonatici e alcuni elementi grossolani sparsi.
	0,75	GRANULOMETRIA		
1,50	0,75			
	0,80			
1,50	0,80			

NOTE  
 CERTIFICATO N. 1043  
 DATA 18/05/01  
 IL DIRETTORE  
 LO SPERIMENTATORE

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
Data apertura campione 14,05,01  
Data esecuzione prova 14,05,01  
Descrizione del campione Limo argilloso leggermente sabbioso

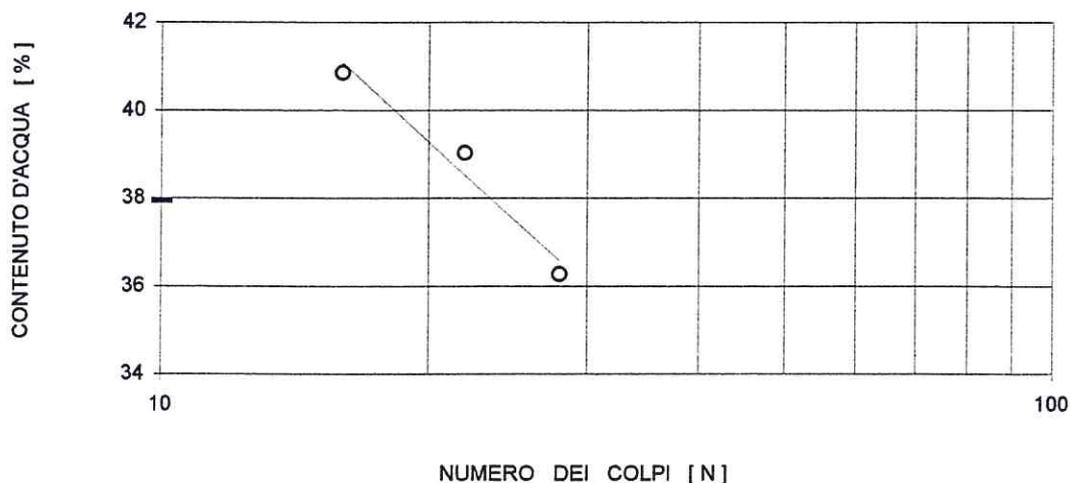
SONDAGGIO S1  
CAMPIONE 2  
PROFONDITA' [mt] 3,00-3,50

### LIMITI DI ATTERBERG [ CNR - UNI 10014 ]

Limite Plastico		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	9,14	9,08	14,35
Peso capsula + terra umida	(gr)	14,66	15,12	20,40
Peso capsula + terra secca	(gr)	13,75	14,12	19,36
LIMITE PLASTICO	(%)	19,7	19,8	20,8

Limite Liquido		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	8,50	9,24	7,02
Peso capsula + terra umida	(gr)	26,43	24,77	23,40
Numero di colpi	(-)	16	22	28
Peso capsula + terra secca	(gr)	21,23	20,41	19,04
CONTENUTO IN ACQUA	(%)	40,8	39,0	36,3
LIMITE LIQUIDO	(%)	38,6	38,4	36,8

LIMITE PLASTICO (LP) : 20,1 (%)  
 LIMITE LIQUIDO (LL) : 37,9 (%)  
 INDICE PLASTICO (IP) : 17,8 (%)  
 CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (Wn) : 23,7 (%)  
 INDICE DI CONSISTENZA (Ic) : 0,80 (-)  
 INDICE DI LIQUIDITA' (Il) : 0,20 (-)



pg 1/1

NOTE

CERTIFICATO N. 1074  
 DATA 28/05/01

IL DIRETTORE *Mi*  
 LO SPERIMENTATORE *R*

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
Data apertura campione 14,05,01  
Data esecuzione prova 14,05,01  
Descrizione del campione Limo argilloso leggermente sabbioso

SONDAGGIO S1  
CAMPIONE 2  
PROFONDITA' [mt] 3,00-3,50

ANALISI GRANULOMETRICA [CNR BU n. 23 - AGI 1994]

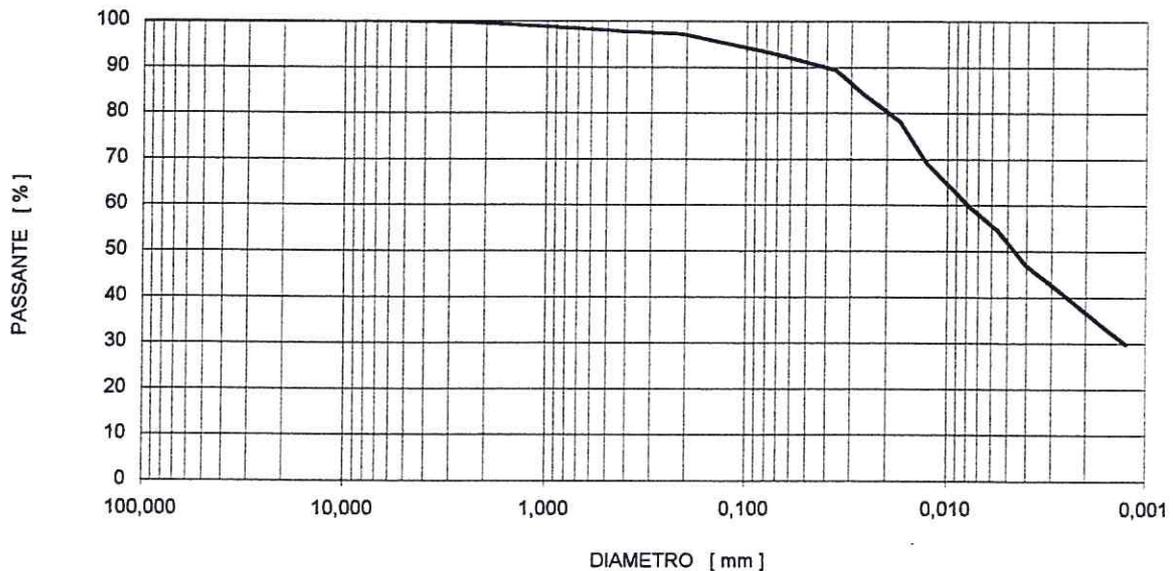
SETACCI		TRATTENUTO	PASSANTE
ASTM	mm	(%)	(%)
4 inch	101,600	0,0	100,0
2 inch	76,100	0,0	100,0
3 inch	50,800	0,0	100,0
1 inch	25,400	0,0	100,0
3/4 inch	19,000	0,0	100,0
1/2 inch	12,700	0,0	100,0
3/8 inch	9,510	0,0	100,0
4 mesh	4,760	0,0	100,0
10 mesh	2,000	0,4	99,6
20 mesh	0,840	1,0	98,6
40 mesh	0,420	0,7	97,9
70 mesh	0,210	0,7	97,2
200 mesh	0,074	4,1	93,1
A	0,036		89,3
e	0,026		84,1
r	0,017		78,2
o	0,013		69,2
m	0,008		59,6
e	0,006		54,5
t	0,004		47,1
r	0,001		29,8
i			
a			

GHIAIA (> 2,00 mm) 0,4 (%)  
SABBIA (2,00 - 0,074 mm) 6,5 (%)  
LIMO (0,074 - 0,002 mm) 56,7 (%)  
ARGILLA (< 0,002 mm) 36,4 (%)

Passante al 2 mm 99,6 (%)  
Passante allo 0,42 mm 97,9 (%)  
Passante allo 0,074 mm 93,1 (%)

Limite Liquido [WL]: 37,9 (%)  
Indice Plastico [PI]: 17,8 (%)

CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10006 A6  
CLASSIFICAZIONE USCS CL



NOTE

CERTIFICATO N. 2075  
DATA 18/25/01

IL DIRETTORE [Signature]  
LO SPERIMENTATORE [Signature]

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
 CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
 Data apertura campione 14,05,01  
 Data esecuzione prova 14,05,01

SONDAGGIO S1  
 CAMPIONE 3  
 PROFONDITA' [mt] 4,00-4,50

CARATTERISTICHE GENERALI [ AGI 1977 ]

CONTENITORE : FUSTELLA PVC  
 DIMENSIONI DEL CAMPIONE [ cm ] : Ø : 5,0 h : 43,0  
 GRADO DI QUALITA' [AGI 1977] : POSITIVA  
 REAZIONE HCL : Q4

Rp	Tv	PROGRAMMA PROVE DI LABORATORIO	STRATRIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA
kg/cm <sup>2</sup>				
1,00	0,50	UMIDITA, LIMITI DI ATTERBERG  GRANULOMETRIA		Limo argilloso debolmente sabbioso di colore marrone chiaro, compatto, poco plastico, con tracce di materia organica.
	0,70			
1,50	0,60			
1,00				

pg 1/1

NOTE  
 CERTIFICATO N. 1076  
 DATA 18/05/91

IL DIRETTORE  
 LO SPERIMENTATORE

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
 CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
 Data apertura campione 14,05,01  
 Data esecuzione prova 14,05,01  
 Descrizione del campione Limo argilloso debolmente sabbioso

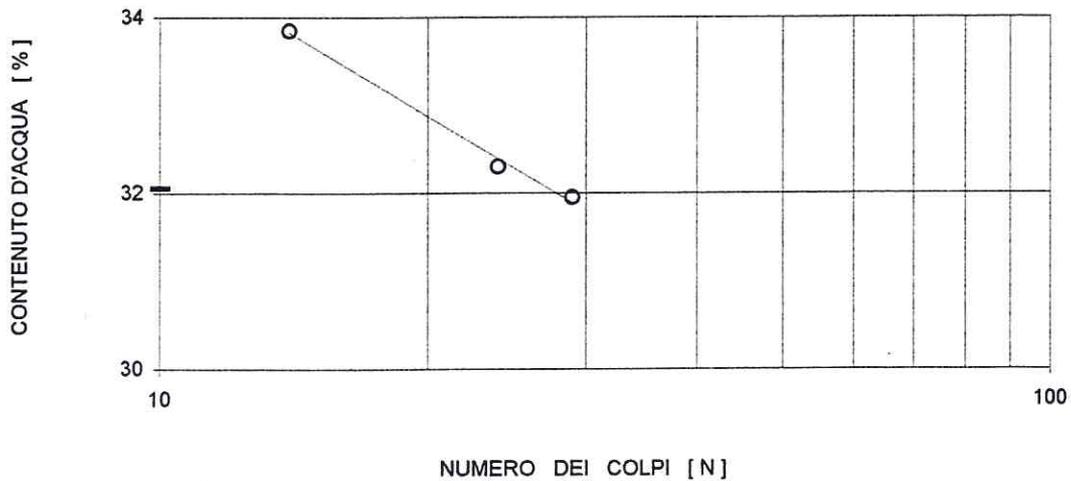
SONDAGGIO S1  
 CAMPIONE 3  
 PROFONDITA' [mt] 4,00-4,50

LIMITI DI ATTERBERG [CNR - UNI 10014]

Limite Plastico		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	8,42	9,14	8,66
Peso capsula + terra umida	(gr)	15,67	15,38	14,64
Peso capsula + terra secca	(gr)	14,35	14,22	13,53
LIMITE PLASTICO	(%)	22,3	22,8	22,8

Limite Liquido		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	9,14	9,06	9,13
Peso capsula + terra umida	(gr)	23,89	25,77	25,03
Numero di colpi	(-)	14	24	29
Peso capsula + terra secca	(gr)	20,16	21,69	21,18
CONTENUTO IN ACQUA	(%)	33,8	32,3	32,0
LIMITE LIQUIDO	(%)	31,5	32,1	32,5

LIMITE PLASTICO (LP) : 22,6 (%)  
 LIMITE LIQUIDO (LL) : 32,1 (%)  
 INDICE PLASTICO (IP) : 9,4 (%)  
 CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (Wn) : 24,4 (%)  
 INDICE DI CONSISTENZA (Ic) : 0,81 (-)  
 INDICE DI LIQUIDITA' (Il) : 0,19 (-)



pg 1/1

NOTE	CERTIFICATO N. <i>2377</i>	IL DIRETTORE <i>[Signature]</i>
	DATA <i>18/05/09</i>	LO SPERIMENTATORE <i>[Signature]</i>

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
Data apertura campione 14,05,01  
Data esecuzione prova 14,05,01  
Descrizione del campione Limo argilloso debolmente sabbioso

SONDAGGIO S1  
CAMPIONE 3  
PROFONDITA' [mt] 4,00-4,50

ANALISI GRANULOMETRICA [CNR BU n. 23 - AGI 1994]

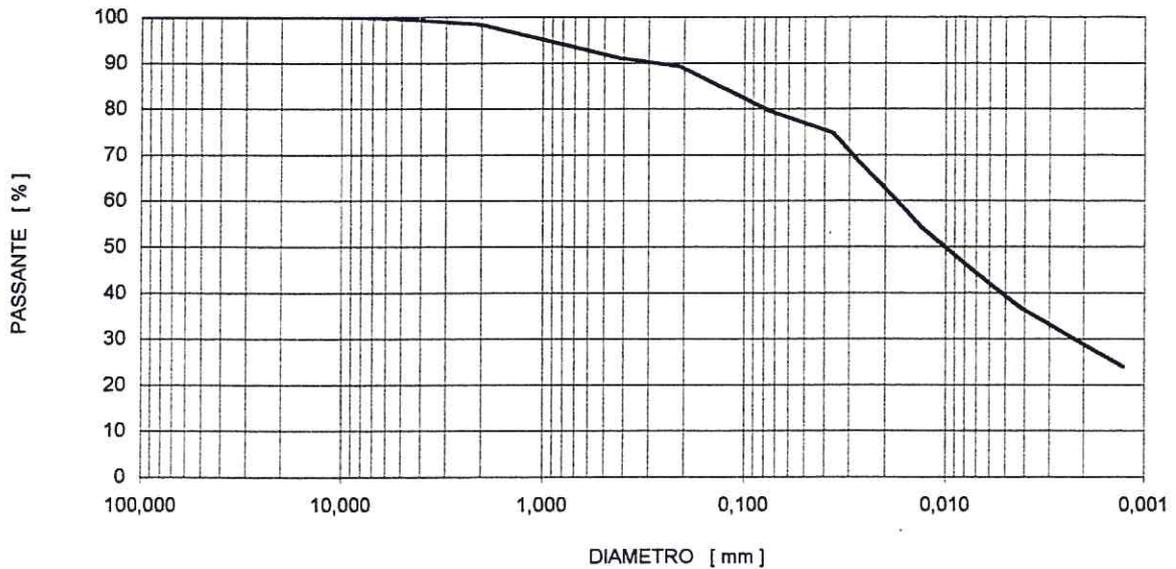
SETACCI		TRATTENUTO	PASSANTE
ASTM	mm	(%)	(%)
4 inch	101,600	0,0	100,0
2 inch	76,100	0,0	100,0
3 inch	50,800	0,0	100,0
1 inch	25,400	0,0	100,0
3/4 inch	19,000	0,0	100,0
1/2 inch	12,700	0,0	100,0
3/8 inch	9,510	0,0	100,0
4 mesh	4,760	0,4	99,6
10 mesh	2,000	1,2	98,4
20 mesh	0,840	4,1	94,3
40 mesh	0,420	3,2	91,1
70 mesh	0,210	1,8	89,3
200 mesh	0,074	9,7	79,6
A	0,036		74,8
e	0,027		68,5
r	0,018		60,5
o	0,013		54,1
m	0,008		46,2
e	0,006		41,4
t	0,004		36,6
r	0,001		23,9
a			

GHIAIA (> 2,00 mm) 1,6 (%)  
SABBIA (2,00 - 0,074 mm) 18,8 (%)  
LIMO (0,074 - 0,002 mm) 50,6 (%)  
ARGILLA (< 0,002 mm) 29,0 (%)

Passante al 2 mm 98,4 (%)  
Passante allo 0,42 mm 91,1 (%)  
Passante allo 0,074 mm 79,6 (%)

Limite Liquido [WL]: 32,1 (%)  
Indice Plastico [PI]: 9,4 (%)

CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10006 A4  
CLASSIFICAZIONE USCS CL



NOTE	CERTIFICATO N. <i>1018</i>
	DATA <i>18/05/01</i>

IL DIRETTORE *[Signature]*  
LO SPERIMENTATORE *[Signature]*

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
 CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
 Data apertura campione 14,05,01  
 Data esecuzione prova 14,05,01

SONDAGGIO S1  
 CAMPIONE 4  
 PROFONDITA' [mt] 5,00-5,50

CARATTERISTICHE GENERALI [ AGI 1977 ]

CONTENITORE : FUSTELLA PVC  
 DIMENSIONI DEL CAMPIONE [ cm ] : Ø : 5,0 h : 43,0  
 GRADO DI QUALITA' [AGI 1977] : POSITIVA  
 REAZIONE HCL : Q4

Rp	Tv	PROGRAMMA PROVE DI LABORATORIO	STRATRIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA
kg/cm <sup>2</sup>				
		UMIDITA, LIMITI DI ATTERBERG  GRANULOMETRIA		Sabbia limosa debolmente argillosa di colore marrone scuro; terreno poco plastico, con tracce di materia organica, spalmature ossidate e piccoli inclusi biancastri carbonatici.

⊗ ⊗

pg 1/1

NOTE	CERTIFICATO N. <i>20/05/01</i>	IL DIRETTORE <i>Di</i>
	DATA <i>14/05/01</i>	LO SPERIMENTATORE <i>Re</i>

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
Data apertura campione 14,05,01  
Data esecuzione prova 14,05,01  
Descrizione del campione \*\*\*\*\*

SONDAGGIO S1  
CAMPIONE 4  
PROFONDITA' [mt] 5,00-5,50

LIMITI DI ATTERBERG [ CNR - UNI 10014 ]

**Limite Plastico**

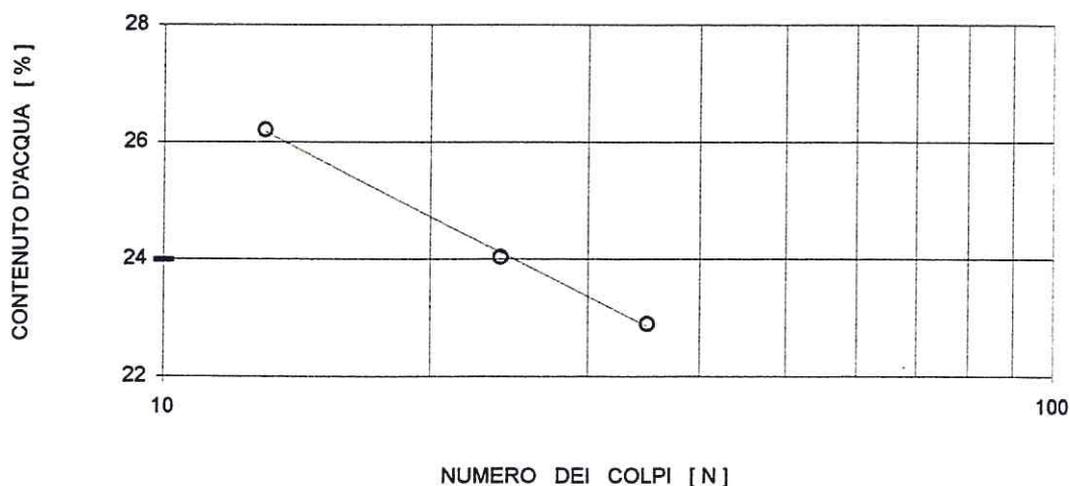
		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	8,44	9,06	9,08
Peso capsula + terra umida	(gr)	13,79	15,23	15,52
Peso capsula + terra secca	(gr)	12,93	14,20	14,44
LIMITE PLASTICO	(%)	19,2	20,0	20,1

**Limite Liquido**

		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	9,13	9,08	9,03
Peso capsula + terra umida	(gr)	27,77	22,65	21,16
Numero di colpi	(-)	13	24	35
Peso capsula + terra secca	(gr)	23,90	20,02	18,90
CONTENUTO IN ACQUA	(%)	26,2	24,0	22,9
LIMITE LIQUIDO	(%)	24,1	23,9	23,9

LIMITE PLASTICO (LP) : 19,8 (%)  
 LIMITE LIQUIDO (LL) : 24,0 (%)  
 INDICE PLASTICO (IP) : 4,2 (%)  
 CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (Wn) : 22,1 (%)

INDICE DI CONSISTENZA (Ic) : 0,45 (-)  
 INDICE DI LIQUIDITA' (Il) : 0,55 (-)



NOTE	CERTIFICATO N. <i>1090</i>
	DATA <i>18/05/01</i>

IL DIRETTORE *A. i.*  
 LO SPERIMENTATORE *E.*

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
Data apertura campione 14,05,01  
Data esecuzione prova 14,05,01  
Descrizione del campione Sabbia limosa debolmente argillosa

SONDAGGIO S1  
CAMPIONE 4  
PROFONDITA' [mt] 5,00-5,50

ANALISI GRANULOMETRICA [CNR BU n.23 - AGI 1994]

SETACCI		TRATTENUTO	PASSANTE
ASTM	mm	(%)	(%)
4 inch	101,600	0,0	100,0
2 inch	76,100	0,0	100,0
3 inch	50,800	0,0	100,0
1 inch	25,400	0,0	100,0
3/4 inch	19,000	0,0	100,0
1/2 inch	12,700	0,0	100,0
3/8 inch	9,510	0,0	100,0
4 mesh	4,760	0,6	99,4
10 mesh	2,000	0,6	98,8
20 mesh	0,840	0,9	97,9
40 mesh	0,420	1,7	96,2
70 mesh	0,210	18,6	77,6
200 mesh	0,074	46,8	30,8
A	0,040		23,9
e	0,029		21,5
r	0,019		18,8
o	0,014		15,5
m	0,008		13,5
e	0,006		13,5
t	0,004		13,5
r			
i	0,001		13,2
a			

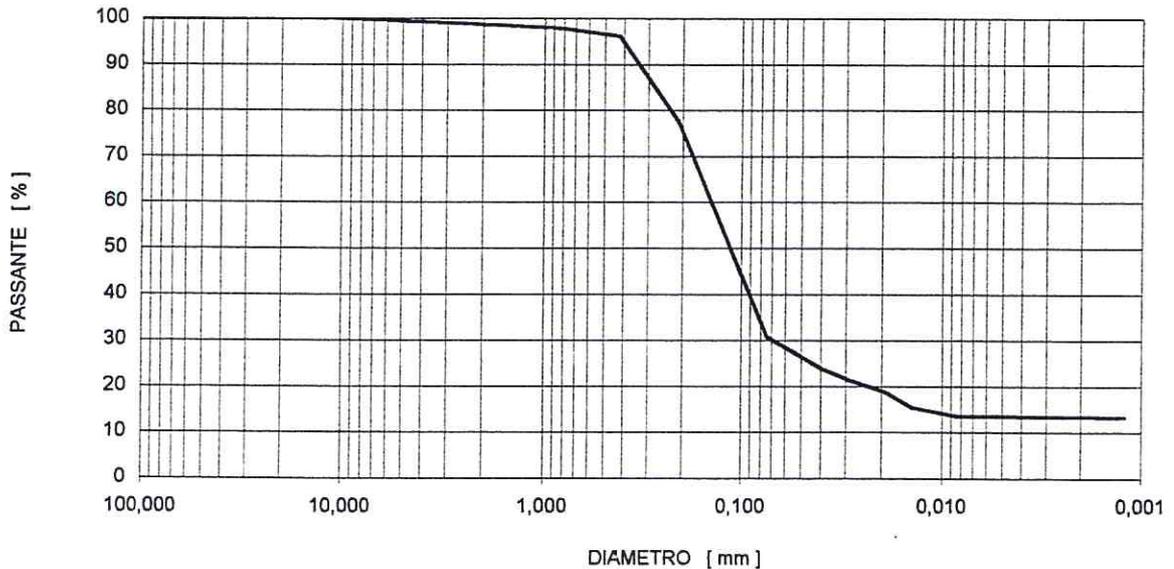
GHIAIA (> 2,00 mm) 1,2 (%)  
SABBIA (2,00 - 0,074 mm) 68,0 (%)  
LIMO (0,074 - 0,002 mm) 17,2 (%)  
ARGILLA (< 0,002 mm) 13,6 (%)

Passante al 2 mm 98,8 (%)  
Passante allo 0,42 mm 96,2 (%)  
Passante allo 0,074 mm 30,8 (%)

Limite Liquido [WL]: 24,0 (%)  
Indice Plastico [PI]: 4,2 (%)

CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10006 A2-4  
CLASSIFICAZIONE USCS SM-SC

D60 % mm U (-)  
D10 % mm C (-)



NOTE	CERTIFICATO N. <i>234</i>
	DATA <i>18/05/01</i>

IL DIRETTORE *[Signature]*  
LO SPERIMENTATORE *[Signature]*

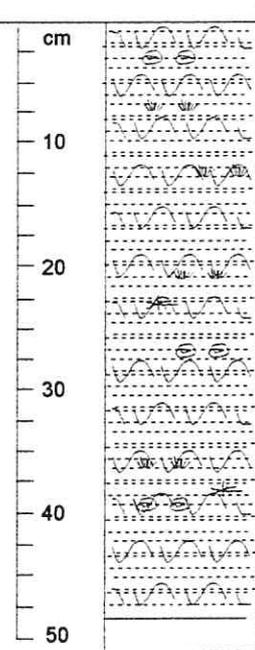
COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
 CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
 Data apertura campione 14,05,01  
 Data esecuzione prova 14,05,01

SONDAGGIO S1  
 CAMPIONE 5  
 PROFONDITA' [mt] 6,00-6,50

CARATTERISTICHE GENERALI [AGI 1977]

CONTENITORE : FUSTELLA PVC  
 DIMENSIONI DEL CAMPIONE [cm] : Ø : 5,0 h : 49,0  
 GRADO DI QUALITA' [AGI 1977] : POSITIVA  
 REAZIONE HCL : Q4

Rp	Tv	PROGRAMMA	STRATRIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA
kg/cm <sup>2</sup>		PROVE DI LABORATORIO		
		UMIDITA, LIMITI DI ATTERBERG  GRANULOMETRIA	cm 	Sabbia limosa debolmente argillosa di colore marrone chiaro, molle, satura, poco plastica, con tracce di materia organica e piccoli inclusi biancastri carbonatici.

pg 1/1

NOTE	CERTIFICATO N. <i>108/01</i>	IL DIRETTORE <i>[Signature]</i>
	DATA <i>18/05/01</i>	LO SPERIMENTATORE <i>[Signature]</i>

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
Data apertura campione 14,05,01  
Data esecuzione prova 14,05,01  
Descrizione del campione Sabbia limosa debolmente argillosa

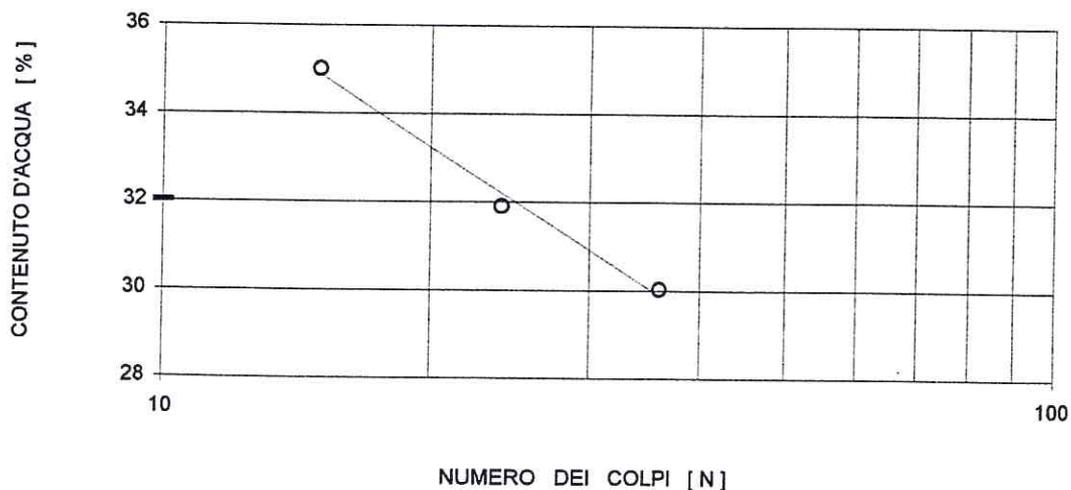
SONDAGGIO S1  
CAMPIONE 5  
PROFONDITA' [mt] 6,00-6,50

### LIMITI DI ATTERBERG [CNR - UNI 10014]

Limite Plastico		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	9,13	8,86	8,27
Peso capsula + terra umida	(gr)	17,17	16,45	14,28
Peso capsula + terra secca	(gr)	15,69	15,03	13,16
LIMITE PLASTICO	(%)	22,6	23,0	22,9

Limite Liquido		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	8,54	7,06	8,36
Peso capsula + terra umida	(gr)	24,35	24,26	25,03
Numero di colpi	(-)	15	24	36
Peso capsula + terra secca	(gr)	20,25	20,10	21,18
CONTENUTO IN ACQUA	(%)	35,0	31,9	30,0
LIMITE LIQUIDO	(%)	32,8	31,7	31,4

LIMITE PLASTICO (LP) : 22,8 (%)  
 LIMITE LIQUIDO (LL) : 32,0 (%)  
 INDICE PLASTICO (IP) : 9,2 (%)  
 CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (W<sub>n</sub>) : 30,9 (%)  
 INDICE DI CONSISTENZA (I<sub>c</sub>) : 0,12 (-)  
 INDICE DI LIQUIDITA' (I<sub>l</sub>) : 0,88 (-)



pg 1/1

NOTE	CERTIFICATO N. 1203
	DATA 18/05/01

IL DIRETTORE *Di*  
LO SPERIMENTATORE *e*

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
Data apertura campione 14,05,01  
Data esecuzione prova 14,05,01  
Descrizione del campione Sabbia limosa debolmente argillosa

SONDAGGIO S1  
CAMPIONE 5  
PROFONDITA' [mt] 6,00-6,50

ANALISI GRANULOMETRICA [CNR BU n. 23 - AGI 1994]

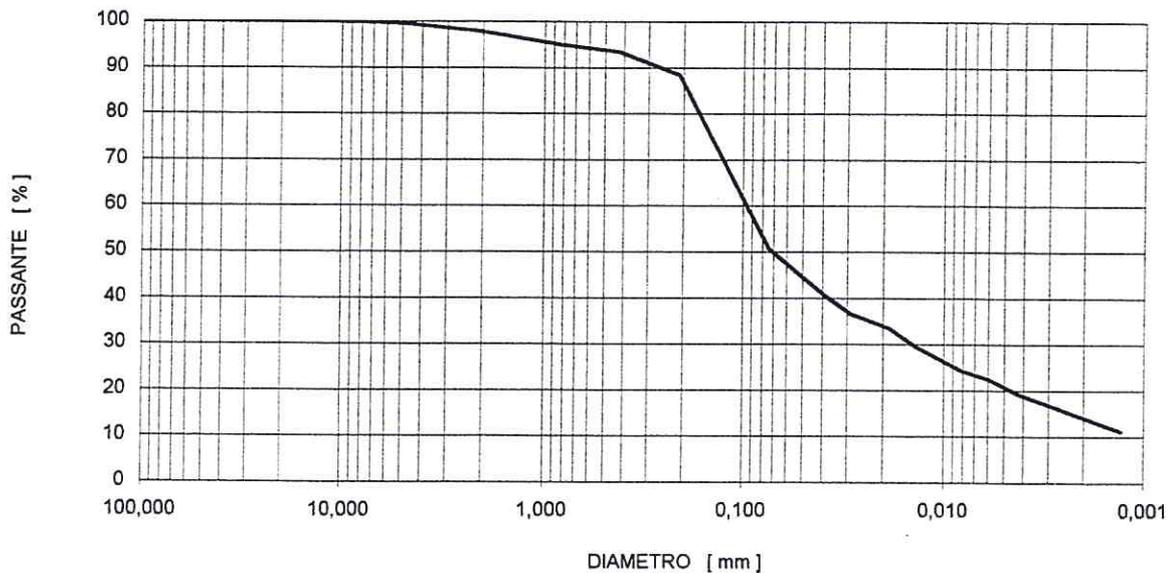
SETACCI		TRATTENUTO	PASSANTE
ASTM	mm	(%)	(%)
4 inch	101,600	0,0	100,0
2 inch	76,100	0,0	100,0
3 inch	50,800	0,0	100,0
1 inch	25,400	0,0	100,0
3/4 inch	19,000	0,0	100,0
1/2 inch	12,700	0,0	100,0
3/8 inch	9,510	0,0	100,0
4 mesh	4,760	0,4	99,6
10 mesh	2,000	1,7	97,8
20 mesh	0,840	2,8	95,1
40 mesh	0,420	1,6	93,5
70 mesh	0,210	5,0	88,4
200 mesh	0,074	37,6	50,8
A	0,039		40,6
e	0,029		36,6
r	0,019		33,5
o	0,014		29,5
m	0,008		24,4
e	0,006		22,4
t	0,004		19,3
r	0,001		11,2
i			
a			

GHIAIA (> 2,00 mm) 2,2 (%)  
SABBIA (2,00 - 0,074 mm) 47,0 (%)  
LIMO (0,074 - 0,002 mm) 36,6 (%)  
ARGILLA (< 0,002 mm) 14,2 (%)

Passante al 2 mm 97,8 (%)  
Passante allo 0,42 mm 93,5 (%)  
Passante allo 0,074 mm 50,8 (%)

Limite Liquido [WL]: 32,0 (%)  
Indice Plastico [PI]: 9,2 (%)

CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10006 A4  
CLASSIFICAZIONE USCS CL



NOTE

CERTIFICATO N. *1054*

DATA *18/05/91*

IL DIRETTORE *[Signature]*

LO SPERIMENTATORE *[Signature]*

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
 CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
 Data apertura campione 14,05,01  
 Data esecuzione prova 14,05,01

SONDAGGIO S1  
 CAMPIONE 6  
 PROFONDITA' [mt] 8,00-8,50

CARATTERISTICHE GENERALI [AGI 1977]

CONTENITORE : FUSTELLA PVC  
 DIMENSIONI DEL CAMPIONE [cm] : Ø : 5,0 h : 45,0  
 GRADO DI QUALITA' [AGI 1977] : POSITIVA  
 REAZIONE HCL : Q4

Rp	Tv	PROGRAMMA	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA
kg/cm <sup>2</sup>		PROVE DI LABORATORIO		
1,00	0,60	UMIDITA, LIMITI DI ATTERBERG		Limo argilloso leggermente sabbioso marrone scuro, compatto, plastico, con tracce di materia organica, spalmature ossidate e piccoli inclusi biancastri carbonatici.
	0,40	GRANULOMETRIA		
1,00	0,50			
1,50				

NOTE

CERTIFICATO N. *2085*

DATA *18/05/01*

IL DIRETTORE *Adi*

LO SPERIMENTATORE *[Signature]*

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
Data apertura campione 14,05,01  
Data esecuzione prova 14,05,01  
Descrizione del campione Limo argilloso debolmente sabbioso

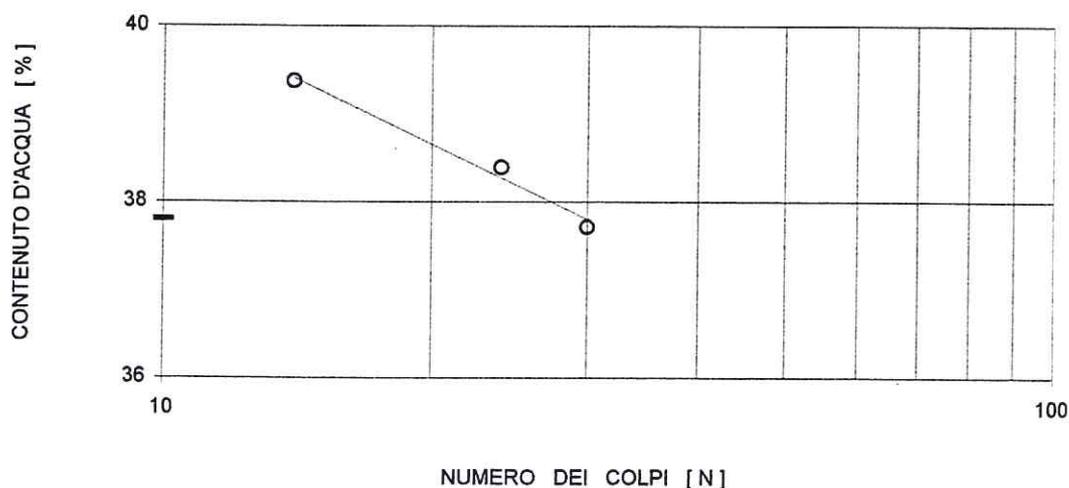
SONDAGGIO S1  
CAMPIONE 6  
PROFONDITA' [mt] 8,00-8,50

### LIMITI DI ATTERBERG [CNR - UNI 10014]

Limite Plastico		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	8,44	8,74	9,08
Peso capsula + terra umida	(gr)	14,67	14,71	15,30
Peso capsula + terra secca	(gr)	13,36	13,47	13,99
LIMITE PLASTICO	(%)	26,6	26,2	26,7

Limite Liquido		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	9,14	7,21	9,15
Peso capsula + terra umida	(gr)	28,61	24,62	25,07
Numero di colpi	(-)	14	24	30
Peso capsula + terra secca	(gr)	23,11	19,79	20,71
CONTENUTO IN ACQUA	(%)	39,4	38,4	37,7
LIMITE LIQUIDO	(%)	36,6	38,2	38,6

LIMITE PLASTICO (LP) : 26,5 (%)  
 LIMITE LIQUIDO (LL) : 37,8 (%)  
 INDICE PLASTICO (IP) : 11,3 (%)  
 CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (Wn) : 33,1 (%)  
 INDICE DI CONSISTENZA (Ic) : 0,42 (-)  
 INDICE DI LIQUIDITA' (Ii) : 0,58 (-)



pg 1/1

NOTE

CERTIFICATO N. 1086

DATA 18/05/09

IL DIRETTORE

LO SPERIMENTATORE

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
 CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
 Data apertura campione 14,05,01  
 Data esecuzione prova 14,05,01  
 Descrizione del campione Limo argilloso debolmente sabbioso

SONDAGGIO S1  
 CAMPIONE 6  
 PROFONDITA' [mt] 8,00-8,50

ANALISI GRANULOMETRICA [CNR BU n. 23 - AGI 1994]

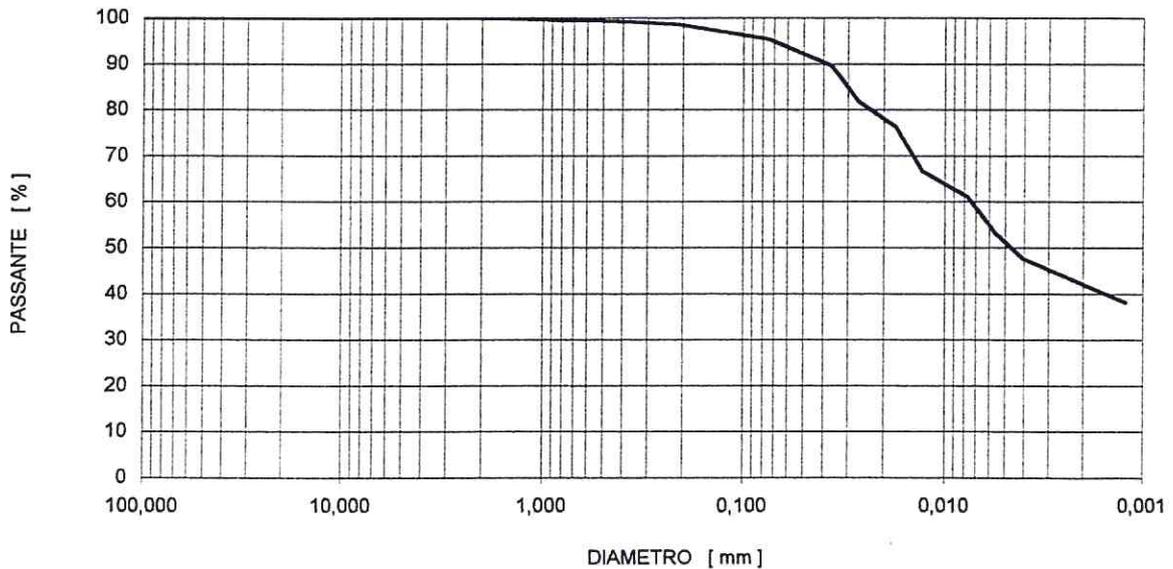
SETACCI		TRATTENUTO	PASSANTE
ASTM	mm	(%)	(%)
4 inch	101,600	0,0	100,0
2 inch	76,100	0,0	100,0
3 inch	50,800	0,0	100,0
1 inch	25,400	0,0	100,0
3/4 inch	19,000	0,0	100,0
1/2 inch	12,700	0,0	100,0
3/8 inch	9,510	0,0	100,0
4 mesh	4,760	0,0	100,0
10 mesh	2,000	0,0	100,0
20 mesh	0,840	0,4	99,6
40 mesh	0,420	0,3	99,3
70 mesh	0,210	0,7	98,6
200 mesh	0,074	3,2	95,4
A	0,036		89,6
e	0,027		82,0
r	0,017		76,3
o	0,013		66,8
m	0,008		61,0
e	0,006		53,4
t	0,004		47,7
r	0,001		38,1
i			
a			

GHIAIA (> 2,00 mm) 0,0 (%)  
 SABBIA (2,00 - 0,074 mm) 4,6 (%)  
 LIMO (0,074 - 0,002 mm) 52,8 (%)  
 ARGILLA (< 0,002 mm) 42,6 (%)

Passante al 2 mm 100,0 (%)  
 Passante allo 0,42 mm 99,3 (%)  
 Passante allo 0,074 mm 95,4 (%)

Limite Liquido [WL]: 37,8 (%)  
 Indice Plastico [PI]: 11,3 (%)

CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10006 A6  
 CLASSIFICAZIONE USCS ML



NOTE

CERTIFICATO N. 10281

IL DIRETTORE

DATA 18/05/09

LO SPERIMENTATORE

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
 CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
 Data apertura campione 14,05,01  
 Data esecuzione prova 14,05,01

SONDAGGIO S1  
 CAMPIONE 7  
 PROFONDITA' [mt] 9,00-9,60

CARATTERISTICHE GENERALI [ AGI 1977 ]

CONTENITORE : FUSTELLA PVC  
 DIMENSIONI DEL CAMPIONE [ cm ] : Ø : 5,0 h : 45,0  
 GRADO DI QUALITA' [AGI 1977] : POSITIVA  
 REAZIONE HCL : Q4

Rp	Tv	PROGRAMMA	STRATRIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA
kg/cm <sup>2</sup>		PROVE DI LABORATORIO		
		UMIDITA, LIMITI DI ATTERBERG  GRANULOMETRIA		Sabbia limosa debolmente argillosa di colore marrone chiaro; terreno complessivamente compatto, poco plastico, friabile, con tracce di materia organica.

pg 1/1

NOTE	CERTIFICATO N. <i>1098</i>	IL DIRETTORE <i>[Signature]</i>
	DATA <i>18/05/01</i>	LO SPERIMENTATORE <i>[Signature]</i>

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
 CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
 Data apertura campione 14,05,01  
 Data esecuzione prova 14,05,01  
 Descrizione del campione Sabbia limosa debolmente argillosa

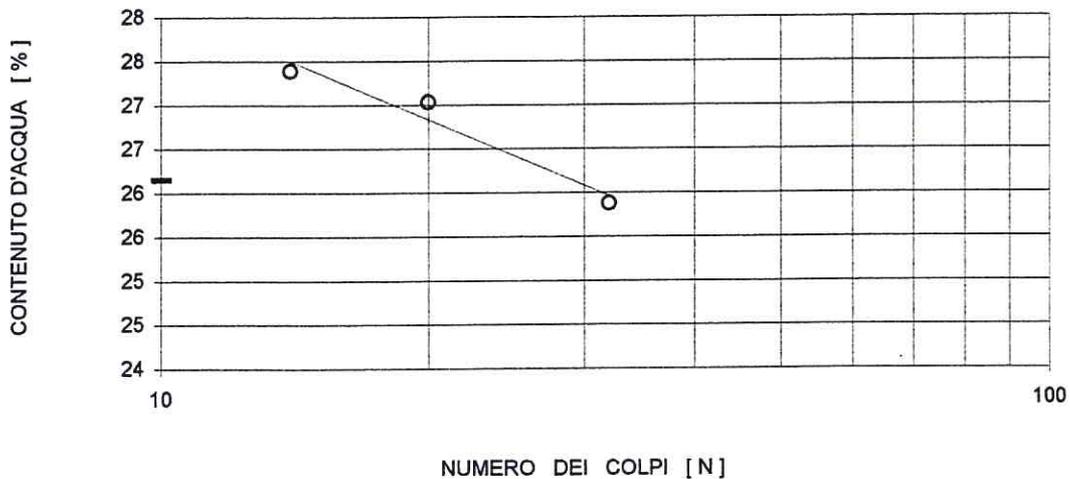
SONDAGGIO S1  
 CAMPIONE 7  
 PROFONDITA' [mt] 9,00-9,60

LIMITI DI ATTERBERG [CNR - UNI 10014]

Limite Plastico		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	8,35	8,51	8,52
Peso capsula + terra umida	(gr)	14,31	14,29	12,98
Peso capsula + terra secca	(gr)	13,30	13,31	12,22
LIMITE PLASTICO	(%)	20,4	20,4	20,5

Limite Liquido		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	8,35	7,82	8,84
Peso capsula + terra umida	(gr)	18,35	17,83	16,72
Numero di colpi	(-)	14	20	32
Peso capsula + terra secca	(gr)	16,20	15,70	15,10
CONTENUTO IN ACQUA	(%)	27,4	27,0	25,9
LIMITE LIQUIDO	(%)	25,5	26,3	26,7

LIMITE PLASTICO (LP) : 20,5 (%)  
 LIMITE LIQUIDO (LL) : 26,2 (%)  
 INDICE PLASTICO (IP) : 5,7 (%)  
 CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (Wn) : 21,0 (%)  
 INDICE DI CONSISTENZA (Ic) : 0,90 (-)  
 INDICE DI LIQUIDITA' (Il) : 0,10 (-)



NOTE	CERTIFICATO N. <i>10201</i>
	DATA <i>10/05/01</i>

IL DIRETTORE *[Signature]*  
 LO SPERIMENTATORE *[Signature]*

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
 CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
 Data apertura campione 14,05,01  
 Data esecuzione prova 14,05,01  
 Descrizione del campione Sabbia limosa debolmente argillosa

SONDAGGIO S1  
 CAMPIONE 7  
 PROFONDITA' [mt] 9,00-9,60

ANALISI GRANULOMETRICA [ CNR BU n.23 - AGI 1994 ]

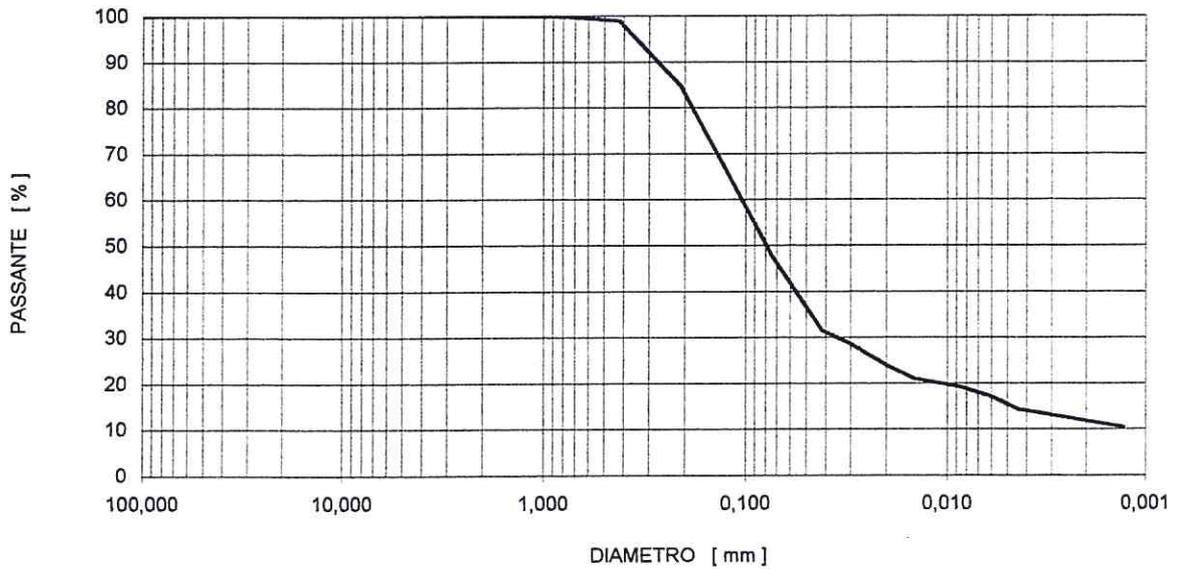
SETACCI		TRATTENUTO	PASSANTE
ASTM	mm	(%)	(%)
4 inch	101,600	0,0	100,0
2 inch	76,100	0,0	100,0
3 inch	50,800	0,0	100,0
1 inch	25,400	0,0	100,0
3/4 inch	19,000	0,0	100,0
1/2 inch	12,700	0,0	100,0
3/8 inch	9,510	0,0	100,0
4 mesh	4,760	0,0	100,0
10 mesh	2,000	0,0	100,0
20 mesh	0,840	0,2	99,8
40 mesh	0,420	0,9	99,0
70 mesh	0,210	14,0	84,9
200 mesh	0,074	37,1	47,8
A	0,042		31,5
e	0,030		28,7
r	0,020		23,9
o	0,014		21,0
m	0,008		19,1
e	0,006		17,2
t	0,004		14,3
r	0,001		10,5
i			
a			

GHIAIA (> 2,00 mm) 0,0 (%)  
 SABBIA (2,00 - 0,074 mm) 52,2 (%)  
 LIMO (0,074 - 0,002 mm) 35,8 (%)  
 ARGILLA (< 0,002 mm) 12,0 (%)

Passante al 2 mm 100,0 (%)  
 Passante allo 0,42 mm 99,0 (%)  
 Passante allo 0,074 mm 47,8 (%)

Limite Liquido [WL]: 26,2 (%)  
 Indice Plastico [PI]: 5,7 (%)

CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10006 A4  
 CLASSIFICAZIONE USCS SM-SC



NOTE	CERTIFICATO N. 10910
	DATA 18/05/02

IL DIRETTORE  
 LO SPERIMENTATORE

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
 CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
 Data apertura campione 14,05,01  
 Data esecuzione prova 14,05,01

SONDAGGIO S2  
 CAMPIONE 1  
 PROFONDITA' [mt] 1,90-2,50

CARATTERISTICHE GENERALI [ AGI 1977 ]

CONTENITORE : FUSTELLA PVC  
 DIMENSIONI DEL CAMPIONE [ cm ] : Ø : 5,0 h : 40,0  
 GRADO DI QUALITA' [AGI 1977] : POSITIVA  
 REAZIONE HCL : Q4

Rp	Tv	PROGRAMMA PROVE DI LABORATORIO	STRATRIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA
kg/cm <sup>2</sup>				
3,00	1,50	UMIDITA, LIMITI DI ATTERBERG		Limo argilloso debolmente sabbioso di colore marrone chiaro, compatto, plastico, con tracce di materia organica, spalmature ossidate e frustoli vegetali .
	1,50	GRANULOMETRIA		
2,50	1,25			
3,00				

pg 1/1

NOTE	CERTIFICATO N. 1291
	DATA 18/05/01

IL DIRETTORE *[Signature]*

LO SPERIMENTATORE *[Signature]*

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
Data apertura campione 14,05,01  
Data esecuzione prova 14,05,01  
Descrizione del campione Limo argilloso debolmente sabbioso

SONDAGGIO S2  
CAMPIONE 1  
PROFONDITA' [mt] 1,90-2,50

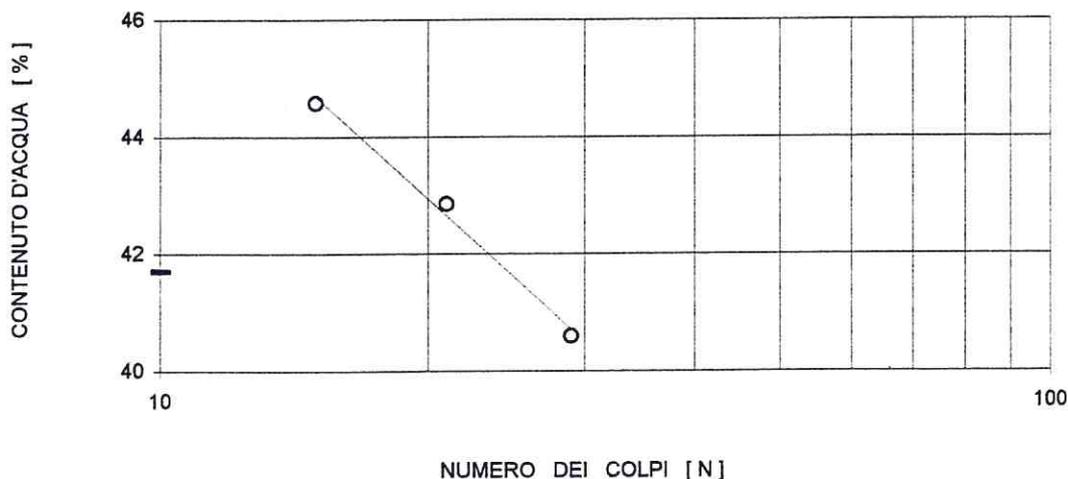
LIMITI DI ATTERBERG [ CNR - UNI 10014 ]

Limite Plastico		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	8,11	8,64	7,15
Peso capsula + terra umida	(gr)	14,83	14,76	12,96
Peso capsula + terra secca	(gr)	13,53	13,65	11,85
LIMITE PLASTICO	(%)	24,0	22,2	23,6

Limite Liquido		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	7,15	9,14	8,85
Peso capsula + terra umida	(gr)	23,56	28,44	25,89
Numero di colpi	(-)	15	21	29
Peso capsula + terra secca	(gr)	18,50	22,65	20,97
CONTENUTO IN ACQUA	(%)	44,6	42,9	40,6
LIMITE LIQUIDO	(%)	41,8	41,9	41,4

LIMITE PLASTICO (LP) : 23,3 (%)  
 LIMITE LIQUIDO (LL) : 41,7 (%)  
 INDICE PLASTICO (IP) : 18,5 (%)  
 CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (Wn) : 23,9 (%)

INDICE DI CONSISTENZA (Ic) : 0,96 (-)  
 INDICE DI LIQUIDITA' (Il) : 0,04 (-)



pg 1/1

NOTE	CERTIFICATO N. 1292	IL DIRETTORE
	DATA 18/05/01	LO SPERIMENTATORE

COMMITTENTE  
CANTIERE

COMUNE DI CESENA  
CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
Data apertura campione 14,05,01  
Data esecuzione prova 14,05,01  
Descrizione del campione Limo argilloso debolmente sabbioso

SONDAGGIO S2  
CAMPIONE 1  
PROFONDITA' [mt] 1,90-2,50

ANALISI GRANULOMETRICA [CNR BU n. 23 - AGI 1994]

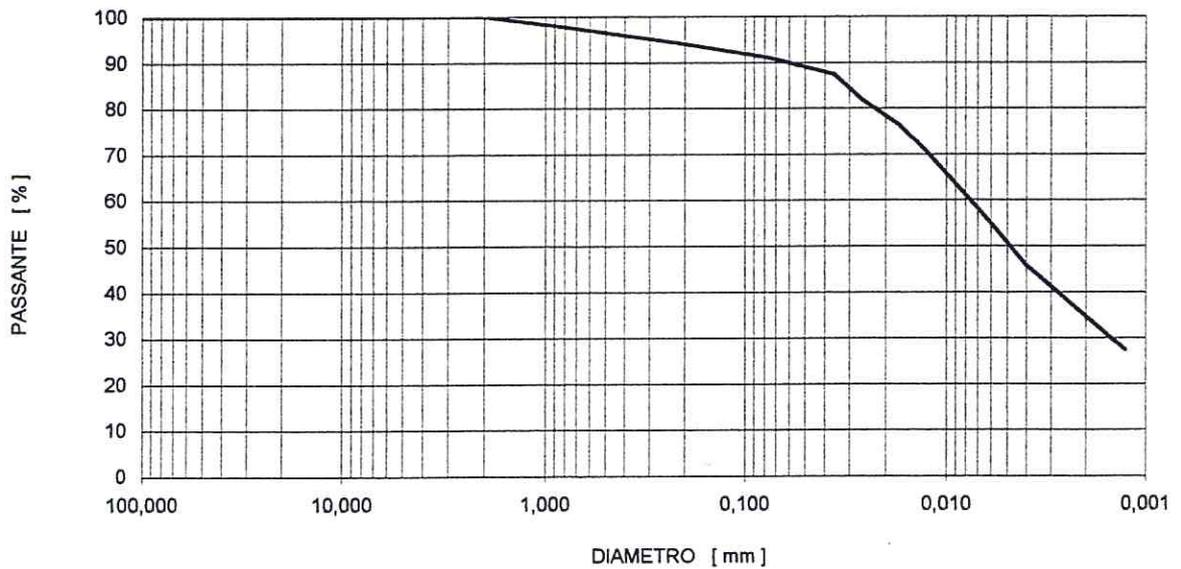
SETACCI		TRATTENUTO	PASSANTE
ASTM	mm	(%)	(%)
4 inch	101,600	0,0	100,0
2 inch	76,100	0,0	100,0
3 inch	50,800	0,0	100,0
1 inch	25,400	0,0	100,0
3/4 inch	19,000	0,0	100,0
1/2 inch	12,700	0,0	100,0
3/8 inch	9,510	0,0	100,0
4 mesh	4,760	0,0	100,0
10 mesh	2,000	0,0	100,0
20 mesh	0,840	2,1	97,9
40 mesh	0,420	1,8	96,1
70 mesh	0,210	1,8	94,3
200 mesh	0,074	3,2	91,0
A	0,036		87,4
e	0,026		81,9
r	0,017		76,5
o	0,013		70,8
m	0,008		60,1
e	0,006		53,3
t	0,004		46,1
r	0,001		27,3
i			
a			

GHIAIA (> 2,00 mm) 0,0 (%)  
SABBIA (2,00 - 0,074 mm) 9,0 (%)  
LIMO (0,074 - 0,002 mm) 56,4 (%)  
ARGILLA (< 0,002 mm) 34,6 (%)

Passante al 2 mm 100,0 (%)  
Passante allo 0,42 mm 96,1 (%)  
Passante allo 0,074 mm 91,0 (%)

Limite Liquido [WL]: 41,7 (%)  
Indice Plastico [PI]: 18,5 (%)

CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10006 A7-6  
CLASSIFICAZIONE USCS CL



NOTE	CERTIFICATO N. 1293
	DATA 18/05/01

IL DIRETTORE [Signature]  
LO SPERIMENTATORE [Signature]

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
 CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
 Data apertura campione 14,05,01  
 Data esecuzione prova 14,05,01

SONDAGGIO S2  
 CAMPIONE 2  
 PROFONDITA' [mt] 3,00-3,50

CARATTERISTICHE GENERALI [AGI 1977]

CONTENITORE : FUSTELLA PVC  
 DIMENSIONI DEL CAMPIONE [ cm ] : Ø : 5,0 h : 50,0  
 GRADO DI QUALITA' [AGI 1977] : POSITIVA  
 REAZIONE HCL : Q4

Rp	Tv	PROGRAMMA PROVE DI LABORATORIO	STRATRIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA
kg/cm <sup>2</sup>			cm	
3,00	1,75	UMIDITA, LIMITI DI ATTERBERG	10	Limo argilloso debolmente sabbioso di colore marrone chiaro, compatto, plastico, con tracce di materia organica, spalmature ossidate e frustoli vegetali .
	1,50	GRANULOMETRIA		
3,50	1,75		20	
	1,50		30	
3,50	1,75		40	
	1,50		50	
3,00				

pg 1/1

NOTE	CERTIFICATO N. <i>2096</i>
	DATA <i>18/05/01</i>

IL DIRETTORE *[Signature]*  
 LO SPERIMENTATORE *[Signature]*

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
 CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
 Data apertura campione 14,05,01  
 Data esecuzione prova 14,05,01  
 Descrizione del campione Limo argilloso debolmente sabbioso

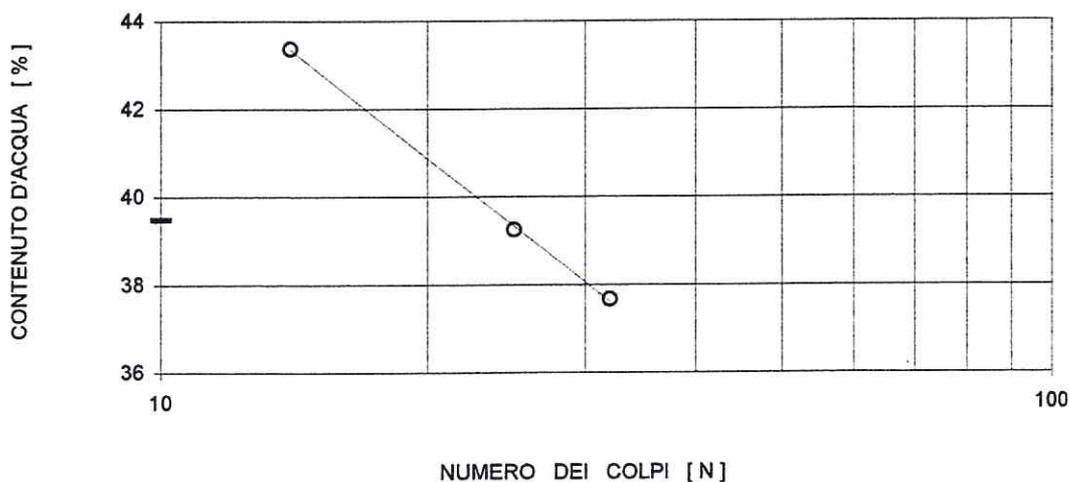
SONDAGGIO S2  
 CAMPIONE 2  
 PROFONDITA' [mt] 3,00-3,50

LIMITI DI ATTERBERG [ CNR - UNI 10014 ]

Limite Plastico		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	8,42	9,11	7,85
Peso capsula + terra umida	(gr)	14,66	15,83	13,24
Peso capsula + terra secca	(gr)	13,58	14,65	12,24
LIMITE PLASTICO	(%)	20,9	21,3	22,8

Limite Liquido		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	8,52	8,44	8,53
Peso capsula + terra umida	(gr)	21,86	22,88	22,91
Numero di colpi	(-)	32	25	14
Peso capsula + terra secca	(gr)	18,21	18,81	18,56
CONTENUTO IN ACQUA	(%)	37,7	39,2	43,4
LIMITE LIQUIDO	(%)	38,8	39,2	40,3

LIMITE PLASTICO (LP) : 21,7 (%)  
 LIMITE LIQUIDO (LL) : 39,5 (%)  
 INDICE PLASTICO (IP) : 17,8 (%)  
 CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (W<sub>n</sub>) : 21,5 (%)  
 INDICE DI CONSISTENZA (I<sub>c</sub>) : 1,01 (-)  
 INDICE DI LIQUIDITA' (I<sub>l</sub>) : -0,01 (-)



NOTE	CERTIFICATO N. 2005
	DATA 18/05/01

IL DIRETTORE *[Signature]*  
 LO SPERIMENTATORE *[Signature]*

COMMITTENTE  
CANTIERE

COMUNE DI CESENA  
CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
Data apertura campione 14,05,01  
Data esecuzione prova 14,05,01  
Descrizione del campione Limo argilloso debolmente sabbioso

SONDAGGIO S2  
CAMPIONE 2  
PROFONDITA' [mt] 3,00-3,50

ANALISI GRANULOMETRICA [CNR BU n. 23 - AGI 1994]

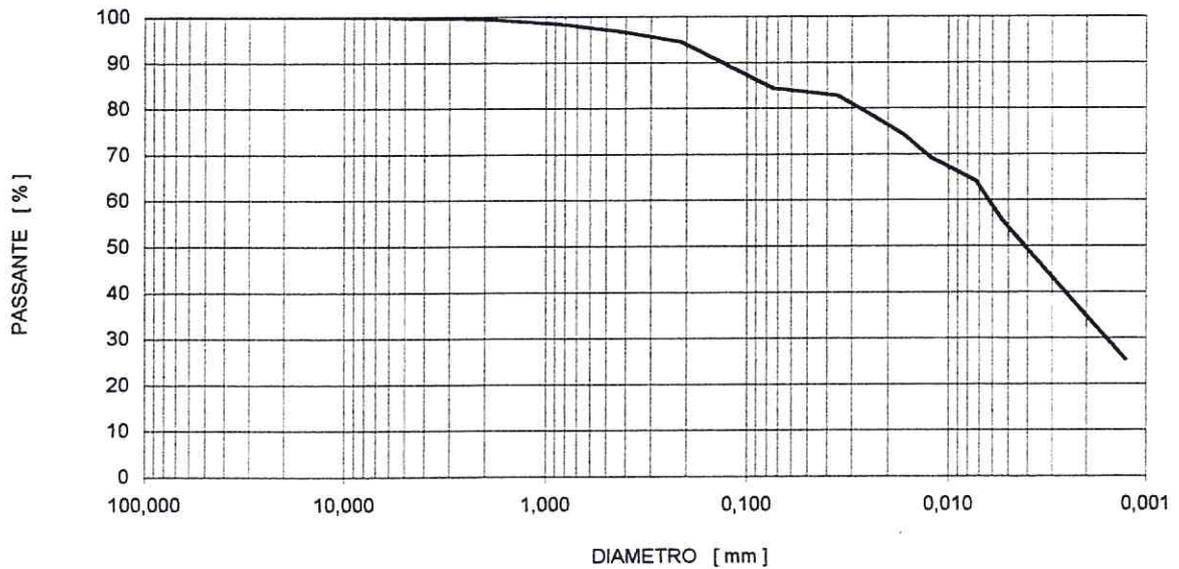
SETACCI		TRATTENUTO	PASSANTE
ASTM	mm	(%)	(%)
4 inch	101,600	0,0	100,0
2 inch	76,100	0,0	100,0
3 inch	50,800	0,0	100,0
1 inch	25,400	0,0	100,0
3/4 inch	19,000	0,0	100,0
1/2 inch	12,700	0,0	100,0
3/8 inch	9,510	0,0	100,0
4 mesh	4,760	0,3	99,7
10 mesh	2,000	0,2	99,5
20 mesh	0,840	1,2	98,4
40 mesh	0,420	1,6	96,7
70 mesh	0,210	2,3	94,4
200 mesh	0,074	10,0	84,4
A	0,035		82,8
e	0,026		79,4
r	0,017		74,3
o	0,012		69,2
m	0,007		64,2
e	0,005		55,7
t	0,004		49,0
r	0,001		25,3
i			
a			

GHIAIA (> 2,00 mm) 0,5 (%)  
SABBIA (2,00 - 0,074 mm) 15,1 (%)  
LIMO (0,074 - 0,002 mm) 49,2 (%)  
ARGILLA (< 0,002 mm) 35,2 (%)

Passante al 2 mm 99,5 (%)  
Passante allo 0,42 mm 96,7 (%)  
Passante allo 0,074 mm 84,4 (%)

Limite Liquido [WL]: 39,5 (%)  
Indice Plastico [PI]: 17,8 (%)

CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10006 A6  
CLASSIFICAZIONE USCS CL



NOTE	CERTIFICATO N. 1096
	DATA 18/05/01

IL DIRETTORE *[Signature]*  
LO SPERIMENTATORE *[Signature]*

COMMITTENTE  
CANTIERE

COMUNE DI CESENA  
CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
Data apertura campione 14,05,01  
Data esecuzione prova 14,05,01

SONDAGGIO S2  
CAMPIONE 3  
PROFONDITA' [mt] 4,00/4,50

CARATTERISTICHE GENERALI [ AGI 1977 ]

CONTENITORE : FUSTELLA PVC  
DIMENSIONI DEL CAMPIONE [ cm ] : Ø : 5,0 h : 49,5  
GRADO DI QUALITA' [AGI 1977] : POSITIVA  
REAZIONE HCL : Q4

Rp	Tv	PROGRAMMA PROVE DI LABORATORIO	STRATRIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA
kg/cm <sup>2</sup>		UMIDITA, LIMITI DI ATTERBERG  GRANULOMETRIA		Limo argilloso debolmente sabbioso di colore marrone chiaro, compatto, plastico, con tracce di materia organica, spalmature ossidate e alcuni inclusi ghiaiosi sparsi .

NOTE	CERTIFICATO N. <i>20917</i>
	DATA <i>14/05/01</i>

IL DIRETTORE *[Signature]*  
LO SPERIMENTATORE *[Signature]*

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
 CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
 Data apertura campione 14,05,01  
 Data esecuzione prova 14,05,01  
 Descrizione del campione Limo argilloso debolmente sabbioso

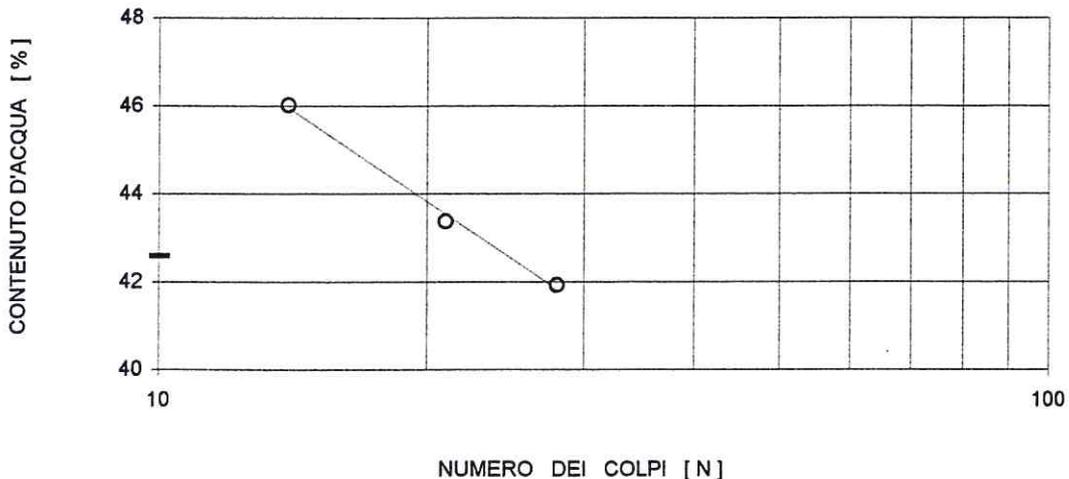
SONDAGGIO S2  
 CAMPIONE 3  
 PROFONDITA' [mt] 4,00/4,50

LIMITI DI ATTERBERG [CNR - UNI 10014]

Limite Plastico		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	8,86	9,14	8,42
Peso capsula + terra umida	(gr)	14,03	15,01	13,28
Peso capsula + terra secca	(gr)	13,02	13,86	12,34
LIMITE PLASTICO	(%)	24,3	24,4	24,0

Limite Liquido		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	9,06	8,66	9,02
Peso capsula + terra umida	(gr)	27,59	30,94	27,37
Numero di colpi	(-)	14	21	28
Peso capsula + terra secca	(gr)	21,75	24,20	21,95
CONTENUTO IN ACQUA	(%)	46,0	43,4	41,9
LIMITE LIQUIDO	(%)	42,8	42,4	42,5

LIMITE PLASTICO (LP) : 24,2 (%)  
 LIMITE LIQUIDO (LL) : 42,6 (%)  
 INDICE PLASTICO (IP) : 18,4 (%)  
 CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (Wn) : 24,7 (%)  
 INDICE DI CONSISTENZA (Ic) : 0,97 (-)  
 INDICE DI LIQUIDITA' (Il) : 0,03 (-)



NOTE	CERTIFICATO N. 1098
	DATA 18/05/01

IL DIRETTORE *Ati*  
 LO SPERIMENTATORE *!*

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
Data apertura campione 14,05,01  
Data esecuzione prova 14,05,01  
Descrizione del campione Limo argilloso debolmente sabbioso

SONDAGGIO S2  
CAMPIONE 3  
PROFONDITA' [mt] 4,00/4,50

ANALISI GRANULOMETRICA [CNR BU n. 23 - AGI 1994]

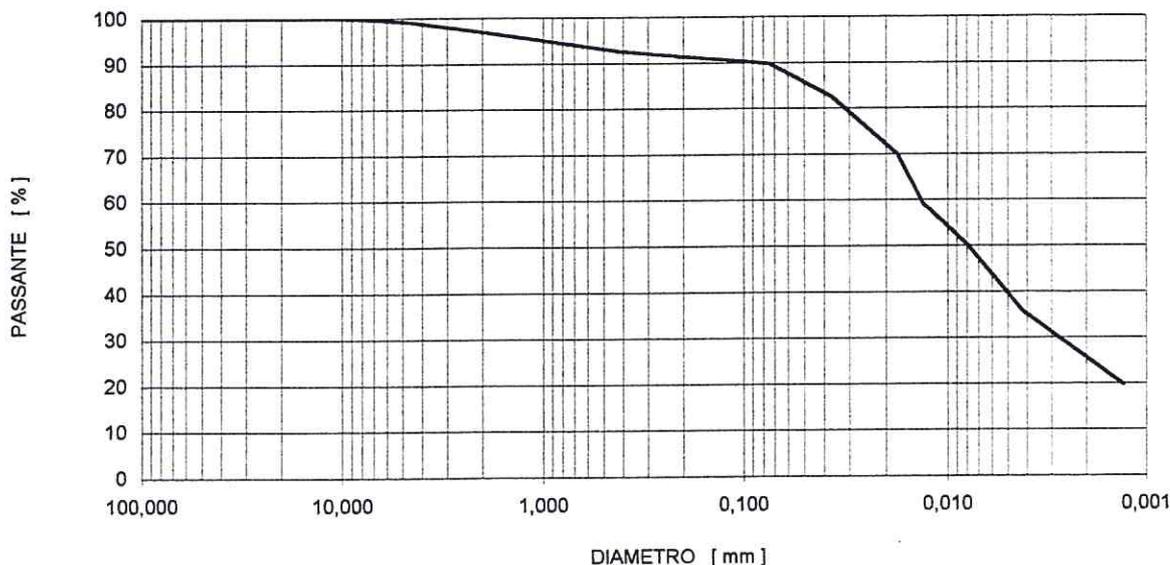
SETACCI		TRATTENUTO	PASSANTE
ASTM	mm	(%)	(%)
4 inch	101,600	0,0	100,0
2 inch	76,100	0,0	100,0
3 inch	50,800	0,0	100,0
1 inch	25,400	0,0	100,0
3/4 inch	19,000	0,0	100,0
1/2 inch	12,700	0,0	100,0
3/8 inch	9,510	0,0	100,0
4 mesh	4,760	0,8	99,2
10 mesh	2,000	2,2	97,0
20 mesh	0,840	2,5	94,6
40 mesh	0,420	1,9	92,6
70 mesh	0,210	1,2	91,4
200 mesh	0,074	1,7	89,8
A	0,037		82,6
e	0,027		77,2
r	0,018		70,0
o	0,013		59,3
m	0,008		50,3
e	0,006		43,1
t	0,004		35,9
r	0,001		19,8
a			

GHIAIA (> 2,00 mm) 3,0 (%)  
SABBIA (2,00 - 0,074 mm) 7,2 (%)  
LIMO (0,074 - 0,002 mm) 64,1 (%)  
ARGILLA (< 0,002 mm) 25,7 (%)

Passante al 2 mm 97,0 (%)  
Passante allo 0,42 mm 92,6 (%)  
Passante allo 0,074 mm 89,8 (%)

Limite Liquido [WL]: 42,6 (%)  
Indice Plastico [PI]: 18,4 (%)

CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10006 A7-6  
CLASSIFICAZIONE USCS CL



NOTE

CERTIFICATO N. 1099  
DATA 18/05/01

IL DIRETTORE  
LO SPERIMENTATORE

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
 CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
 Data apertura campione 14,05,01  
 Data esecuzione prova 14,05,01

SONDAGGIO S2  
 CAMPIONE 4  
 PROFONDITA' [mt] 5,00-5,50

CARATTERISTICHE GENERALI [ AGI 1977 ]

CONTENITORE : FUSTELLA PVC  
 DIMENSIONI DEL CAMPIONE [ cm ] : Ø : 5,0 h : 50,0  
 GRADO DI QUALITA' [AGI 1977] : POSITIVA  
 REAZIONE HCL : Q4

Rp	Tv	PROGRAMMA PROVE DI LABORATORIO	STRATRIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA
kg/cm <sup>2</sup>		UMIDITA, LIMITI DI ATTERBERG  GRANULOMETRIA		Sabbia limosa debolmente argillosa marrone chiaro, complessivamente compatta/addensata; terreno poco plastico, con tracce di materia organica, spalmature ossidate e alcuni inclusi carbonatici biancastri.

pg 1/1

NOTE	CERTIFICATO N. 2103
	DATA 18/05/01

IL DIRETTORE

LO SPERIMENTATORE

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
Data apertura campione 14,05,01  
Data esecuzione prova 14,05,01  
Descrizione del campione Sabbia limosa debolmente argillosa

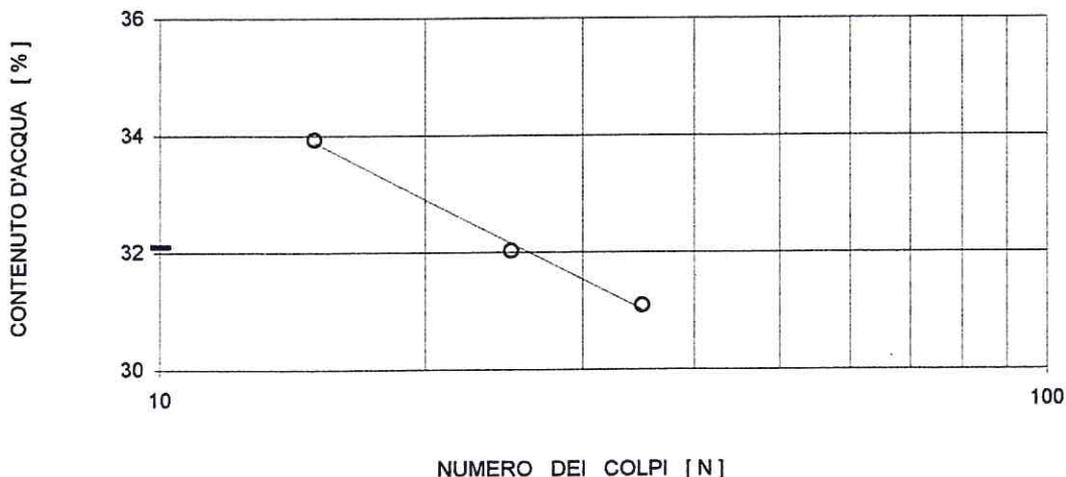
SONDAGGIO S2  
CAMPIONE 4  
PROFONDITA' [mt] 5,00-5,50

LIMITI DI ATTERBERG [ CNR - UNI 10014 ]

Limite Plastico		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	9,06	8,74	8,27
Peso capsula + terra umida	(gr)	14,95	15,48	15,05
Peso capsula + terra secca	(gr)	13,98	14,33	13,92
LIMITE PLASTICO	(%)	19,7	20,6	20,0

Limite Liquido		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	9,16	7,21	8,60
Peso capsula + terra umida	(gr)	27,04	23,74	27,36
Numero di colpi	(-)	15	25	35
Peso capsula + terra secca	(gr)	22,51	19,73	22,91
CONTENUTO IN ACQUA	(%)	33,9	32,0	31,1
LIMITE LIQUIDO	(%)	31,8	32,0	32,4

LIMITE PLASTICO (LP) : 20,1 (%)  
 LIMITE LIQUIDO (LL) : 32,1 (%)  
 INDICE PLASTICO (IP) : 12,0 (%)  
 CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (Wn) : 24,5 (%)  
 INDICE DI CONSISTENZA (Ic) : 0,63 (-)  
 INDICE DI LIQUIDITA' (Il) : 0,37 (-)



NOTE	CERTIFICATO N. <i>110-4</i>
	DATA <i>18/05/01</i>

IL DIRETTORE *[Signature]*  
 LO SPERIMENTATORE *[Signature]*

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
 CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
 Data apertura campione 14,05,01  
 Data esecuzione prova 14,05,01  
 Descrizione del campione Sabbia limosa debolmente argillosa

SONDAGGIO S2  
 CAMPIONE 4  
 PROFONDITA' [mt] 5,00-5,50

ANALISI GRANULOMETRICA [CNR BU n. 23 - AGI 1994]

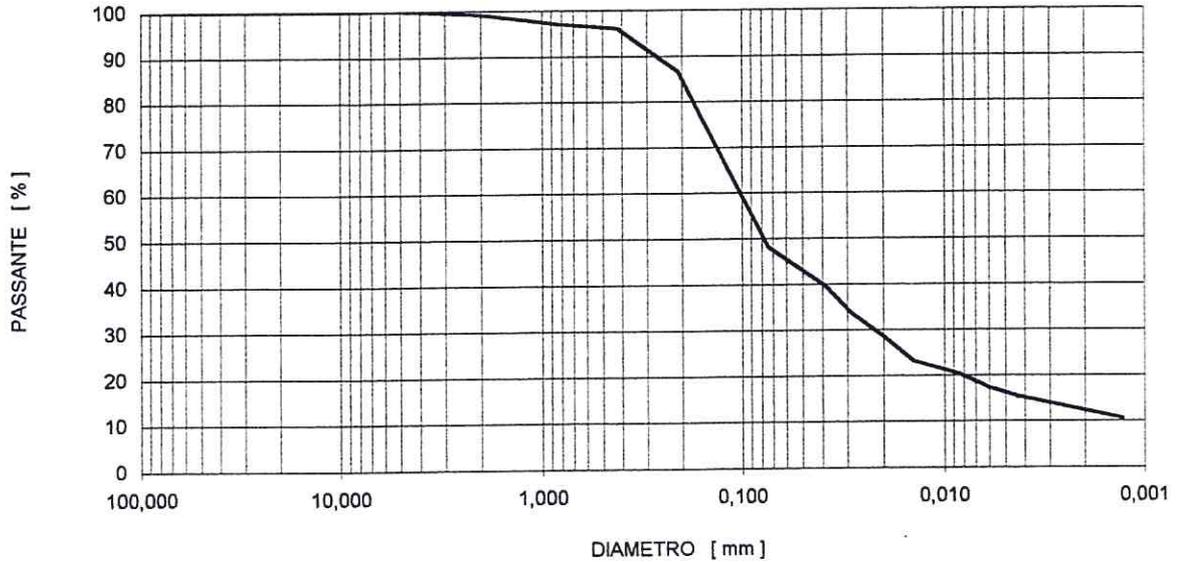
SETACCI		TRATTENUTO	PASSANTE
ASTM	mm	(%)	(%)
4 inch	101,600	0,0	100,0
2 inch	76,100	0,0	100,0
3 inch	50,800	0,0	100,0
1 inch	25,400	0,0	100,0
3/4 inch	19,000	0,0	100,0
1/2 inch	12,700	0,0	100,0
3/8 inch	9,510	0,0	100,0
4 mesh	4,760	0,0	100,0
10 mesh	2,000	0,8	99,2
20 mesh	0,840	2,1	97,1
40 mesh	0,420	1,0	96,1
70 mesh	0,210	9,4	86,7
200 mesh	0,074	38,4	48,3
A	0,039		39,6
e	0,029		33,8
r	0,019		28,0
o	0,014		23,2
m	0,008		20,3
e	0,006		17,4
t	0,004		15,5
r	0,001		10,6
i			
a			

GHIAIA (> 2,00 mm) 0,8 (%)  
 SABBIA (2,00 - 0,074 mm) 50,9 (%)  
 LIMO (0,074 - 0,002 mm) 36,3 (%)  
 ARGILLA (< 0,002 mm) 12,0 (%)

Passante al 2 mm 99,2 (%)  
 Passante allo 0,42 mm 96,1 (%)  
 Passante allo 0,074 mm 48,3 (%)

Limite Liquido [WL]: 32,1 (%)  
 Indice Plastico [PI]: 12,0 (%)

CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10006 A6  
 CLASSIFICAZIONE USCS SC



NOTE

CERTIFICATO N. 1109

DATA 18/05/9

IL DIRETTORE

LO SPERIMENTATORE

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
 CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
 Data apertura campione 14,05,01  
 Data esecuzione prova 14,05,01

SONDAGGIO S2  
 CAMPIONE 5  
 PROFONDITA' [mt] 6,00-6,50

CARATTERISTICHE GENERALI [AGI 1977]

CONTENITORE : FUSTELLA PVC  
 DIMENSIONI DEL CAMPIONE [cm] : Ø : 5,0 h : 48,0  
 GRADO DI QUALITA' [AGI 1977] : POSITIVA  
 REAZIONE HCL : Q4

Rp	Tv	PROGRAMMA PROVE DI LABORATORIO	STRATRIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA
	kg/cm <sup>2</sup>			
		UMIDITA, LIMITI DI ATTERBERG  GRANULOMETRIA		Limo sabbioso argilloso marrone chiaro, poco plastico, con tracce di materia organica e spalmature ossidate.

pg 1/1

NOTE	CERTIFICATO N. 1203
	DATA 18/05/01

IL DIRETTORE *[Signature]*  
 LO SPERIMENTATORE *[Signature]*

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
 CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
 Data apertura campione 14,05,01  
 Data esecuzione prova 14,05,01  
 Descrizione del campione Limo sabbioso argilloso

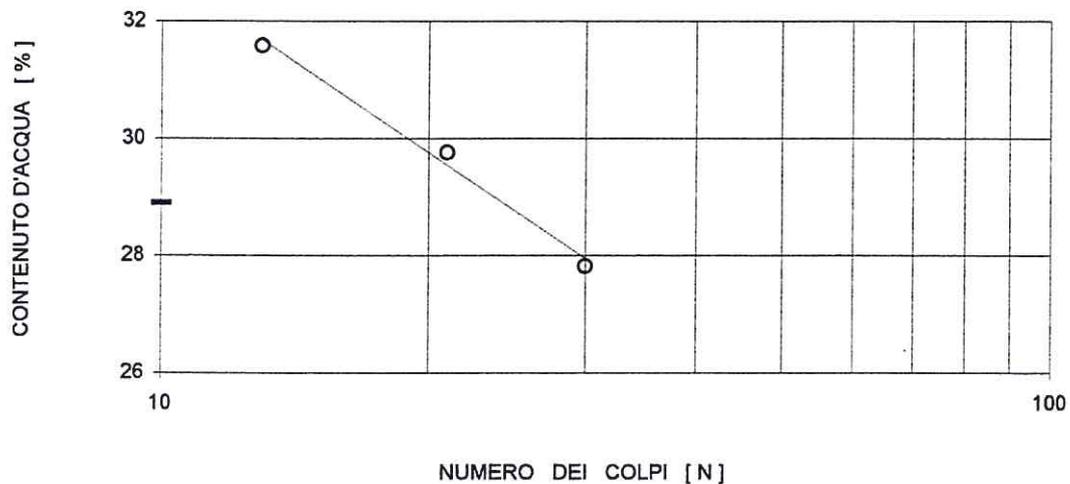
SONDAGGIO S2  
 CAMPIONE 5  
 PROFONDITA' [mt] 6,00-6,50

LIMITI DI ATTERBERG [CNR - UNI 10014]

Limite Plastico		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	7,21	8,60	9,16
Peso capsula + terra umida	(gr)	13,72	14,57	16,11
Peso capsula + terra secca	(gr)	12,50	13,42	14,77
LIMITE PLASTICO	(%)	23,1	23,9	23,9

Limite Liquido		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	8,52	14,35	8,73
Peso capsula + terra umida	(gr)	22,44	29,26	28,06
Numero di colpi	(-)	30	21	13
Peso capsula + terra secca	(gr)	19,41	25,84	23,42
CONTENUTO IN ACQUA	(%)	27,8	29,8	31,6
LIMITE LIQUIDO	(%)	28,5	29,1	29,1

LIMITE PLASTICO (LP) : 23,6 (%)  
 LIMITE LIQUIDO (LL) : 28,9 (%)  
 INDICE PLASTICO (IP) : 5,3 (%)  
 CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (Wn) : 22,9 (%)  
 INDICE DI CONSISTENZA (Ic) : 1,13 (-)  
 INDICE DI LIQUIDITA' (Il) : -0,13 (-)



NOTE	CERTIFICATO N. 1106
	DATA 18/05/01

IL DIRETTORE *M. i.*  
 LO SPERIMENTATORE *R.*

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
 CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
 Data apertura campione 14,05,01  
 Data esecuzione prova 14,05,01  
 Descrizione del campione Limo sabbioso argilloso

SONDAGGIO S2  
 CAMPIONE 5  
 PROFONDITA' [mt] 6,00-6,50

ANALISI GRANULOMETRICA [CNR BU n. 23 - AGI 1994]

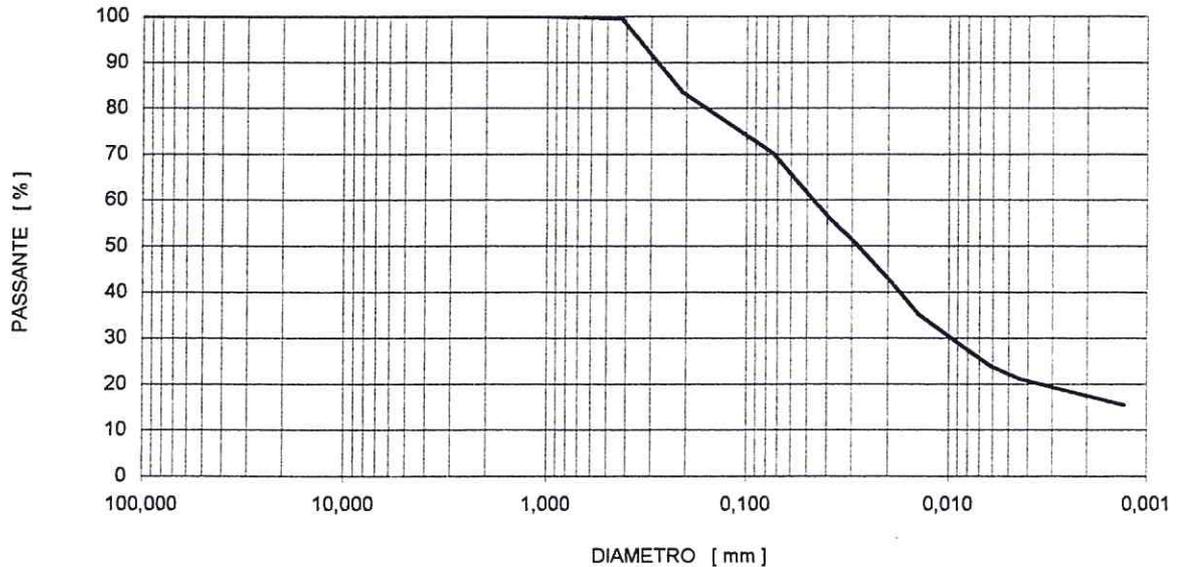
SETACCI		TRATTENUTO	PASSANTE
ASTM	mm	(%)	(%)
4 inch	101,600	0,0	100,0
2 inch	76,100	0,0	100,0
3 inch	50,800	0,0	100,0
1 inch	25,400	0,0	100,0
3/4 inch	19,000	0,0	100,0
1/2 inch	12,700	0,0	100,0
3/8 inch	9,510	0,0	100,0
4 mesh	4,760	0,0	100,0
10 mesh	2,000	0,0	100,0
20 mesh	0,840	0,1	99,9
40 mesh	0,420	0,5	99,4
70 mesh	0,210	15,8	83,6
200 mesh	0,074	13,3	70,3
A	0,039		56,3
e	0,029		50,6
r	0,019		42,2
o	0,014		35,2
m	0,008		28,1
e	0,006		23,9
t	0,004		21,1
r	0,001		15,5
i			
a			

GHIAIA (> 2,00 mm) 0,0 (%)  
 SABBIA (2,00 - 0,074 mm) 29,7 (%)  
 LIMO (0,074 - 0,002 mm) 52,5 (%)  
 ARGILLA (< 0,002 mm) 17,8 (%)

Passante al 2 mm 100,0 (%)  
 Passante allo 0,42 mm 99,4 (%)  
 Passante allo 0,074 mm 70,3 (%)

Limite Liquido [WL]: 28,9 (%)  
 Indice Plastico [PI]: 5,3 (%)

CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10006 A4  
 CLASSIFICAZIONE USCS ML



NOTE

CERTIFICATO N. 1105  
 DATA 18/05/09

IL DIRETTORE [Signature]  
 LO SPERIMENTATORE [Signature]

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
 CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
 Data apertura campione 14,05,01  
 Data esecuzione prova 14,05,01

SONDAGGIO S2  
 CAMPIONE 6  
 PROFONDITA' [mt] 7,00-7,50

CARATTERISTICHE GENERALI [ AGI 1977 ]

CONTENITORE : FUSTELLA PVC  
 DIMENSIONI DEL CAMPIONE [ cm ] : Ø : 5,0 h : 43,0  
 GRADO DI QUALITA' [AGI 1977] : POSITIVA  
 REAZIONE HCL : Q4

Rp	Tv	PROGRAMMA PROVE DI LABORATORIO	STRATRIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA
		UMIDITA, LIMITI DI ATTERBERG  GRANULOMETRIA		Sabbia limosa debolmente argillosa di colore marrone chiaro; terreno poco plastico, con tracce di materia organica e spalmature ossidate.

pg 1/1

NOTE	CERTIFICATO N. 1106
	DATA 18/05/01

IL DIRETTORE *[Signature]*  
 LO SPERIMENTATORE *[Signature]*

COMMITTENTE  
CANTIERE

COMUNE DI CESENA  
CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
Data apertura campione 14,05,01  
Data esecuzione prova 14,05,01  
Descrizione del campione Sabbia limosa debolmente argillosa

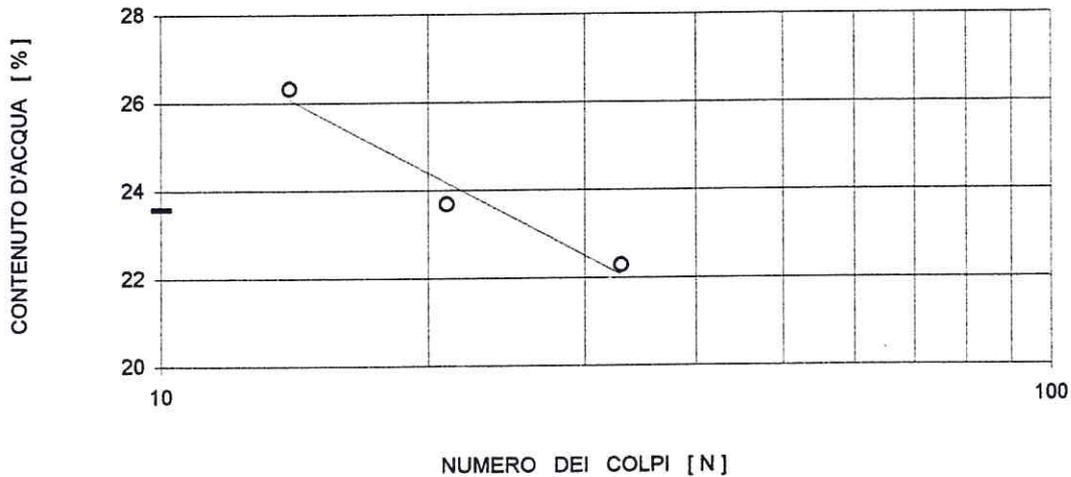
SONDAGGIO S2  
CAMPIONE 6  
PROFONDITA' [mt] 7,00-7,50

LIMITI DI ATTERBERG [ CNR - UNI 10014 ]

Limite Plastico		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	7,82	8,35	8,51
Peso capsula + terra umida	(gr)	16,20	14,47	15,19
Peso capsula + terra secca	(gr)	14,75	13,45	14,04
LIMITE PLASTICO	(%)	20,9	20,0	20,8

Limite Liquido		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	9,05	9,08	9,13
Peso capsula + terra umida	(gr)	21,96	23,70	19,72
Numero di colpi	(-)	14	21	33
Peso capsula + terra secca	(gr)	19,27	20,90	17,79
CONTENUTO IN ACQUA	(%)	26,3	23,7	22,3
LIMITE LIQUIDO	(%)	24,5	23,2	23,1

LIMITE PLASTICO (LP) : 20,6 (%)  
 LIMITE LIQUIDO (LL) : 23,6 (%)  
 INDICE PLASTICO (IP) : 3,0 (%)  
 CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (Wn) : 21,0 (%)  
 INDICE DI CONSISTENZA (Ic) : 0,86 (-)  
 INDICE DI LIQUIDITA' (Il) : 0,14 (-)



NOTE	CERTIFICATO N. 1107
	DATA 18/05/01

IL DIRETTORE [Signature]  
 LO SPERIMENTATORE [Signature]

COMMITTENTE  
CANTIERE

COMUNE DI CESENA  
CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
Data apertura campione 14,05,01  
Data esecuzione prova 14,05,01  
Descrizione del campione Sabbia limosa debolmente argillosa

SONDAGGIO S2  
CAMPIONE 6  
PROFONDITA' [mt] 7,00-7,50

ANALISI GRANULOMETRICA [CNR BU n. 23 - AGI 1994]

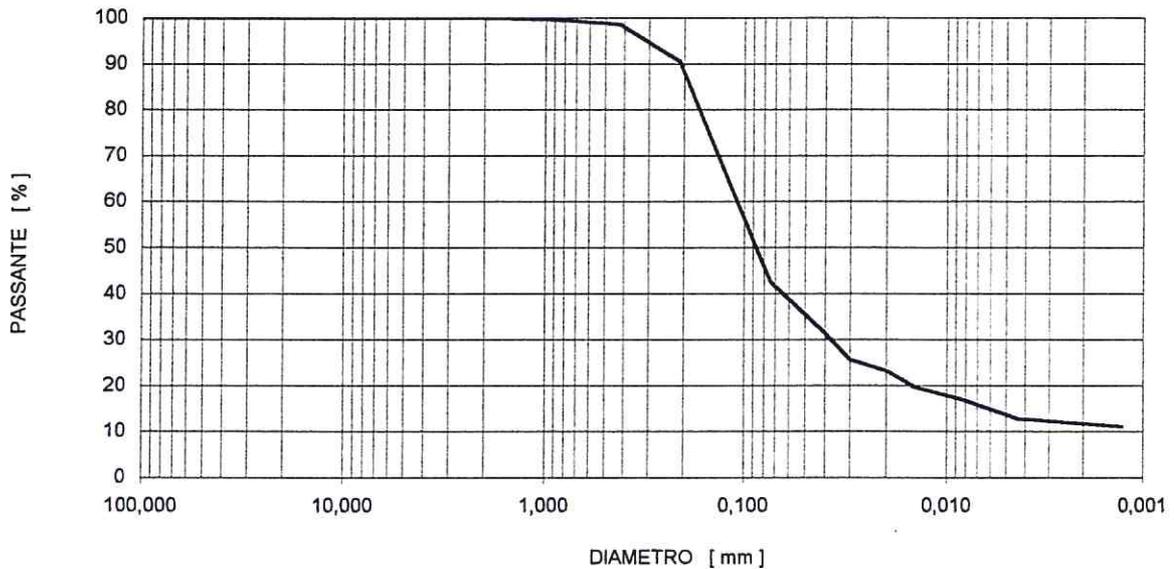
SETACCI		TRATTENUTO	PASSANTE
ASTM	mm	(%)	(%)
4 inch	101,600	0,0	100,0
2 inch	76,100	0,0	100,0
3 inch	50,800	0,0	100,0
1 inch	25,400	0,0	100,0
3/4 inch	19,000	0,0	100,0
1/2 inch	12,700	0,0	100,0
3/8 inch	9,510	0,0	100,0
4 mesh	4,760	0,0	100,0
10 mesh	2,000	0,0	100,0
20 mesh	0,840	0,5	99,5
40 mesh	0,420	0,8	98,7
70 mesh	0,210	8,2	90,5
200 mesh	0,074	47,8	42,7
A	0,040		31,6
e	0,030		25,6
r	0,020		23,0
o	0,014		19,6
m	0,008		17,1
e	0,006		15,0
t	0,004		12,8
r	0,001		11,1
i			
a			

GHIAIA (> 2,00 mm) 0,0 (%)  
SABBIA (2,00 - 0,074 mm) 57,3 (%)  
LIMO (0,074 - 0,002 mm) 31,2 (%)  
ARGILLA (< 0,002 mm) 11,5 (%)

Passante al 2 mm 100,0 (%)  
Passante allo 0,42 mm 98,7 (%)  
Passante allo 0,074 mm 42,7 (%)

Limite Liquido [WL]: 23,6 (%)  
Indice Plastico [PI]: 3,0 (%)

CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10006 A4  
CLASSIFICAZIONE USCS SM



NOTE

CERTIFICATO N. 1108

IL DIRETTORE *[Signature]*

DATA 18/05/01

LO SPERIMENTATORE *[Signature]*

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
 CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
 Data apertura campione 14,05,01  
 Data esecuzione prova 14,05,01

SONDAGGIO S2  
 CAMPIONE 7  
 PROFONDITA' [mt] 8,00-8,50

CARATTERISTICHE GENERALI [ AGI 1977 ]

CONTENITORE : FUSTELLA PVC  
 DIMENSIONI DEL CAMPIONE [ cm ] : Ø : 5,0 h : 43,5  
 GRADO DI QUALITA' [AGI 1977] : POSITIVA  
 REAZIONE HCL : Q4

Rp	Tv	PROGRAMMA PROVE DI LABORATORIO	STRATRIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA
	kg/cm <sup>2</sup>	UMIDITA, LIMITI DI ATTERBERG  GRANULOMETRIA		Sabbia limosa debolmente argillosa marrone chiaro; terreno poco plastico, friabile, con tracce di materia organica e spalmature ossidate.

pg 1/1

NOTE	CERTIFICATO N. <i>1109</i>
	DATA <i>18/05/09</i>

IL DIRETTORE *[Signature]*  
 LO SPERIMENTATORE *[Signature]*

COMMITTENTE  
CANTIERE

COMUNE DI CESENA  
CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
Data apertura campione 14,05,01  
Data esecuzione prova 14,05,01  
Descrizione del campione Sabbia limosa debolmente argillosa

SONDAGGIO S2  
CAMPIONE 7  
PROFONDITA' [mt] 8,00-8,50

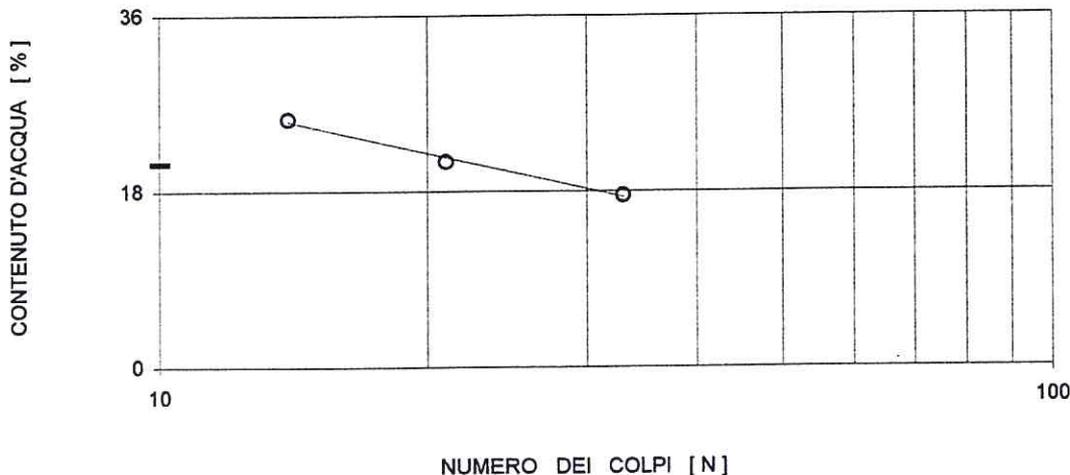
LIMITI DI ATTERBERG [ CNR - UNI 10014 ]

Limite Plastico		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	8,60	8,85	9,11
Peso capsula + terra umida	(gr)	14,06	14,60	14,66
Peso capsula + terra secca	(gr)	13,24	13,68	13,84
LIMITE PLASTICO	(%)	17,7	19,0	17,3

Limite Liquido		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	8,56	9,30	8,51
Peso capsula + terra umida	(gr)	19,77	18,56	15,33
Numero di colpi	(-)	14	21	33
Peso capsula + terra secca	(gr)	17,50	16,95	14,31
CONTENUTO IN ACQUA	(%)	25,4	21,0	17,6
LIMITE LIQUIDO	(%)	23,6	20,6	18,2

LIMITE PLASTICO (LP) : 18,0 (%)  
 LIMITE LIQUIDO (LL) : 20,8 (%)  
 INDICE PLASTICO (IP) : 2,8 (%)  
 CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (Wn) : 18,8 (%)

INDICE DI CONSISTENZA (Ic) : 0,72 (-)  
 INDICE DI LIQUIDITA' (Il) : 0,28 (-)



COMMITTENTE  
CANTIERE

COMUNE DI CESENA  
CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
Data apertura campione 14,05,01  
Data esecuzione prova 14,05,01  
Descrizione del campione Sabbia limosa debolmente argillosa

SONDAGGIO S2  
CAMPIONE 7  
PROFONDITA' [mf] 8,00-8,50

ANALISI GRANULOMETRICA [CNR BU n. 23 - AGI 1994]

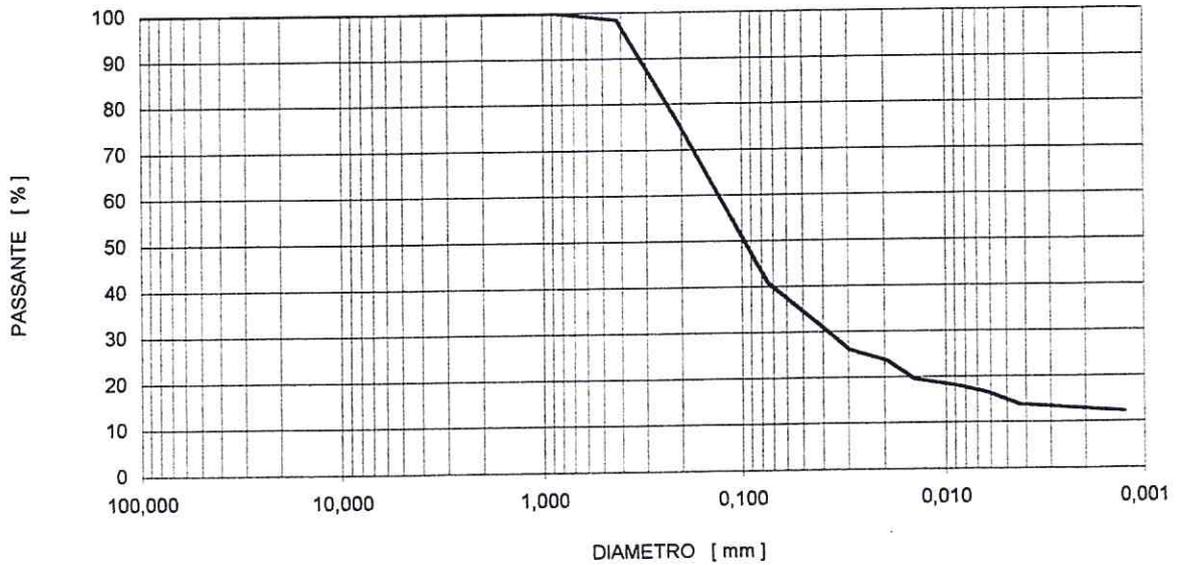
SETACCI		TRATTENUTO	PASSANTE
ASTM	mm	(%)	(%)
4 inch	101,600	0,0	100,0
2 inch	76,100	0,0	100,0
3 inch	50,800	0,0	100,0
1 inch	25,400	0,0	100,0
3/4 inch	19,000	0,0	100,0
1/2 inch	12,700	0,0	100,0
3/8 inch	9,510	0,0	100,0
4 mesh	4,760	0,0	100,0
10 mesh	2,000	0,0	100,0
20 mesh	0,840	0,1	99,9
40 mesh	0,420	1,5	98,4
70 mesh	0,210	22,0	76,4
200 mesh	0,074	35,7	40,7
A	0,040		30,9
e	0,030		26,1
r	0,019		23,6
o	0,014		19,5
m	0,008		17,9
e	0,006		16,3
t	0,004		13,8
r	0,001		12,2
i			
a			

GHIAIA (> 2,00 mm) 0,0 (%)  
SABBIA (2,00 - 0,074 mm) 59,3 (%)  
LIMO (0,074 - 0,002 mm) 28,0 (%)  
ARGILLA (< 0,002 mm) 12,7 (%)

Passante al 2 mm 100,0 (%)  
Passante allo 0,42 mm 98,4 (%)  
Passante allo 0,074 mm 40,7 (%)

Limite Liquido [WL]: 20,8 (%)  
Indice Plastico [PI]: 2,8 (%)

CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10006 A4  
CLASSIFICAZIONE USCS SM



NOTE

CERTIFICATO N. 1111

IL DIRETTORE

DATA 18/05/01

LO SPERIMENTATORE

COMMITTENTE  
CANTIERE

COMUNE DI CESENA  
CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
Data apertura campione 14,05,01  
Data esecuzione prova 14,05,01

SONDAGGIO S2  
CAMPIONE 8  
PROFONDITA' [mt] 9,80-10,40

CARATTERISTICHE GENERALI [AGI 1977]

CONTENITORE : FUSTELLA PVC  
DIMENSIONI DEL CAMPIONE [cm] : Ø : 5,0 h : 40,0  
GRADO DI QUALITA' [AGI 1977] : POSITIVA  
REAZIONE HCL : Q4

Rp	Tv	PROGRAMMA PROVE DI LABORATORIO	STRATRIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA
kg/cm <sup>2</sup>			cm	
0,50	0,25	UMIDITA, LIMITI DI ATTERBERG		Limo argilloso debolmente sabbioso marrone chiaro, plastico, poco compatto, con tracce di materia organica, spalmature ossidate e piccoli inclusi biancastri carbonatici.
0,75	0,30	GRANULOMETRIA		
0,50	0,25			

pg 1/1

NOTE	CERTIFICATO N. 1112
	DATA 18/05/01

IL DIRETTORE

LO SPERIMENTATORE

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
 CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
 Data apertura campione 14,05,01  
 Data esecuzione prova 14,05,01  
 Descrizione del campione Limo argilloso debolmente sabbioso

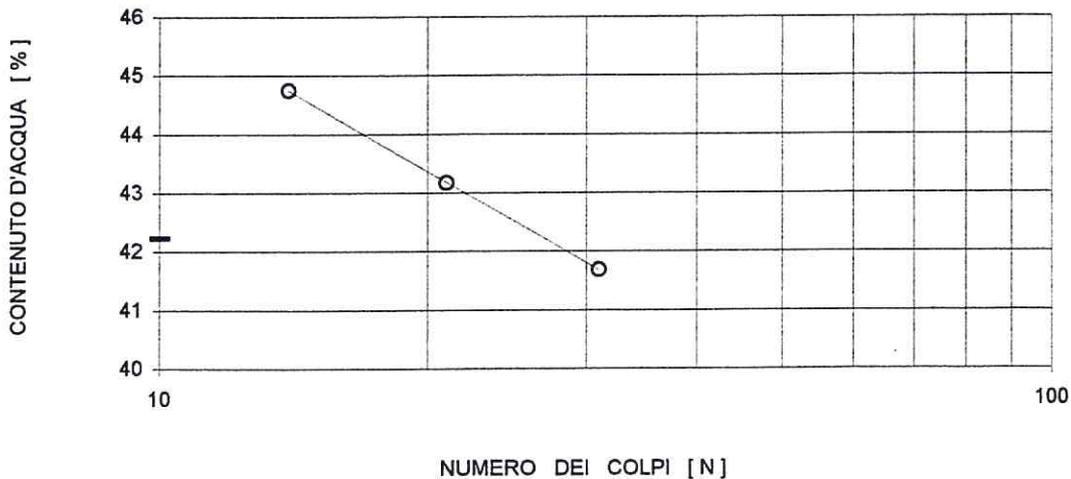
SONDAGGIO S2  
 CAMPIONE 8  
 PROFONDITA' [mt] 9,80-10,40

LIMITI DI ATTERBERG [CNR - UNI 10014]

Limite Plastico		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	14,35	9,00	8,60
Peso capsula + terra umida	(gr)	21,17	15,13	14,69
Peso capsula + terra secca	(gr)	19,76	13,89	13,47
LIMITE PLASTICO	(%)	26,1	25,4	25,1

Limite Liquido		provino 1	provino 2	provino 3
Peso capsula	(gr)	7,03	14,08	14,35
Peso capsula + terra umida	(gr)	21,91	31,69	32,84
Numero di colpi	(-)	14	21	31
Peso capsula + terra secca	(gr)	17,31	26,38	27,40
CONTENUTO IN ACQUA	(%)	44,7	43,2	41,7
LIMITE LIQUIDO	(%)	41,6	42,2	42,8

LIMITE PLASTICO (LP) : 25,5 (%)  
 LIMITE LIQUIDO (LL) : 42,2 (%)  
 INDICE PLASTICO (IP) : 16,7 (%)  
 CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (Wn) : 31,2 (%)  
 INDICE DI CONSISTENZA (Ic) : 0,66 (-)  
 INDICE DI LIQUIDITA' (Il) : 0,34 (-)



NOTE	CERTIFICATO N. 1113
	DATA 18/05/01

IL DIRETTORE *[Signature]*  
 LO SPERIMENTATORE *[Signature]*

COMMITTENTE COMUNE DI CESENA  
CANTIERE CALISESE. LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE

Commessa 120  
Data apertura campione 14,05,01  
Data esecuzione prova 14,05,01  
Descrizione del campione Limo argilloso debolmente sabbioso

SONDAGGIO S2  
CAMPIONE 8  
PROFONDITA' [mt] 9,80-10,40

ANALISI GRANULOMETRICA [CNR BU n. 23 - AGI 1994]

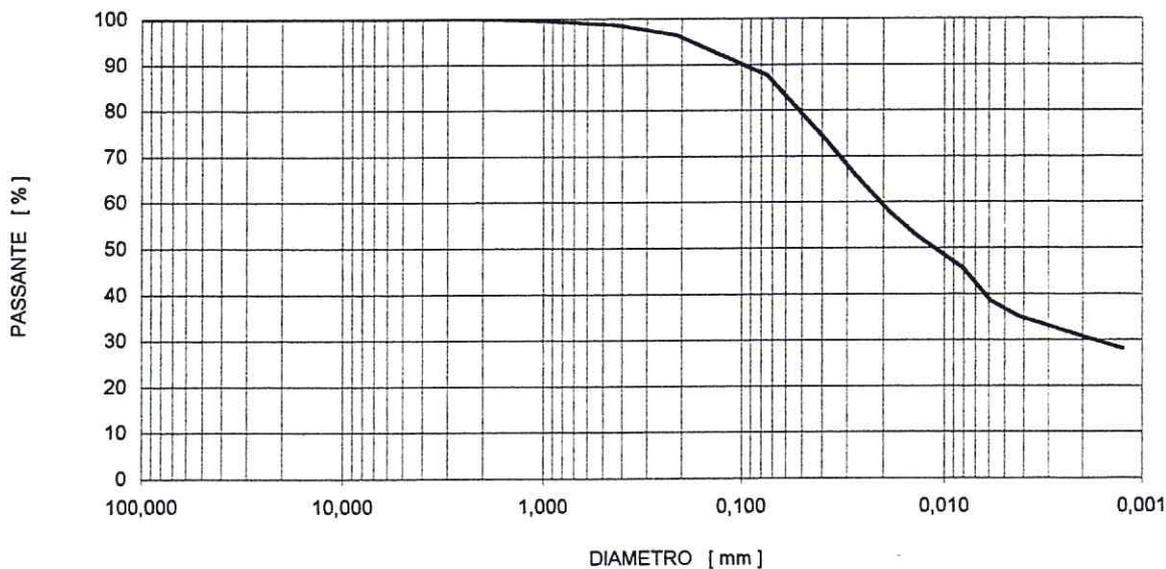
SETACCI		TRATTENUTO	PASSANTE
ASTM	mm	(%)	(%)
4 inch	101,600	0,0	100,0
2 inch	76,100	0,0	100,0
3 inch	50,800	0,0	100,0
1 inch	25,400	0,0	100,0
3/4 inch	19,000	0,0	100,0
1/2 inch	12,700	0,0	100,0
3/8 inch	9,510	0,0	100,0
4 mesh	4,760	0,0	100,0
10 mesh	2,000	0,0	100,0
20 mesh	0,840	0,6	99,4
40 mesh	0,420	0,8	98,6
70 mesh	0,210	2,3	96,4
200 mesh	0,074	8,7	87,7
A	0,038		73,6
e	0,028		66,6
r	0,019		57,9
o	0,013		52,6
m	0,008		45,6
e	0,006		38,6
t	0,004		35,1
r	0,001		28,1
a			

GHIAIA (> 2,00 mm) 0,0 (%)  
SABBIA (2,00 - 0,074 mm) 12,3 (%)  
LIMO (0,074 - 0,002 mm) 56,9 (%)  
ARGILLA (< 0,002 mm) 30,8 (%)

Passante al 2 mm 100,0 (%)  
Passante allo 0,42 mm 98,6 (%)  
Passante allo 0,074 mm 87,7 (%)

Limite Liquido [WL]: 42,2 (%)  
Indice Plastico [PI]: 16,7 (%)

CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10006 A7-6  
CLASSIFICAZIONE USCS CL



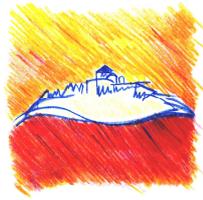
NOTE

CERTIFICATO N. *1126*

DATA *18/05/01*

IL DIRETTORE *[Signature]*

LO SPERIMENTATORE *[Signature]*



*SETTORE GOVERNO DEL TERRITORIO*

**Servizio Attuazione Urbanistica**

*Piazza Guidazzi n. 9 – Ridotto Teatro Bonci 1*

*Tel 0547-355815*

## INTEGRAZIONI A RELAZIONE GEOLOGICA

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PUBBLICA

area PPIP 13 località Calisese

“Comparto 12 - Pregresso P.R.G. '85”

(art. 51.02 NdA P.R.G. 2000)



## INDICE

1. PREMESSA .....	4
2. INDAGINI .....	5
2.1. PROVA PENETROMETRICA STATICA (CPT).....	5
2.2. INDAGINE SISMICA HVSR.....	6
3. SISMICITÀ .....	11
3.1. SISMICITÀ STORICA .....	11
3.2. ASPETTI SISMOTETTONICI .....	13
3.3. ZONIZZAZIONE SISMICA NAZIONALE E REGIONALE .....	15
3.4. LA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE.....	19
3.5. RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	27
3.6. NORMATIVA SISMICA NAZIONALE D.M. 14/01/2008 .....	34
4. SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI.....	40
5. CONCLUSIONI .....	48

## 1. PREMESSA

Il presente documento costituisce riscontro alle richieste di integrazione di cui al p.to A della nota prot. 2015/55818 a firma del responsabile del procedimento – Arch. Alessandra Guidazzi – del Servizio Ambiente e Pianificazione Territoriale della Provincia di Forlì-Cesena inerente la procedura di approvazione del piano urbanistico di iniziativa pubblica denominato Area PPIP 13 località Calisese “Comparto 12 - Pregresso P.R.G. '85”.

Le valutazioni riportate nel presente elaborato tecnico costituiscono supporto valutativo all'espressione da parte dell'autorità competente – Amministrazione provinciale - del previsto parere ai sensi dell'art. della Legge Regionale 30 ottobre 2008, n. 19 “Norme per la riduzione del rischio sismico” sul PPIP in oggetto. Di seguito si riporta letteralmente la richiesta di integrazioni formulata dal Servizio Ambiente e Pianificazione Territoriale della Provincia di Forlì-Cesena:

**A) In relazione al parere previsto dalla L.64/74 da esprimersi ai sensi dell'art. 5 della L.R. 19/2008**

### ***Integrazioni alla Relazione Geologica***

- ***La relazione geologica allegata al PUA è datata Maggio 2001. Si chiede di adeguare la relazione alla vigente normativa, con particolare riguardo agli aspetti di prevenzione sismica. Si ricorda che, in materia sismica, il testo normativo vigente in ambito di pianificazione, è rappresentato dalla DAL RER 112/2007; in particolare, come disposto da tale normativa, si chiede di effettuare una verifica della suscettibilità ai fenomeni di liquefazione utilizzando le metodologie indicate.***

Ciò premesso si procederà ad assolvere quanto richiesto dal competente Servizio provinciale mediante la valutazione della suscettibilità alla liquefazione dei terreni caratterizzanti l'area oggetto di trasformazione urbanistica mediante l'ausilio delle stratigrafie, e dei relativi valori di resistenza, derivanti dalle sette prove penetrometriche di tipo statico promosse nel 2001 sull'area da parte dello Studio di Geologia Dott. Angelo Angeli.

Quale ulteriore contributo di analisi per la definizione dei caratteri di pericolosità sismica sito specifica dell'area si farà altresì ricorso alle valutazioni riportate nell'Analisi di Microzonazione Sismica (MS), curata dalla Dr. Geol. Silvia Castellaro del DIPARTIMENTO DI FISICA E ASTRONOMIA dell'Università degli Studi di Bologna, ed in corso di collaudo da parte del Servizio Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

Unitamente a tale studio saranno di ausilio specifico gli esiti di una prova sismica ai microtremori (HVSr), effettuata in area adiacente al sito oggetto di studio, facente parte del database delle prove disponibili utilizzate per la stesura della citata Microzonazione sismica comunale.



Figura 1.1 – Schema planimetrico progetto PPIP 13 Calisese

## 2. Indagini

### 2.1. Prova penetrometrica statica (CPT)

La penetrometrica statica (CPT) consiste nel rilevare la resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante,  $v = 2 \text{ cm/s} \pm 0,5$ .

La penetrazione avviene mediante un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al terreno, che agisce su una doppia batteria di aste (aste esterne cave e aste interne piene e coassiali), alla cui estremità inferiore è collegata la punta.

Lo sforzo necessario all'infissione viene registrato a intervalli di 20 cm da una cella tensiometrica collegata a un trasduttore digitale. La punta conica (telescopica) è dotata di

un manicotto sovrastante per la misura dell'attrito laterale locale (RI) (punta tipo Begemann).

- diametro di base del cono:  $\phi = 35.7$  mm - area della punta conica:  $A_p = 10$  cm<sup>2</sup>;
- angolo di apertura del cono:  $\beta = 60^\circ$  - superficie laterale del manicotto:  $A_m = 150$  cm<sup>2</sup>;

I dati elaborati dalle prove sono riportati nelle tabelle allegate:

- $q_c$  (kg/cm<sup>2</sup>) : resistenza statica alla punta ( $R_p$ )
- $f_s$  (kg/cm<sup>2</sup>) : resistenza all'attrito laterale locale.

Oltre all'elaborazione dei valori di  $q_c$  e di  $f_s$  attraverso opportune correlazioni sono inoltre derivabili elementi sulla litologia, definita utilizzando il rapporto  $q_c/f_s$  (Begemann 1965 - raccomandazioni A.G.I. 1977) e in base alla relazione fra i valori di  $q_c$  e il rapporto  $FR = (f_s/q_c)\%$  (esperienze di Schmertmann 1978). Nel paragrafo inerente la verifica alla liquefazione saranno indicate ulteriori correlazioni assunte per la determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni investigati di specifica utilità alla definizione del potenziale di liquefazione dei suoli.

## 2.2. Indagine sismica HVSR

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore in quanto riguarda oscillazioni molto piccole (10-15 m/s<sup>2</sup> in termini di accelerazione), molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo vicino (*near-field*).

I metodi che si basano sulla sua 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, in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo, presenta l'andamento illustrato nella figura sottostante dove la curva bassa rappresenta il rumore di fondo 'minimo' di riferimento secondo il servizio geologico statunitense (USGS) mentre la curva superiore rappresenta il 'massimo' di tale rumore, e dove i picchi a 0.14 e 0.07 Hz sono comunemente interpretati come originati dalle onde oceaniche. Tali componenti spettrali vengono attenuate molto poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda.

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.

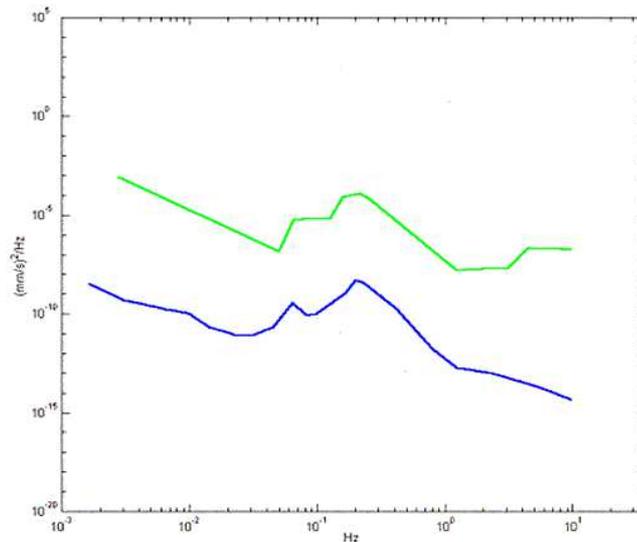


Figura 2.1 - Spettro del rumore sismico (in termini di velocità componente verticale del moto) minimo e massimo secondo i modelli standard del Servizio geologico USA (USGS)

Nel tragitto dalla sorgente *s* al sito *x* le onde elastiche (sia di terremoto che di microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, 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. 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. Una di queste è la tecnica dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSr.

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di contrasto di impedenza. Per strato si intende un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso. 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 (HVSr) 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 ancora stato raggiunto consenso, è invece ampiamente riconosciuto che l'HVSr è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli. 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 consentendo attraverso il metodo HVSR la ricostruzione monodimensionale del profilo stratigrafico (1-D).

La tecnica dei rapporti spettrali H/V consiste nel calcolo del rapporto degli spettri di Fourier del rumore nel piano orizzontale H (generalmente lo spettro H viene calcolato come media degli spettri di Fourier delle componenti orizzontali NS ed EW) e della componente verticale V. Il metodo è applicabile alle misure di rumore registrate in una singola stazione posta su sedimenti. Il metodo è stato introdotto da scienziati giapponesi agli inizi degli anni '70, tra i quali Nogoshi e Igarashi (1971) e Shiono et al. (1979), che indagarono sul significato fisico del rapporto H/V e mostrarono la sua relazione diretta con la curva di ellitticità delle onde di Rayleigh. Essi conclusero che il picco massimo di ampiezza si verifica alla frequenza di risonanza fondamentale della copertura di terreni. Nel 1989, Nakamura propose il rapporto H/V come stima affidabile della funzione di trasferimento delle onde S per un dato sito. Le argomentazioni usate da Nakamura sono estremamente qualitative e si basano sull'ipotesi che i microtremori siano originati da sorgenti molto locali, come il traffico vicino al sismometro, e siano onde di Rayleigh che si propagano in un solo strato su un semispazio. Tale tecnica, ampiamente utilizzata da anni nel settore sismologico, di recente viene sempre più impiegata in campo geotecnico/ingegneristico.

Considerando un sistema in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità ( $\rho_1$  e  $\rho_2$ ) e le diverse velocità delle onde sismiche ( $V_1$  e  $V_2$ ), un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'orizzonte che separa i due strati. L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente ( $\lambda$ ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore  $h$  del primo strato. In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza ( $f_r$ ) dello strato 1 relativa alle onde P è pari a:

$$f_r = VP_1/(4 h) \quad [1]$$

analogamente quella relativa alle onde S è

$$f_r = VS_1/(4 h) \quad [2]$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità, è in grado di fornire previsioni sullo spessore  $h$  degli strati. Questa informazione è per lo più contenuta nella componente verticale del moto ma la prassi di usare il rapporto tra gli spettri orizzontali e quello verticale, piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce un'importante normalizzazione del segnale per il contenuto in frequenza, la risposta strumentale e l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto. La normalizzazione, che rende più semplice l'interpretazione del segnale, è alla base della popolarità del metodo. Si rileva

inoltre come i microtremiti siano solo in parte costituiti da onde di volume, P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh (Lachet e Bard, 1994).

Tuttavia ci si può ricondurre alla risonanza delle onde di volume poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S. L'applicabilità pratica della semplice formula [2] è stata già dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica che nell'ambito ingegneristico (Gallipoli et al., 2000; Mucciarelli e Gallipoli, 2001; Castellaro et al., 2005). Poiché la situazione illustrata è tipica delle coltri sedimentarie sovrastanti substrati litoidi, il metodo HVSR è parso immediatamente applicabile alla determinazione dello spessore delle coltri sedimentarie (si veda Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

1. le curve HVSR, ottenute col software Grilla in dotazione a TROMINO, secondo la procedura descritta in Castellaro et al. (2005), con parametri:
  - larghezza delle finestre d'analisi 20 secondi;
  - lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale;
  - rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine/media a lungo termine) superiore a 2;
  - rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.
2. le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto (ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto 1).

Non essendo disponibile la misura di  $V_s$  come profilo sismico fino al bedrock geofisico le profondità  $h$  delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula [3] in cui  $V_0$  è la velocità al tetto dello strato,  $a$  un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e  $v$  la frequenza fondamentale di risonanza (Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

$$h = \left[ \frac{V_0(1-a)}{4v} + 1 \right]^{1/(1-a)} - 1 \quad [3]$$

Infatti, poiché l'andamento del log in  $V_s$  in terreni sedimentari è principalmente regolato dall'incremento del modulo di rigidità al crescere della pressione di confinamento e quindi della profondità, a partire dai valori di  $V_s$  della porzione più superficiale del terreno, è stato possibile estrapolare l'andamento delle  $V_s$  a profondità più elevate tramite l'impiego delle relazioni empiriche.

3. si è proceduto all'inversione delle curve HVSR creando una serie di modelli teorici da confrontare con quello sperimentale fino a considerare ottimale il modello teorico più

prossimo alle curva sperimentali. Per l'inversione delle curve si è fatto riferimento alle procedure descritte in Arai e Takimatsu (2004) usando il modo fondamentale delle onde di Rayleigh e Love.

Lo strumento TROMINO<sup>®</sup> è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 12 Hz. Dopo le operazioni di elaborazione mediante software dedicato *Grilla*, che limita la modellazione delle curve H/V al solo modo fondamentale, si sono ottenuti i diagrammi H/V e le curve di spettro riportate per esteso sempre in allegato al presente elaborato.

La ricerca dei picchi da interpretare è stata effettuata, congiuntamente, nel grafico H/V e in quello degli spettri singoli. In particolare i picchi H/V di origine stratigrafica sono quelli generati da un minimo nelle componenti verticali del moto – curve magenta negli spettri – che significa minimo delle onde di Rayleigh alla frequenza di risonanza. Oltre a questo può esistere un massimo nelle componenti orizzontali del modo.

### 3. SISMICITÀ

#### 3.1. Sismicità Storica

Il territorio della provincia di Forlì-Cesena è stato sede di una frequente e intensa attività sismica. La figura 3.1 riporta gli epicentri dei principali terremoti storici che hanno interessato la Romagna (DBMI04, Stucchi et al., 2007); figura nella quale le dimensioni del cerchio sono proporzionali alla magnitudo momento (Mw).

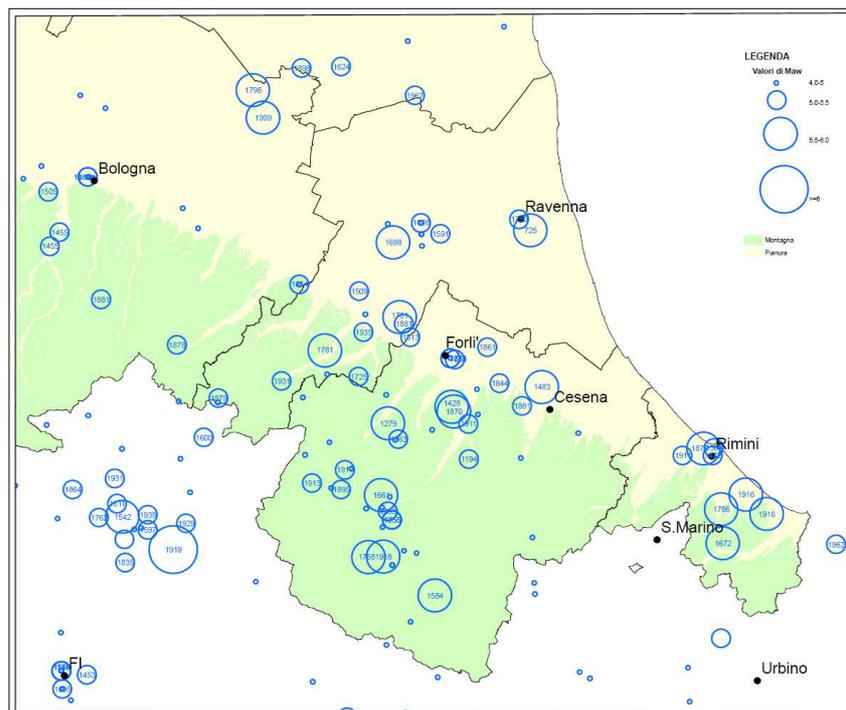


Figura 3.1 - Carta degli epicentri dei principali terremoti

La tabella 3.2, tratta dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani (DBMI04), riporta la storia sismica di Cesena [lat. 44.139, long. 12.243]. La successiva Figura 3.3 rappresenta in forma grafica la distribuzione temporale dei terremoti che hanno interessato sempre l'ambito cesenate.

Osservazioni disponibili: 62

Intensità al sito (MCS)	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE area epicentrale	Intensità epicentrale (MCS)	Magnitudo momento
8	1483	08	11	19	40		Romagna meridionale	8	5.67
7	1428	07	03	05			PREDAPPPIO	8	5.58
7	1688	04	11	11	30		ROMAGNA	9	5.88
7	1881	09	28				CESENA	6-7	5.03
7	1911	02	19	07	18	30	Romagna meridionale	7	5.38
6-7	1194						GALEATA	7	5.17
6-7	1653	08	15				CESENA	6-7	5.03
6-7	1661	03	22	12	45		Appennino romagnolo	9	5.83

6-7	1786	12	25	01		Riminese	8	5.67	
6-7	1813	09	21	07	45	Romagna centrale	7	5.32	
6-7	1861	10	16			FORLI'	6-7	5.13	
6-7	1870	10	30			MELDOLA	8	5.59	
6-7	1875	03	17	23	51	Romagna sud-orient.	8	5.74	
6	1672	04	14	15	45	Riminese	8	5.60	
6	1781	04	04			FAENTINO	9	5.84	
6	1916	05	17	12	50	Alto Adriatico	8	5.85	
6	1916	08	16	07	06	14	Alto Adriatico	8	5.92
6	1918	11	10	15	12	28	Appennino romagnolo	8	5.79
5-6	1828	10	08	22	30		Romagna meridionale	5-6	4.63
5	1584	09	10	20	30		Appennino tosco-emiliano	9	5.97
5	1741	04	24	09	20		FABRIANESE	9	6.08
5	1781	06	03				CAGLIESE	9-10	6.23
5	1841	04	14	04			CAGLI	6-7	5.00
5	1844	03	10	17	15		FORLI'	6-7	5.03
5	1909	01	13		45		BASSA PADANA	6-7	5.53
5	1914	10	27	09	22		GARFAGNANA	7	5.79
5	1915	01	13	06	52		AVEZZANO	11	6.99
5	1919	06	29	15	06	13	Mugello	9	6.18
5	1930	10	30	07	13		SENIGALLIA	9	5.94
5	1935	06	05	11	48		FAENTINO	6	5.34
4-5	1509	04	19				Faentino	7	5.17
4-5	1781	07	17	09	40		Romagna	8	5.53
4-5	1911	03	26	13	51		RIMINI	6	5.18
4-5	1997	09	26	09	40	25	Appennino umbro- marchigiano	8-9	6.05
4	1913	07	21	22	35		VALLE DEL LAMONE	6	5.07
4	1920	09	07	05	55	40	Garfagnana	9-10	6.48
4	1951	09	01				SARNANO	7	5.31
4	1956	05	26	18	40		S. SOFIA	6	5.09
4	1963	08	09	06	05		FAENTINO	5-6	5.32
4	1987	07	05	13	12	36	VALMARECCHIA	6	4.65
F	1222	12	25	11			Basso bresciano	8-9	6.05
F	1505	01	03	02			Bologna	7	5.47
F	1768	10	19	23			Appennino romagnolo	9	5.84
3-4	1869	06	25				VERGATO	7-8	5.32
3-4	1970	02	09	07	39		MERCATO SARACENO	5-6	4.67
3-4	1984	04	29	05	02	59	GUBBIO/VALFABBRICA	7	5.68
3-4	1996	10	15	09	55	60	CORREGGIO	7	5.44
3	1779	06	04	07			Bolognese	6-7	4.97
3	1780	05	25				RAVENNA	6-7	5.03
3	1873	03	12	20	04		Marche meridionali	8	5.88
3	1874	10	07				IMOLESE	7	4.99
3	1879	04	27	04	06		Valle del Senio	7	5.18
3	1895	04	14	22	17		Slovenia	8	6.25
3	1897	12	18	07	24	20	Appennino umbro- marchigiano	7	5.18
3	1939	02	11	11	17		MARRADI	7	5.17
3	1957	04	17	02	22		S. SOFIA	6	4.85
2-3	1983	11	09	16	29	52	Parmense	6-7	5.10
2-3	1986	12	06	17	07	19	BONDENO	6	4.56
NF	1887	02	23	05	21	50	Liguria occidentale	9	6.29
NF	1913	11	25	20	55		VAL DI TARO	5	4.85
NF	1924	01	02	08	55		SENIGALLIA	7-8	5.59
NR	1308	01	25	16			Rimini	7-8	5.37

Tabella 3.2 - Storia sismica del Comune di Cesena

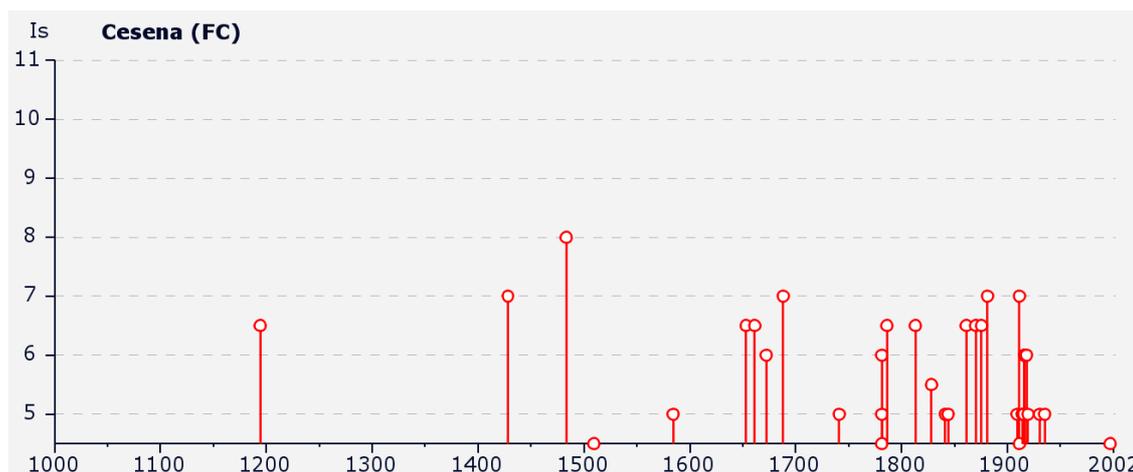


Figura 3.3 - Distribuzione temporale dei terremoti nel cesenate

Da questi dati risulta evidente come il Comune di Cesena sia soggetto ad una sismicità che può essere definita medio-alta rispetto alla realtà nazionale, con terremoti che hanno provocato effetti fino al VIII grado di Intensità MCS ( $I_0$ ) e con magnitudo massima stimata ( $M_w$ ) compresa tra 5,5 e 6.

Per questi motivi già dal 1927, a seguito dei forti terremoti che tra il 1916 e il 1920 hanno interessato la Romagna e la dorsale appenninica tosco-emiliana, alcuni comuni dell'Appennino forlivese sono stati classificati sismici di II categoria e dal 1983 tale classificazione è stata estesa all'intero territorio provinciale, comprendendo quindi anche Cesena.

### 3.2. Aspetti Sismotettonici

L'attività sismica che interessa il territorio cesenate è principalmente dovuta a strutture sismogenetiche (vedi Fig. 3.4, da Boccaletti et al., 2004) localizzate nel sottosuolo del settore appenninico e lungo il margine appenninico-padano (zona sismogenetica 914 della ZS9, Meletti & Valensise, 2004) e nel sottosuolo padano (parte sud-orientale della zona sismogenetica 912).

La sismicità si concentra soprattutto nei primi 35 chilometri di profondità in particolare lungo strutture che interessano il basamento, a profondità maggiori di 10 chilometri.

Ciò è in accordo con l'assetto generale dell'Appennino romagnolo che mostra una generale geometria ad anticlinale. Tale strutturazione sembra dovuta ad accavallamenti lungo superfici, orientate circa WNW-ESE e vergenti verso NNE, che hanno coinvolto il basamento. I meccanismi focali disponibili indicano che le deformazioni di queste strutture sono prevalentemente di tipo compressivo e transpressivo (Boccaletti et al., 2004).

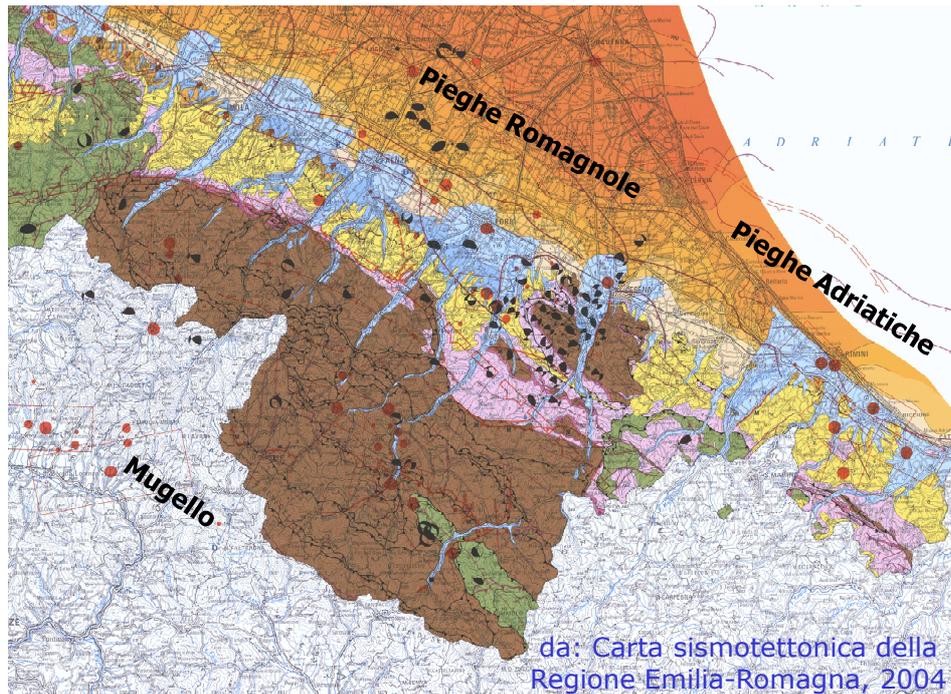


Figura 3.4: Stralcio della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna per l'area romagnola (Boccaletti et al., 2004).

Le strutture sismogenetiche sembrano collegarsi verso la superficie alle strutture di sovrascorrimento dell'Appennino romagnolo (Farabegoli et al., 1990; Cerrina Feroni et al., 2002), del pedeappennino (*Pedeapenninic Thrust Front* di Boccaletti et al., 1985) e alle Pieghe Romagnole (Pieri & Groppi, 1981).

Nella stessa zona sono presenti anche terremoti più superficiali con meccanismi focali distensivi (come ad esempio quello di S. Sofia del gennaio 2003), probabilmente legati all'attività di strutture estensionali al di sopra dell'anticlinale profonda.

Il cesenate risente inoltre della sismicità delle zone sismogenetiche limitrofe, quali il Mugello (zona 915 della ZS9), il riminese e l'alto Adriatico (zona 917 della ZS9), dove in passato si sono verificati terremoti con magnitudo stimata anche  $\geq 6$ .

La Figura 9.5 riporta uno schema sismotettonico di sintesi in cui sono rappresentate le principali strutture considerate attive che interessano la Romagna e le aree limitrofe.

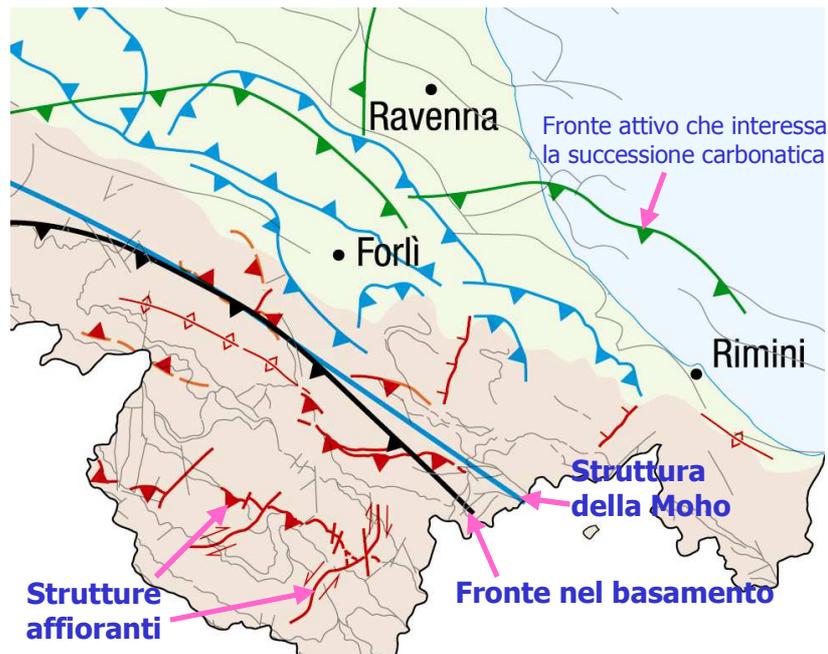


Figura 3.5: Schema delle principali strutture attive della Romagna (da note illustrative della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna, Boccaletti et al., 2004).

### 3.3. Zonizzazione Sismica nazionale e regionale

Negli ultimi anni il punto di riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica è costituito dalla zonazione sismogenetica ZS9 (Scandone et al. 1996 - 2000) che rappresenta la traduzione operativa del modello sismotettonico riassunto in Meletti et al. (2000). In seguito all'emanazione dell'O.P.C.M. 20/03/2003, n. 3274 è stato redatto a cura di un gruppo di lavoro dell'INGV un documento denominato "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall' O.P.C.M. 20/03/2003, n. 3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici".

Tale modello riprende sostanzialmente il retroterra informativo della precedente zonazione, recependo i più recenti avanzamenti delle conoscenze sulla tettonica attiva della penisola anche considerando le indicazioni derivanti da episodi sismici più recenti (es. Bormio 2000, Monferrato 2001, ecc...).

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

Per il reperimento dei dati relativi alla sismicità osservata è stato considerato il catalogo storico contenente 2.488 eventi degli ultimi 1.000 anni con intensità epicentrali maggiore o uguale al V - VI grado MCS la cui magnitudo è maggiore o uguale a 4.



Figura 3.6 - Zonizzazione sismogenetica ZS9

La zona che interessa l'area in esame è la 914 "Forlivese" (cfr. Fig. 3.6). Ogni zonizzazione sismogenetica è caratterizzata da un definito modello cinematico il quale sfrutta una serie di relazioni di attenuazione stimate sulla base di misurazioni accelerometriche effettuate sia sul territorio nazionale che europeo (cfr. Fig. 3.7). Sulla base di tali zone, per tutto il territorio italiano, sono state sviluppate le carte della pericolosità sismica.

Nella Zona Sismogenetica 914 sono previsti, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo ( $M_{w_{max}}$ ) pari a **6,14**. In pratica la sismicità massima del territorio cesenate è paragonabile a quella della scossa più forte della crisi sismica del settembre 1997 che ha colpito l'Umbria e le Marche.

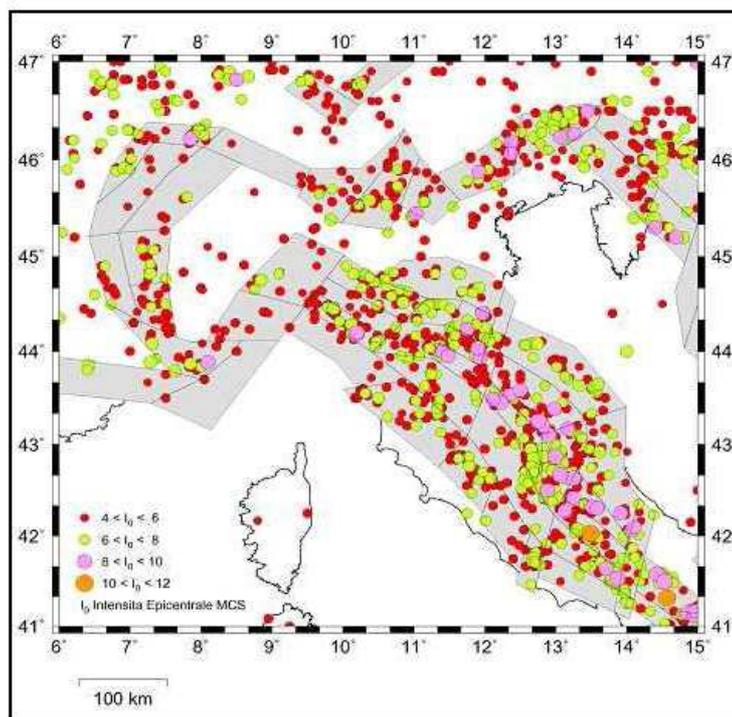


Figura 3.7 - Zone sismogenetiche e principali epicentri sul territorio Italiano

Il risultato, per ogni comune, è rappresentato da una stima del rischio sismico che tiene conto dell'intera storia sismica riportata nel catalogo sismico nazionale e che viene espresso in termini probabilistici. La pericolosità sismica di riferimento ipotizza un substrato omogeneo in roccia ed è espressa in PGA (Peak Ground Acceleration) con associato un periodo di ritorno di 475 anni, valore convenzionale in quanto rappresenta l'accelerazione associata alla probabilità del 90% di non superamento considerando un periodo di ritorno di 50 anni.

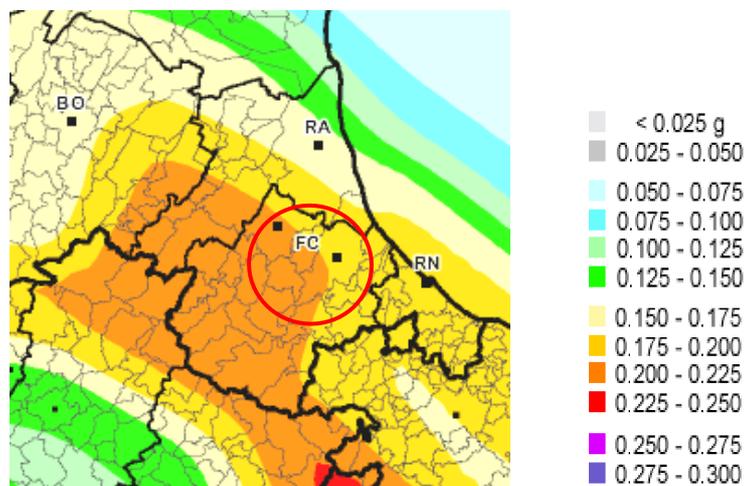


Figura 3.8 - Carta di pericolosità sismica del territorio romagnolo espresse in accelerazione orizzontale di picco PGA con periodo di ritorno di 475 anni

La mappa di pericolosità sismica del territorio, riportata in stralcio alla figura 3.8, tratta dall'allegato 2 punto 3.1 della succitata OPCM 3274, individua per l'ambito cesenate un'accelerazione massima attesa, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni e riferita a suoli rigidi ( $V_s > 800$  m/sec), compresa tra 0.175 e 0.225 g.

Più precisamente, da uno studio realizzato per la valutazione della pericolosità sismica dell'Emilia-Romagna e il calcolo del moto di input (Marcellini & Pagani, 2006) nell'ambito delle attività per la formulazione di linee guida per microzonazione sismica in Emilia-Romagna, il comune di Cesena presenta valori di  $a_g$  pari a 0,195 g.

Ciò detto il territorio italiano è stato suddiviso in quattro zone (o categorie) contraddistinte da differenti valori di PGA (cfr. Tabella 3.9).

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

Tabella 3.9 - Valori di PGA per le varie zone

Di seguito si riporta la zonizzazione relativa al territorio regionale.

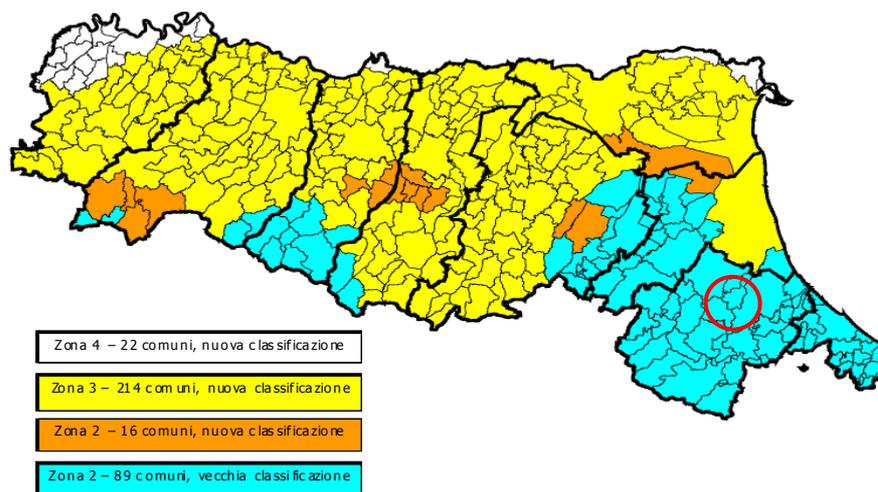


Figura 3.10 - Classificazione sismica vigente dei Comuni della Regione Emilia-Romagna. In cerchiato rosso è inquadrato il Comune di Cesena

Come si può verificare dalla carta di macrozonazione sismica della Regione Emilia Romagna (cfr. Figura 3.10), il Comune di Cesena ricade nella Zona 2, definita come zona a "sismicità media" ( $S=9$  secondo la precedente Normativa).

L'accelerazione massima di riferimento, per il sito oggetto di studio, raggiunge valori massimi di PGA compresa tra 0,15 e 0,25 g.

Le Norme Tecniche per le costruzioni del D.M. 14/01/2008 (NTC08) hanno modificato le modalità di valutazione delle azioni di progetto. In particolare nel documento sulla pericolosità sismica (Allegato A – NTC08), l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta quindi in modo da renderla compatibile con le NTC ed è definibile con un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali.

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni  $a_g$  e dai parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

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

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

### **3.4. La pericolosità sismica locale**

Come è noto le particolari situazioni locali, quali il grado e tipo di insediamento urbano, l'assetto morfologico dei luoghi e la natura geologico-tecnica dei terreni, condizionano in maniera non trascurabile gli effetti di un sisma.

In particolare, la pericolosità sismica risulta connessa a due fattori.

Il primo, che definisce la pericolosità sismica di base, è correlato all'energia del terremoto e alla distanza dalle zone sorgenti (ipocentri) ed è quantificabile, ad esempio, dall'accelerazione al suolo massima attesa per una data area e un certo periodo di ritorno, a sua volta determinabile grazie alla storia sismica dei luoghi; infatti, considerando che i mutamenti geologici avvengono in tempi dell'ordine dei milioni di anni, la sismicità storica è considerata rappresentativa anche della sismicità attuale in quanto le strutture sismogenetiche che hanno generato terremoti nel recente passato sono da considerarsi geologicamente ancora attive.

Il secondo fattore, che definisce la pericolosità sismica locale, è rappresentato dalle condizioni morfologiche e litostratigrafiche del sito che possono modificare il moto sismico in superficie. In particolari condizioni geologiche, in caso di amplificazioni del moto sismico, si possono avere anche effetti permanenti di deformazione del territorio (fenomeni di liquefazione, cedimenti, frane, ecc.). L'amplificazione del moto e gli effetti di deformazione permanenti sono noti come "effetti locali".

Le principali condizioni geo-morfologiche che possono determinare "effetti locali" in Emilia-Romagna sono note e possono essere individuate con un'attenta analisi della cartografia geologica e topografica, da cui è possibile derivare mappe della pericolosità sismica locale.

L'art. A-2 dell'allegato alla L.R. 20/2000 stabilisce che, nei territori regionali individuati come zone sismiche, gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica concorrono alla riduzione e alla prevenzione del rischio sismico, sulla base di analisi di pericolosità, di vulnerabilità ed esposizione.

La risposta a tale esigenza, ovvero la definizione di criteri omogenei e riconosciuti per le analisi e le verifiche per la specificazione degli elementi di pericolosità sismica del territorio, sono state formulate nella Deliberazione di Assemblea Legislativa n. 112/2007 "Approvazione dell'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L.R. 20/2000 in merito a Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

L'approvazione, da parte dell'Assemblea legislativa regionale, di tale atto di indirizzo ha fornito pertanto criteri uniformi a livello regionale per la valutazione della risposta sismica locale e per la microzonazione sismica del territorio; tali criteri devono essere osservati dalle Amministrazioni comunali nell'elaborazione della propria strumentazione territoriale ed urbanistica.

La delibera n. 112/2007 delinea, quale necessaria componente del quadro conoscitivo, la predisposizione di analisi sempre di maggiore dettaglio scendendo dalla scala territoriale a quella comunale, definite, in primo luogo, dall'individuazione del grado di pericolosità sismica alla scala territoriale e, successivamente, alla determinazione dei moduli di amplificazione sismica locale degli ambiti di trasformazione individuati dalla pianificazione comunale.

Gli studi della pericolosità sismica, di base e locale, hanno come obiettivo:

- l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti possono verificarsi effetti locali;
- la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine (analisi della risposta sismica locale);
- la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale (microzonazione sismica).

Per la definizione degli studi di Risposta Sismica Locale (RSL) e di Microzonazione Sismica (MZS) la Delibera 112/2007 individua un percorso metodologico che identifica due distinte e successive fasi:

- I fase: definisce gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè identifica le parti di territorio suscettibili di effetti locali e il tipo di effetti attesi (amplificazione, cedimenti, instabilità dei versanti); per ogni scenario di pericolosità vengono definite le successive indagini di approfondimento;
- II fase: consente la valutazione della risposta sismica locale e la microzonazione sismica del territorio indagato.

Gli studi di RSL e di MZS si compongono, pertanto, di diversificati livelli di approfondimento, in funzione delle finalità, delle applicazioni e degli scenari di pericolosità locale rilevati. In particolare la Delibera 112/2007 individua per la MZS due differenziati livelli di approfondimento e, per ciascuno di essi, definisce i relativi programmi di indagini da attuare.

La prima fase è richiesta nella predisposizione del PTCP e del Piano Strutturale Comunale (PSC), nel caso in cui lo strumento sovraordinato non vi abbia ancora provveduto o quale ulteriore specificazione nel passaggio dalla scala territoriale a quella comunale; consiste nell'individuazione delle aree soggette ad effetti locali in base a rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte alla scala territoriale, ed è associata alla raccolta di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Questa prima fase, attuata principalmente mediante elaborazione dei dati disponibili, concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La specifica cartografia di sintesi del PTCP, comprendente l'intero territorio della provincia, si identifica nella cosiddetta "*Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali*". In tale documento cartografico sono evidenziate le zone caratterizzate da differenti scenari di pericolosità locale con indicazione degli effetti locali attesi. Essa costituisce il primo livello di valutazione della suscettività sismica delle diverse parti del territorio, nonché contributo propedeutico di supporto alla pianificazione urbanistica comunale per orientare le proprie previsioni verso ambiti meno esposti alla pericolosità sismica. Al PSC spetta successivamente dare attuazione agli indirizzi dettati dalla pianificazione sovraordinata realizzando una cartografia della pericolosità sismica locale, ad una scala di maggior dettaglio, che individua le parti del territorio caratterizzate dai differenti scenari di pericolosità sismica locale e per ciascuna di queste, interessate da processi di trasformazione, predisporre o prevedere le indagini di successivo e ulteriore approfondimento.

Ciò detto particolari aspetti morfologici o la presenza di terreni incoerenti o poco consolidati, di spessore generalmente non inferiore ai 5 metri, caratterizzati da basse velocità di propagazione delle onde di taglio S ( $V_s$ ) (indicativamente  $\ll 800$  m/s) al di sopra di terreni più rigidi caratterizzati da  $V_s$  molto maggiore (indicativamente  $\geq 800$  m/s) possono determinare amplificazione del moto sismico.

Le forme del territorio che possono determinare effetti di amplificazione sismica sono soprattutto i versanti più ripidi, i cocuzzoli, le creste e le dorsali allungate con larghezza della sommità molto minore di quella della base, ovvero, in accordo con le indicazioni dell'Eurocodice 8, quei rilievi con acclività dei versanti maggiore di  $15^\circ$  e altezza (dislivello) maggiore di 30 metri; inoltre su detriti di versante con acclività maggiore di  $15^\circ$ , indipendentemente dalla genesi della copertura detritica, forti terremoti possono generare fenomeni di instabilità.

I documenti di analisi territoriale, in special modo le basi topografiche di dettaglio e i modelli digitali del terreno, e le conoscenze geologiche e geomorfologiche oggi disponibili in Emilia-Romagna, consentono l'individuazione e la rappresentazione cartografica degli elementi del territorio che possono determinare effetti locali a seguito di eventi sismici, sufficienti a definire il primo livello di approfondimento della fase volta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale.

Sulla base delle considerazioni sopraesposte, ai fini di rispondere all'esigenza della riduzione del rischio sismico, è stata predisposta nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale la Carta provinciale delle zone suscettibili di effetti locali contrassegnata come Tavola 6 "Rischio sismico - Carta delle zone suscettibili di effetti locali".

Attraverso l'individuazione, in via preliminare, dei depositi e delle forme del territorio che possono determinare una amplificazione del moto sismico in superficie, e modifiche permanenti dei terreni (cedimenti e frane), la carta raggruppa elementi o combinazioni di questi, individua le parti del territorio caratterizzate da differenti scenari di pericolosità locale e fornisce indicazione degli effetti sismici. In altre parole, attraverso un processo di "overlay-mapping", che identifica differenti combinazioni di elementi topografici, morfologici, litologici e stratigrafici, la carta distingue qualitativamente differenti scenari di pericolosità sismica ed i possibili effetti attesi.

Tale carta di sintesi costituisce strumento analitico propedeutico alla predisposizione delle carte di microzonazione sismica comunale che, per il Comune di Cesena, dovranno trovare attuazione nel corso di predisposizione della nuova strumentazione urbanistica (PSC - POC) secondi i disposti ed contenuti precisati dalla L.R. 20/2000.

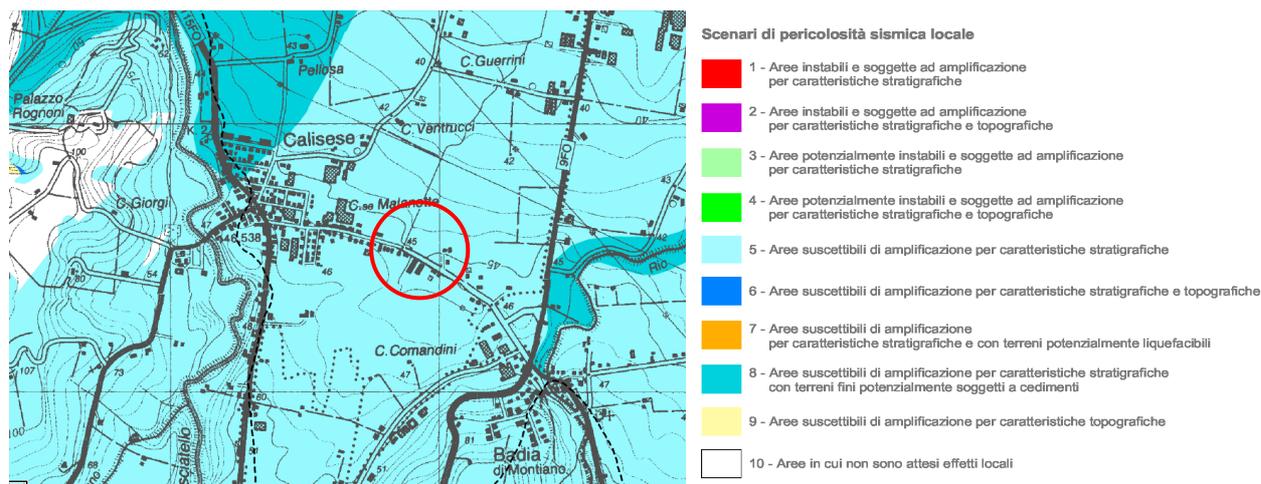


Figura 3.11 - Stralcio della Tavola 6 "Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali" del PTCP

Nelle more di adeguamento della strumentazione urbanistica comunale la suddetta Tavola 6 "Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali" del PTCP costituisce riferimento conoscitivo utile a definire la suscettività sismica dell'area oggetto d'indagine.

Secondo la Tavola 6 l'intera estensione del comparto PPIP 13 Calisese ricade completamente nella classe 5 "Aree suscettibili di amplificazione per caratteristiche stratigrafiche" per le quali il piano provinciale precisa la necessità di determinare il coefficiente di amplificazione litologico secondo le modalità previste dal punto 2a § Disposizioni generali - § 4.1 - Secondo livello di approfondimento - analisi semplificata - Allegato A2 Delibera n. 112/2007 dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna.

La pericolosità sismica di base è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$ , in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A) con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente.

Al territorio del Comune di Cesena è associato un valore di accelerazione di riferimento ( $a_{refg}$ ) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni,  $a_{refg} = 0.195$  g e magnitudo di riferimento  $M_w = 6,14$  (Da Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - GNDT).

La pericolosità sismica in un sito generico viene pertanto definita in termini di accelerazione orizzontale massima e dal relativo spettro di risposta a probabilità uniforme, che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso.

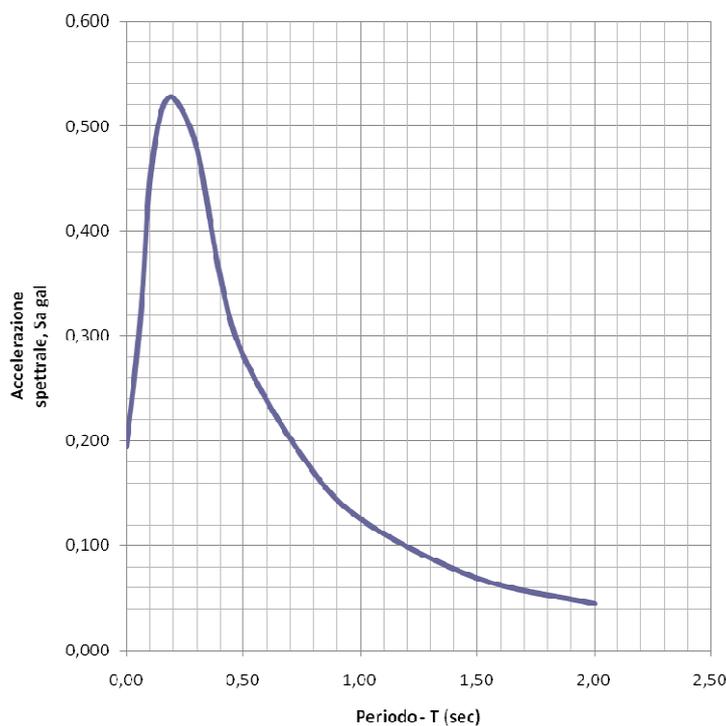


Figura 3.12 - Spettro di risposta ( $TR = 475$  anni, smorzamento = 5%) per il Comune di Cesena

T (sec)	$S_a / a_{refg}$	$S_a$ (g)
0,00000	1,00000	0,195000
0,04000	1,38865	0,270787
0,07000	1,75927	0,343058
0,10000	2,28349	0,445281
0,15000	2,63726	0,514266
0,20000	2,70745	0,527953
0,30000	2,46642	0,480952
0,40000	1,84047	0,358892
0,50000	1,44476	0,281728
0,75000	0,95494	0,186213
1,00000	0,64546	0,125865
1,50000	0,35479	0,069184
2,00000	0,23070	0,044987

Tabella 3.13 – Valori dello spettro di risposta del Comune di Cesena

Nella prima colonna della Tabella 3.13 sono riportati i valori del periodo proprio T, espresso in secondi, nella seconda i valori di accelerazione spettrale normalizzata al valore di

accelerazione massima orizzontale (PGA), espressa in frazione dell'accelerazione di gravità  $g$  (pari a  $9,81\text{m/s}^2$ ), al corrispondente periodo  $T$ .

Lo spettro di risposta isoprobabile (cfr. Fig. 3.12) è ottenuto moltiplicando i valori della seconda colonna della Tabella 3.13 per il valore di  $a_{\text{refg}}$  relativa al Comune di Cesena e pari a  $0,195\text{ g (m/sec}^2\text{)}$ .

L'azione sismica così individuata è poi da adeguare alle effettive condizioni locali, ovvero alla risposta sismica locale (RSL) tramite opportuni coefficienti moltiplicativi.

Infatti, in assenza di "terreno rigido orizzontale", occorre tener conto degli effetti locali, legati alle diverse situazioni geologico, geomorfologiche, litologiche e strutturali del territorio secondo le categorie schematiche sotto riportate:

- a) siti in vicinanza a faglie (sismogenetiche e non, attive o inattive) e ad altre importanti discontinuità nell'ammasso roccioso:
  - possibilità di deformazioni a taglio non tollerabili dalle opere;
- b) siti con possibili fenomeni di instabilità, per cause e secondo modalità diverse:
  - innesco di frane (sia quiescenti, sia di neoformazione);
  - fenomeni di liquefazione di depositi sabbiosi saturi;
  - addensamento di depositi non coesivi sciolti;
  - cedimenti in terreni coesivi poco consistenti (anche se asciutti);
- c) siti con possibile amplificazione della risposta sismica:
  1. depositi alluvionali con spessori maggiori di 5 metri su substrato roccioso;
    - effetti stratigrafici;
  2. depositi detritici, su substrato ad andamento irregolare;
    - effetti di bordo:
  3. sommità di rilievi, creste, promontori, orli di terrazzi morfologici, parti superiori di versanti acclivi:
    - effetti topografici.

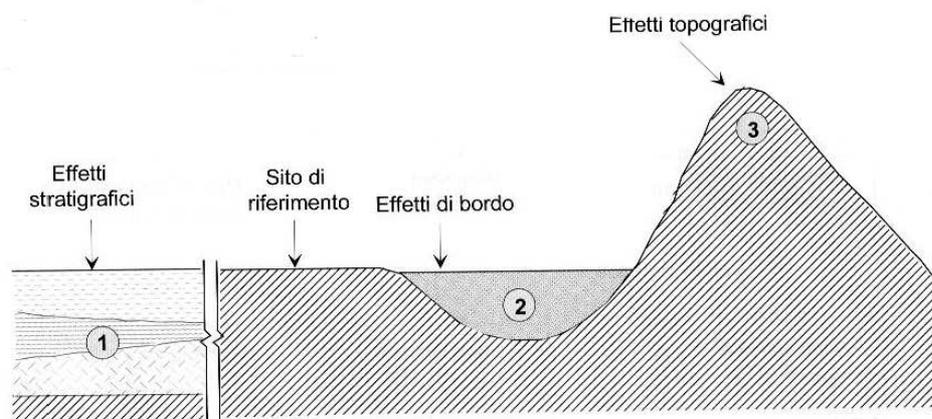


Figura 3.14 - Rappresentazione schematica dei fattori di amplificazione dell'azione sismica

L'area in esame è soggetta ad un'attività sismica media indotta sia da terremoti documentati con epicentro nell'ambito del territorio provinciale sia, di riflesso, dagli eventi più intensi provenienti dalle aree limitrofe. Nell'area non sono presenti faglie superficiali, discontinuità o cavità tali da indurre un incremento della pericolosità sismica.

Con riferimento allo schema riportato in Figura 3.14, presentando il sito d'intervento una morfologia pianeggiante (pendenze  $\lll 15^\circ$ ), ed essendo i depositi sedimentari presenti caratterizzati da una geometria di tipo tabulare e spessori uniformi (assenza di effetti di bordo), l'unico elemento che governa l'amplificazione della risposta sismica locale è dato unicamente dalle caratteristiche stratigrafiche dei depositi superficiali presenti nell'area (lett. c p.to 1 dello schema sopra).

Ciò risulta in pieno accordo alle indicazioni riportate nella Tav. 6 "Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali" del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale.

Quale analisi propedeutica alla stesura del quadro conoscitivo del PSC l'Amministrazione comunale ha recentemente concluso uno studio di Microzonazione Sismica esteso all'intero territorio comunale. Secondo il citato studio il sito interessato dalla previsione attuativa in parola si caratterizza per i seguenti parametri sismo-tecnici:

1. frequenze di amplificazione per risonanza dei terreni:
  - 1.1. frequenze di risonanza nell'intervallo  $0.7 \leq f \leq 5$  Hz: **1.5 Hz < F<sub>0</sub> ≤ 3 Hz con Amp >2.5;**
  - 1.2. frequenze di risonanza nell'intervallo  $5 < f \leq 10$  Hz: **5 Hz < F<sub>1</sub> ≤ 7 Hz con Amp < 2.5**
2. velocità delle onde di taglio: **150 < V<sub>s30</sub> < 200 m/s**
3. fattori di amplificazione secondo gli ICMS (2008):
  - 3.1. Fa fattore di amplificazione dello spettro dell'accelerazione a basso periodo (in prossimità del periodo proprio al quale si verifica il massimo della risposta in accelerazione): **1.9 + 2.0;**
  - 3.2. Fv fattore di amplificazione dello spettro di velocità a periodo proprio, per il quale si verifica la massima risposta in pseudo velocità: **1.5 + 1.6;**
4. fattori di amplificazione secondo l'Atto di Indirizzo per la MZS in Emilia Romagna (DAL 112/2007):
  - 4.1. FaPGA<sub>0</sub>, fattore di amplificazione di PGA<sub>0</sub>, (Peak Ground Acceleration, accelerazione sismica di picco al bedrock): **1.5 + 1.6;**
  - 4.2. Fa<sub>0.1-0.5s</sub> dell'intensità spettrale Is nell'intervallo di periodo 0.1-0.5 s: **1.7+1.8;**
  - 4.3. Fa<sub>0.5-1s</sub> dell'intensità spettrale Is nell'intervallo di periodo **0.5-1 s: 2.3 + 2.4.**

### 3.5. Risposta sismica locale

La delibera dell'Assemblea Legislativa della RER 112/2007, in accordo con l'Eurocodice 8 ed il D.M. 14 gennaio 2008, stabilisce che la valutazione dell'effetto della risposta sismica locale, ovvero dei Fattori di Amplificazione (F.A.), deve essere condotta mediante specifiche analisi che permettano la definizione dello spessore del deposito di copertura e della profondità del bedrock (H) e della velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato ( $V_{sH}$  e  $V_{s30}$ ) del deposito di copertura secondo le formule di seguito riportate:

$$V_{s_{MEDIA}} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

H = spessore totale (in metri) dei terreni di copertura o profondità del bedrock

$h_i$  = spessore (in metri) dello strato i-esimo (fino al bedrock)

$V_{s_i}$  = velocità (in m/s) dello strato i-esimo (fino al bedrock);

$$V_{s_{30}} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

$h_i$  = spessore (in metri) dello strato i-esimo (fino alla profondità di 30 m);

$V_{s_i}$  = velocità (in m/s) dello strato i-esimo (fino alla profondità di 30 m).

L'obiettivo che ci si prefigge è quello di effettuare una stima quantitativa della risposta sismica locale (RSL) così come previsto dagli "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territorio e urbanistica".

Il modello sismico monodimensionale ( $V_s$ -profondità) costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni litostratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base.

L'attuale normativa sismica (D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni") individua cinque categorie di sottosuolo in base ai valori della velocità equivalente delle onde di taglio entro i primi trenta metri sotto le fondazioni ( $V_{s30}$ ) e due categorie per le quali è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione dell'azione sismica di sito.

*Descrizione*

- A) *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s,30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.*
- B) *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 e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).*
- C) *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 e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT_{,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).*
- D) *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 e da valori di  $V_{s,30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero  $NSPT_{,30} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina).*
- E) *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).*
- S1) *Depositati di terreni caratterizzati da valori di  $V_{s,30}$  inferiori a 100 m/s (ovvero  $10 < c_{u,30} < 20$  kPa), 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.*
- S2) *Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.*

*Tabella 3.15 - Categorie di suolo di fondazione - D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni"*

La valutazione della risposta sismica locale dell'intervento di trasformazione urbanistica in esame è stata condotta utilizzando un'indagine geofisica sviluppata HVSR che ha consentito la determinazione del parametro  $V_{s30}$  attraverso la ricostruzione sintetica del rapporto H/V. Utilizzando le tabelle dell'Allegato A2 della Delibera RER 112/2007 sono stati poi determinati i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento. Questi fattori sono espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI0) per prefissati intervalli di periodi.

In Figura 3.16 è indicata con apposito simbolismo l'ubicazione della prova HVSR assunta a riferimento per la determinazione dei caratteri sismici dell'area del PPIP. Il suddetto stralcio cartografico è tratto dalla "Carta delle Indagini" del citato studio di Microzonazione Sismica Comunale dove sono altresì individuate le prove effettuate sul comparto PIPP 13 Calisese con la codifica assunta nella Relazione Geologico-Tecnica redatta dal Dott. Angelo Angeli nell'anno 2001. L'indagine sismica, visibile al margine basso della figura, è stata realizzata in posizione molto prossima all'area in esame (circa 50 metri dal limite del comparto) e per tale motivo è stata ritenuta ben esemplificativa dei parametri sismici anche del conterminare sedime del comparto ritenendo superfluo il ricorso ad una prova ad hoc.

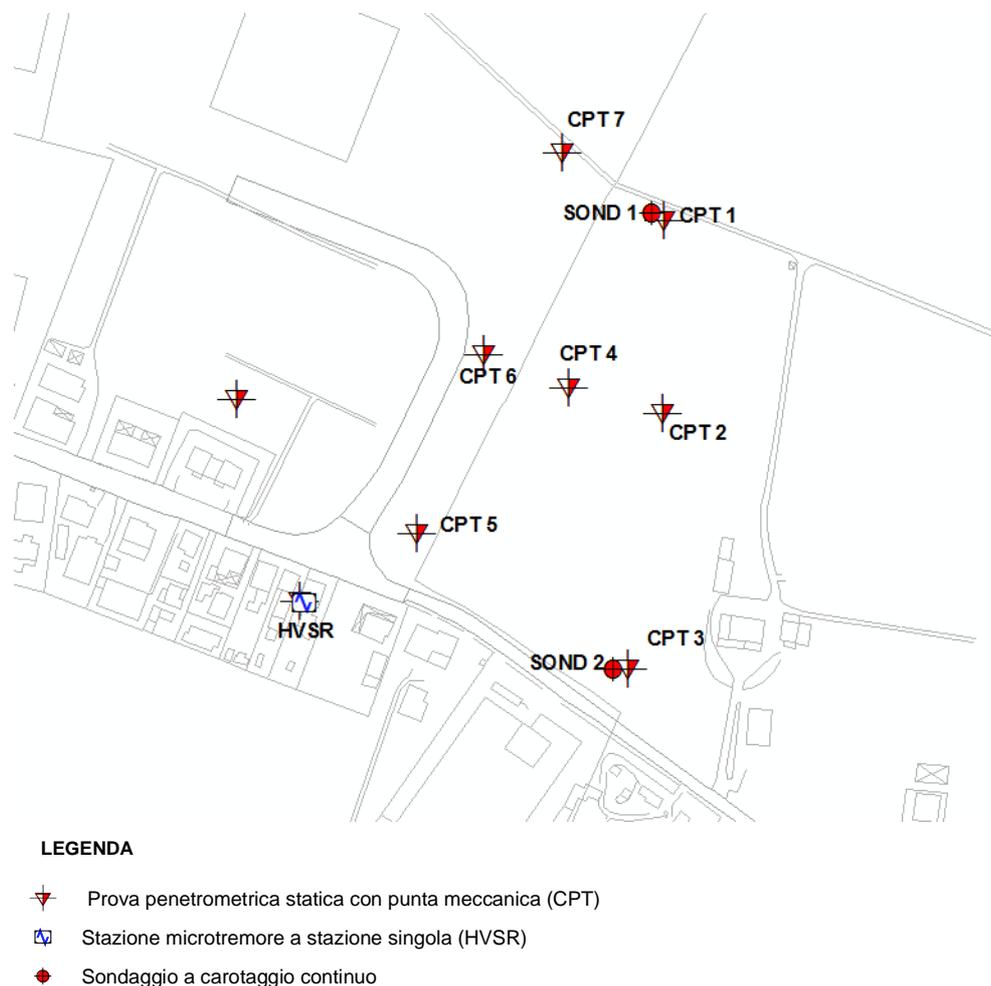


Figura 3.16 - Ubicazione prova sismica HVSR rispetto area PPIP

Nel grafico qui di seguito è mostrato lo spettro H/V di acquisizione dei microtremori.

Strumento: TEP-0111/01-10  
Inizio registrazione: 16/05/11 11:40:42 Fine registrazione: 16/05/11 12:00:43  
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
Posizione GPS: 012°18.4190 E, 44°06.0209 N (39.2 m)  
(tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di acquisizione + 0 campioni  
Num. satelliti: 04  
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 87% tracciato (selezione manuale)  
Freq. campionamento: 128 Hz  
Lunghezza finestre: 20 s  
Tipo di lisciamento: Triangular window  
Lisciamento: 10%

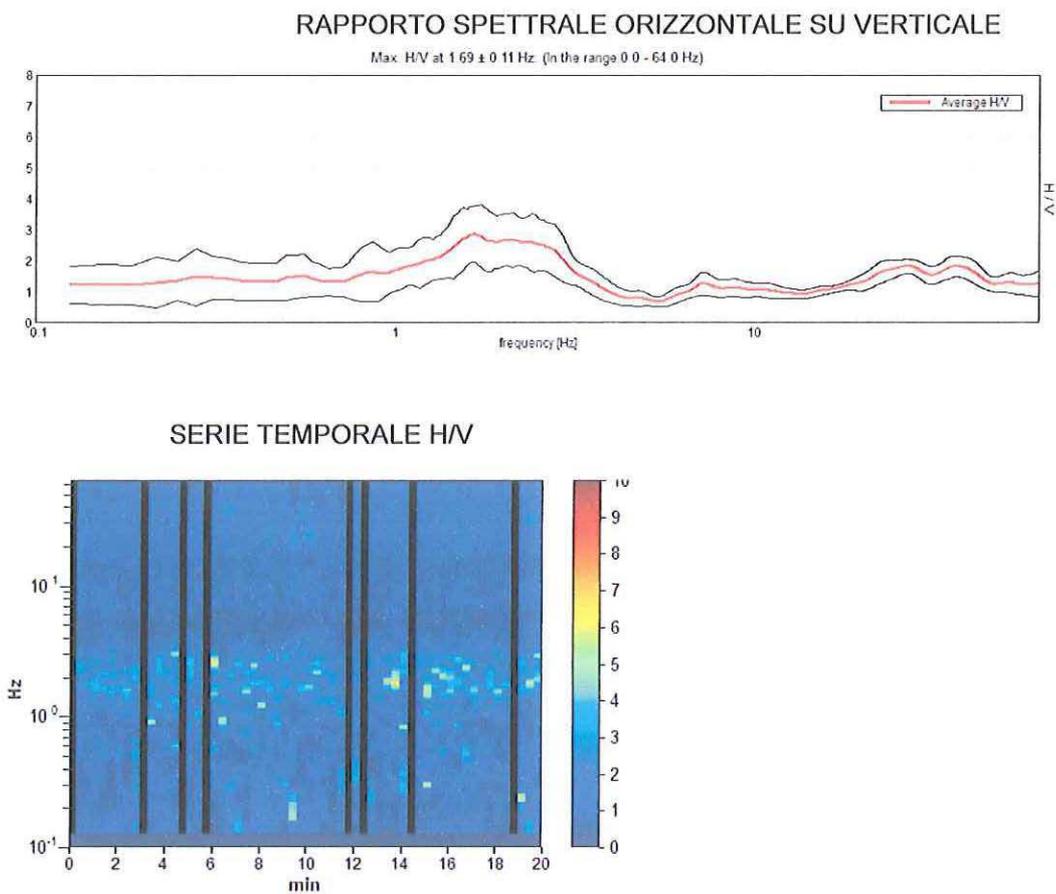


Figura 3.17 - Curva H/V e graficazione GRILLA prova microtremori

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

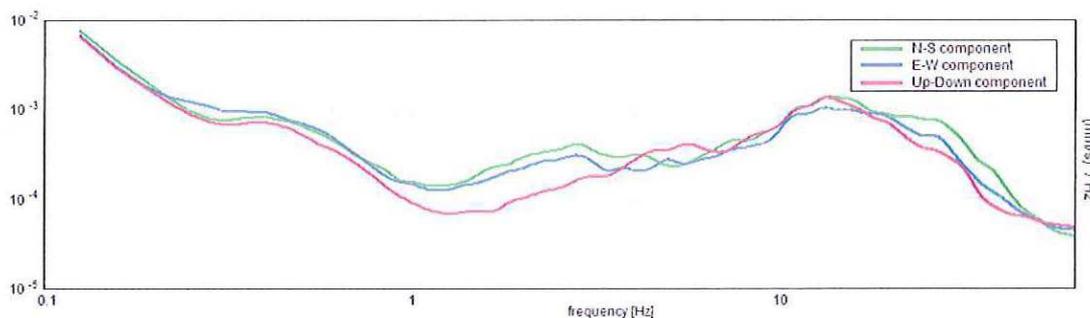


Figura 3.18 – Spettri delle singole componenti

H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

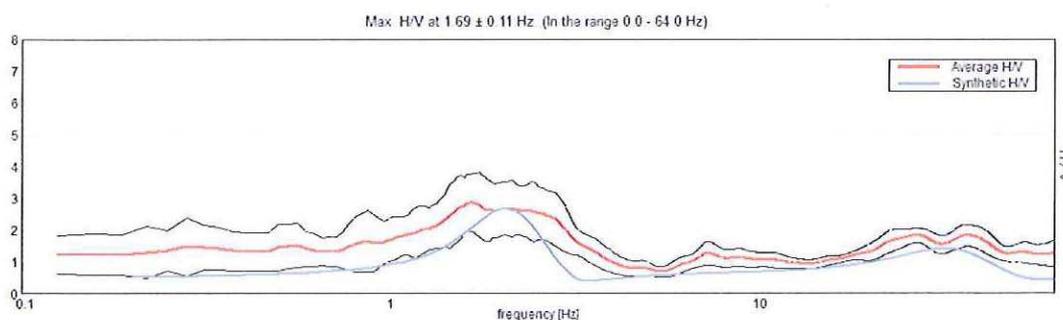
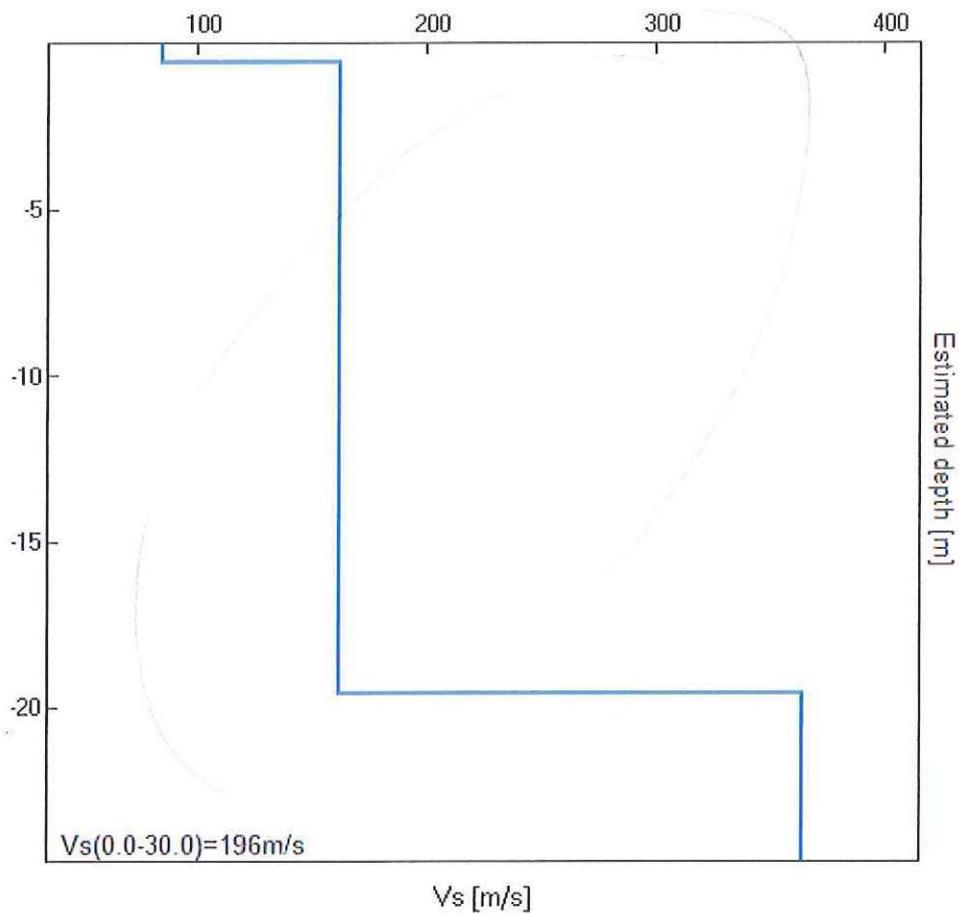


Figura 3.19 - Confronto tra curva H/V sperimentale (rosso) registrata nel sito e curva teorica (blu) relativa al modello di sottosuolo proposto per il sito

Il picco fondamentale di risonanza è stato rilevato ad una frequenza a 1.69 Hz ( $H/V \approx 3$ ). A frequenze superiori ai 10 Hz la curva H/V presenta lievi variazioni della planarità legate alla presenza di stratificazioni a basso contrasto di impedenza presenti all'interno del volume di terreno complessivamente investigato. Il primo picco per intensità al di sopra di tale soglia (10 Hz) è rilevato ad una frequenza di 33 Hz ( $H/V \approx 2$ ). Si tratta di amplificazioni a frequenze molto elevate associabili a contrasti di rigidezza molto superficiali collocabili nel primo metro circa di profondità dal p.c. attuale. (l'andamento della curva H/V a frequenze così alte può essere influenzato dallo stato di sovraconsolidazione per essiccamento del terreno posto in prossimità della superficie).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.60	0.60	85
19.60	19.00	162
inf.	inf.	365

Vs(0.0-30.0)=196m/s

Figura 3.20 - Modello di velocità delle onde di taglio S proposto per il sito in esame

In base al modello proposto in Fig. 3.20 è stato calcolato un valore caratteristico della **Vs<sub>30</sub>** = **196 m/s**.

La Categoria di suolo determinata sulla base dei risultati della prova geofisica descritta (media ponderata della velocità equivalente di propagazione delle onde S entro i primi 30 m di profondità) secondo approccio semplificato da NTC 2008 è risultata:

● **da quota p.c. su cui è stato eseguito il profilo: C ( $V_{s30} = 196$  m/s)**

L'incertezza sul valore calcolato di  $V_{s30}$  è dell'ordine del 20% (cfr. Mulargia e Castellaro, 2009, Seism. Res. Lett., 80, 985-989).

Secondo l'interpretazione assunta il profilo di velocità delle onde S è caratterizzato da valori di  $V_s$  tipici di materiali da poco a mediamente consistenti (es: argille limose poco consistenti o sabbie poco addensate) fino a circa 20 metri dal piano di campagna ( $V_s < 200$  m/s). A profondità maggiori la  $V_s$  aumenta probabilmente in relazione alla presenza di litotipi granulari addensati, come desumibile da alcune prove CPT che hanno raggiunto tale profondità, ovvero per la presenza del substrato considerata la prossimità dell'area investigata al margine appenninico.

I risultati ottenuti mostrano un valore della velocità delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri di sottosuolo ( $V_{s30}$ ) tale da associare i suoli indagati nella categoria di suolo C con valori assoluti di velocità prossimi al limite inferiore della categoria di riferimento (180 m/sec).

In accordo con l'assetto stratigrafico profondo che caratterizza l'area i fattori di amplificazione applicati sono riferibili alla tipologia dell'allegato 2 della delibera RER 112/2007 "Ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da presenza di potenti orizzonti di ghiaie (anche decine di metri) e da alternanze di sabbie e peliti, con substrato poco profondo (< 100 m da p.c.) (PIANURA 1)". In funzione della velocità di propagazione delle onde S misurata ( $V_{s30}$ ) sono riportati i fattori di amplificazione a queste corrispondenti.

F.A. P.G.A.

$V_{s30}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.2	1.0	1.0

Nelle verifiche alla liquefazione è stato pertanto utilizzato il valore di PGA pari a 1.7 corrispondente al valore di velocità  $V_{s30}$  pari a 200 m/sec molto prossimo a quello calcolato mediante l'elaborazione della prova dei microtremiti ( $V_{s30}$  196 m/s).

Si evidenzia come il valore del fattore di amplificazione sopra assunto (1.7) risulti cautelativo rispetto a quello determinato nell'analisi di MZS comunale il quale definisce, secondo le metodologie dell'Atto di Indirizzo per la MZS in Emilia Romagna (DAL 112/2007),

una  $F_{a_{PGA0}}$  (Peak Ground Acceleration, accelerazione sismica di picco al bedrock) compreso tra 1.5 e 1.6.

### 3.6. Normativa sismica nazionale D.M. 14/01/2008

Le Norme Tecniche per le costruzioni del D.M. 14/01/2008 (NTC08) hanno modificato le modalità di valutazione delle azioni di progetto. In particolare nel documento sulla pericolosità sismica (Allegato A – NTC08), l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta quindi in modo da renderla compatibile con le NTC ed è definibile con un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali.

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni  $a_g$  e dai parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

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

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

#### Valori dei parametri $a_g$ , $F_0$ , $T_C^*$ per i periodi di ritorno $T_R$ associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0.056	2.448	0.266
SLD	50	0.071	2.427	0.283
SLV	475	0.191	2.427	0.311
SLC	975	0.248	2.457	0.319

Infatti nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite (SL), sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le

apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

L'azione sismica così individuata è poi da adeguare alle effettive condizioni locali infatti, in assenza di "terreno rigido orizzontale", occorre tener conto degli effetti locali, legati alle diverse situazioni geologico, morfologiche (topografiche), litologiche del territorio.

L'attuale normativa sismica (D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni") individua cinque categorie di sottosuolo in base ai valori della velocità equivalente delle onde di taglio entro i primi trenta metri sotto le fondazioni ( $V_{s30}$ ) e due categorie per le quali è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione dell'azione sismica di sito (cfr. *Tabella 8.3*).

Nel D.M. 14 gennaio 2008 è previsto uno spettro di risposta elastico dell'accelerazione, per la componente orizzontale del moto, caratterizzato dal seguente andamento:

$$a(g) = a_g S \eta F_0 \left[ \frac{T}{T_b} + \frac{1}{\eta F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_b} \right) \right] \text{ per } 0 \leq T < T_b; \quad a(g) = a_g S \eta F_0 \text{ per } T_b \leq T < T_c$$

$$a(g) = a_g S \eta F_0 \left( \frac{T_c}{T} \right) \text{ per } T_c \leq T < T_d; \quad a(g) = a_g S \eta F_0 \left( \frac{T_c T_d}{T^2} \right) \text{ per } T_d \leq T.$$

La grandezza  $a_g$  esprime l'accelerazione di picco nel bedrock in g, ottenute dalla apposite tabelle regionali. Il parametro  $\eta$  è il fattore di correzione per lo smorzamento viscoso ed è

$$\text{dato da: } \eta = \left[ \frac{10}{5 + \xi} \right]^{0.5} \geq 0.55.$$

S è una grandezza data dal prodotto:  $S = S_s S_t$ , dove  $S_s$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica e  $S_t$  il coefficiente di amplificazione topografico, ricavabili dalle tabelle seguenti.

Categoria sottosuolo	$S_s$
<b>A</b>	1,00
<b>B</b>	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_0 a_g \leq 1,20$
<b>C</b>	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_0 a_g \leq 1,50$
<b>D</b>	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_0 a_g \leq 1,80$
<b>E</b>	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_0 a_g \leq 1,60$

Le classi A, B, C, D ed E si riferiscono alla classificazione del sito da un punto di vista stratigrafico e litologico secondo il D.M. 14 gennaio 2008.

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera	$S_t$
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ .	-	1,00
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ .	Sommità del pendio	1,20
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ .	Cresta del rilievo	1,20
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ .	Cresta del rilievo	1,40

$F_0$  è l'amplificazione spettrale massima, su bedrock orizzontale, e ha un valore minimo di 2,2; si ricava, come  $a_g$ , dalla tabella allegata al D.M.14 gennaio 2008 (allegato B).

$T_c$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da:

$$T_c = C_c T_c^*$$

in cui  $T_c^*$  è un parametro fornito nell'allegato B del D.M. 14 gennaio 2008, mentre  $C_c$  si ottiene, in funzione della categoria del sottosuolo, con la seguente tabella:

Categoria sottosuolo	C <sub>c</sub>
<b>A</b>	1,00
<b>B</b>	1,10(T <sub>c</sub> *) <sup>-0,20</sup>
<b>C</b>	1,05(T <sub>c</sub> *) <sup>-0,33</sup>
<b>D</b>	1,25(T <sub>c</sub> *) <sup>-0,50</sup>
<b>E</b>	1,15(T <sub>c</sub> *) <sup>-0,40</sup>

I parametri T<sub>b</sub> e T<sub>d</sub> sono correlati a T<sub>c</sub> attraverso le seguenti relazioni:  $T_b = \frac{T_c}{3}$ ; Dallo spettro di risposta elastico dell'accelerazione si ricava lo spettro di risposta dello spostamento, applicando, per ogni periodo T, la relazione:

$$u = a(g)g \left( \frac{T}{2\pi} \right)^2$$

dove g è l'accelerazione di gravità (981 cm/s<sup>2</sup>). Lo spettro di risposta elastico verticale si ottiene con le stesse relazioni viste per quello orizzontale, sostituendo il parametro F<sub>0</sub> con la grandezza F<sub>v</sub>, data da:

$$F_v = 1,35F_0 a_g^{0,5}$$

I parametri a<sub>g</sub>, F<sub>0</sub> e T<sub>c</sub>\* sono ricavati dall'allegato B del D.M. in funzione del tempo di ritorno (Tr) preso in considerazione. Il parametro Tr viene ricavato dalla seguente relazione:

$$Tr(anni) = - \frac{V_r}{\ln(1 - P_{V_r})}$$

in cui V<sub>r</sub> è la vita di riferimento dell'opera e P<sub>V<sub>r</sub></sub> la probabilità di superamento legata allo stato limite di calcolo (vedere tabelle precedentemente riportate). Il parametro P<sub>V<sub>r</sub></sub> è in funzione dello stato limite considerato, secondo la seguente tabella:

Stati Limite	P <sub>V<sub>r</sub></sub>
Stato Limite di Operatività (SLO):	0,81
Stato Limite di Danno (SLD):	0,63
Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):	0,10
Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):	0,05

Tabella 8.5 - Probabilità di superamento P<sub>V<sub>r</sub></sub> al variare dello stato limite considerato da NTC 2008

### **Spettri di risposta elastici per lo stato limite ultimo SLV**

Nelle pagine successive si riportano parametri e spettri di risposta, relativi all'area indagata in funzione della caratterizzazione stratigrafica e topografica del sito d'intervento e del periodo di riferimento (V<sub>r</sub> = 50 anni) delle prevedibili strutture realizzabili su questa desunti

dal foglio di calcolo Spettri NTC ver.1.0.3. fornito dal sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

L'accelerazione sismica massima prevista nel sito in esame  $a_{max} = a_g \cdot S$  (espressa in  $m/s^2$ ), per lo stato limite ultimo considerato (SLV – stato limite di salvaguardia della vita) e per suoli di tipo "C", con accelerazione di picco per suoli di tipo "A" pari ad  $a_g = 1.874 m/s^2$ , con fattore stratigrafico  $SS = 1.410$  e con fattore topografico  $ST = 1.00$ , risulta  $a_{max} = 2.642 m/s^2 = 0.269 g$ .

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_d$	0.191 g
$F_0$	2.427
$T_c^*$	0.311 s
$S_s$	1.422
$C_c$	1.543
$S_T$	1.000
$q$	2.400

**Parametri dipendenti**

$S$	1.422
$\eta$	0.417
$T_B$	0.160 s
$T_C$	0.481 s
$T_D$	2.363 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

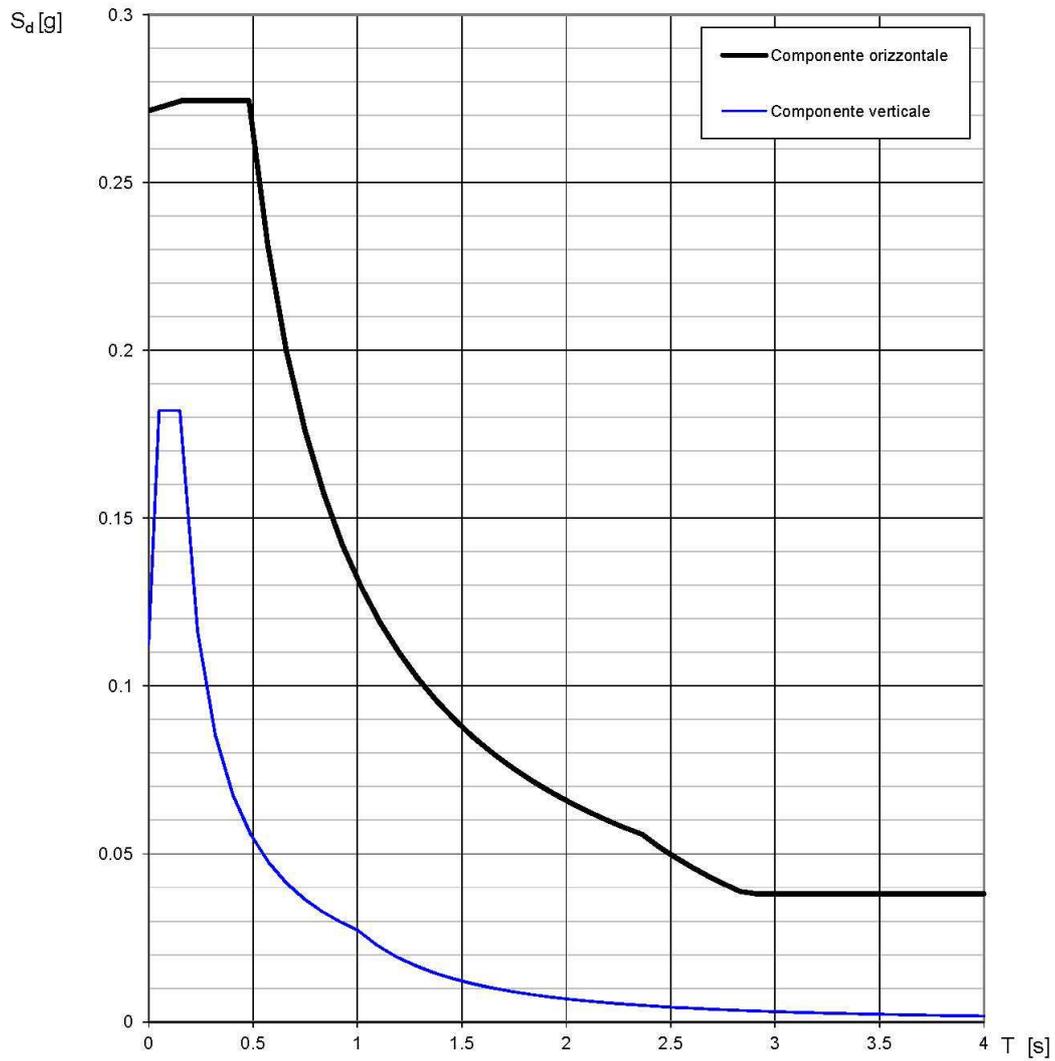
$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.271
$T_B$ ←	0.160	0.274
$T_C$ ←	0.481	0.274
	0.570	0.231
	0.660	0.200
	0.750	0.176
	0.839	0.157
	0.929	0.142
	1.018	0.129
	1.108	0.119
	1.198	0.110
	1.287	0.102
	1.377	0.096
	1.467	0.090
	1.556	0.085
	1.646	0.080
	1.736	0.076
	1.825	0.072
	1.915	0.069
	2.005	0.066
	2.094	0.063
	2.184	0.060
	2.274	0.058
$T_D$ ←	2.363	0.056
	2.441	0.052
	2.519	0.049
	2.597	0.046
	2.675	0.044
	2.753	0.041
	2.831	0.039
	2.909	0.038
	2.987	0.038
	3.065	0.038
	3.143	0.038
	3.221	0.038
	3.299	0.038
	3.376	0.038
	3.454	0.038
	3.532	0.038
	3.610	0.038
	3.688	0.038
	3.766	0.038
	3.844	0.038
	3.922	0.038
	4.000	0.038

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**



#### 4. Suscettibilità alla liquefazione dei terreni

In merito alla possibile liquefazione dei terreni occorre premettere che la suscettibilità a tale fenomeno da parte dei terreni è condizionato da alcuni caratteri generali, quali la morfologia, l'età del deposito, le caratteristiche delle vibrazioni e delle sollecitazioni sismiche e non meno importante dalla storia delle sollecitazioni sismiche.

Il rischio di liquefazione dei terreni in caso di sisma è inoltre dipendente da diversi parametri specifici, difficilmente quantizzabili, unanimemente riconosciuti nelle caratteristiche geotecniche del terreno (grado di sovraconsolidazione, granulometria, addensamento delle sabbie, pressione interstiziale iniziale, condizioni di drenaggio e pressione di confinamento). Kishida ritiene, infatti, non vi sia pericolo di liquefazione per pressioni di confinamento superiore a  $2.00 \text{ kg/cm}^2$ , corrispondente ad una profondità del deposito superiore ai 15.00 metri.

La verifica alla liquefazione richiede la stima: del "fattore scatenante" (evento sismico atteso), dei "fattori predisponenti" (caratteristiche meccaniche dei sedimenti), e dei possibili "effetti" sulle strutture esistenti o di progetto.

Per le considerazioni svolte nei paragrafi precedenti le caratteristiche dell'evento sismico atteso sono definite da una magnitudo  $M_w = 6,14$  e da un'accelerazione  $a_{max} = 0,3315 \text{ g}$  nel caso si consideri lo spettro di ancoraggio ed il fattore di amplificazione desunti dall'Allegato II della DAL 112/2007, ovvero  $a_{max} = 0,269 \text{ g}$  nell'ipotesi di assunzione degli spettri calcolati secondo il foglio di calcolo NTC ver.1.0.3. disponibile sul sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, rispettivamente per valori della  $V_{S30} \approx 200 \text{ m/sec}$  ovvero per suoli di categoria di suolo "C".

La liquefazione nei terreni si manifesta sostanzialmente con la fluidificazione degli stessi con conseguente perdita della resistenza al taglio, addensamento e conseguente riduzione di volume. Il fenomeno è ipotizzabile per terremoti con magnitudo  $M_w$  superiore a 5.0, con accelerazioni massime al sito  $a_{max} > 0.10 \text{ g}$  e di durata maggiore di 15 sec, per terreni granulari (incoerenti) saturi, non consolidati, con densità relativa  $DR < 40\%$  e con granulometria uniforme e medio-fine, come ad esempio limi, sabbie fini di depositi recente e terreni di riporto. Il fenomeno è del tutto improbabile per sabbie inglobanti ghiaie o ciottoli e nei terreni a grana fine (limi argillosi, argille limose e argille).

La vigente normativa tecnica per le costruzioni (NTC08) precisa che la verifica a liquefazione può essere omessa quando ricorre almeno una delle seguenti condizioni:

- 1) eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
- 2) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di  $0,1 \text{ g}$ ;

- 3) profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni dirette superficiali;
- 4) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$ , dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 5) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 4.1 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  (a) e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$  (b), dove  $U_c = D_{60}/D_{10}$  con  $D_{60}$  diametro equivalente passante al 60% e  $D_{10}$  diametro equivalente passante al 10%.

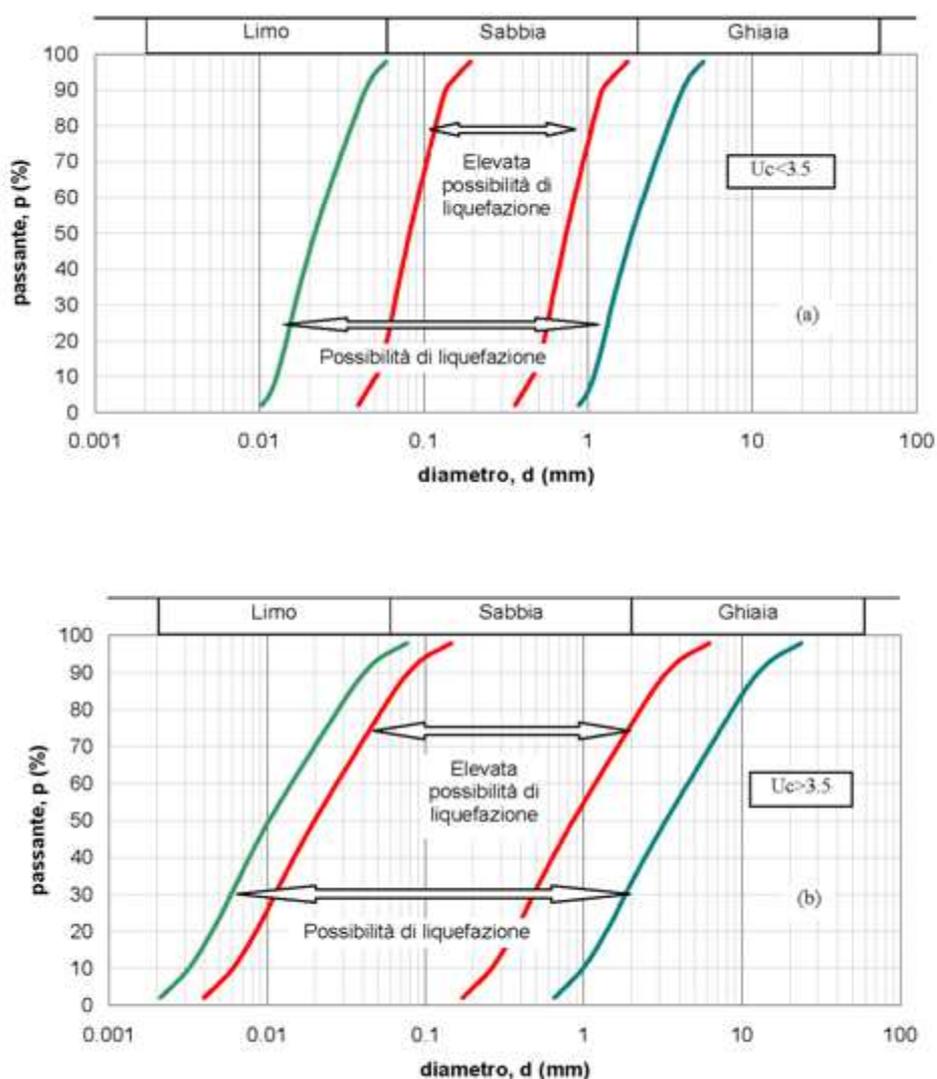


Figura 4.1 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (da AGI, 2005)

Nel caso in cui non siano soddisfatte le condizioni 1 e 2, come nella situazione in esame, le indagini geotecniche devono essere quindi finalizzate alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 3, 4 e 5.

Ciò detto è opportuno precisare che tra i fattori predisponenti figura, quale elemento fondamentale, il livello della falda, ovvero la sussistenza di una condizione di saturazione dei livelli potenzialmente liquefacibili. L'accertamento del livello di falda, effettuata contestualmente all'esecuzione delle prove penetrometriche (maggio 2001), ha rilevato la presenza di una falda freatica superficiale attestata ad una profondità variabile in funzione dei punti di prova compresa tra i - 1.60 metri dal p.c. sulla verticale di prova CPT 7 e - 2.70 metri dal piano di campagna in corrispondenza della prova CPT 5. Questa situazione ammette pertanto la possibilità di liquefazione in caso di sisma dei livelli potenzialmente liquefacibili presenti nella serie stratigrafica che caratterizza l'area del PPIP di Calisese.

La serie stratigrafica desunta dalle 7 prove penetrometriche di tipo statico effettuate all'interno del perimetro del comparto evidenzia la presenza, dopo lo strato vegetale, di uno strato argilloso-limoso nettamente sovraconsolidato di circa 5 metri di spessore. Unicamente sulla verticale di prova CPT 7 lo spessore si riduce a 3.5 metri. Segue uno strato di 2-3 metri di spessore costituito in genere da un'alternanza di strati sabbioso-limosi e di strati limoso-argillosi. Solo nella prova CPT 7 questo strato è costituito da sabbia-limosa passante in basso a sabbia. Inferiormente si accerta nella serie litostratigrafica fino a 10-12 metri dal p.c. terreno argilloso-limoso e limoso-argilloso di consistenza variabile da molle a media, in alcune prove, compatta in altre. Nella prova CPT 3, dopo uno strato di argilla-limosa da 9 metri a 11 metri circa di profondità, sono stati attraversati fino a 20 metri di profondità un banco di sabbia limosa con livelletti limoso-argillosi. La prova CPT 7 da 13.5 a 15 metri ha attraversato uno strato di argilla molto compatta che rappresenta, presumibilmente, un antico paleosuolo. La prova CPT 1 ha attraversato uno strato di sabbia fra i 17 ed i 19 metri di profondità e poi è entrata in uno strato di argilla molto compatta. Anche prove CPT 2 e CPT 5 hanno raggiunto uno strato di argilla compatta rispettivamente a 8 metri ed a 12.50 metri di profondità.

Per la valutazione della propensione alla liquefazione dei depositi esistono criteri empirici qualitativi o semiquantitativi basati sulle caratteristiche geologiche e stratigrafiche dei terreni. Questi criteri sono spesso utilizzati per la microzonazione sismica a scala urbanistica. I criteri empirici hanno tratto origine dall'osservazione di alcune correlazioni fra età, origine, livelli freatici, morfologia dei depositi, e grado di danneggiamento rilevato nelle costruzioni durante i forti terremoti.

Secondo Youd et Al. (1978) la suscettibilità alla liquefazione dei depositi che connotano l'area di studio, basati sull'età del deposito e sulla profondità della falda, è da ritenersi molto debole.

Un ulteriore criterio di stima della probabilità di liquefazione del deposito nel suo complesso, o meglio dell'estensione della liquefazione in superficie, è basato sul valore del rapporto fra lo spessore dello strato superficiale non liquefacibile e quello sottostante potenzialmente liquefacibile, secondo una regola empirica ottenuta esaminando i casi di liquefazione verificati a Bucarest nel 1977.

Indicando con  $H_1$  lo strato superiore non liquefacibile (comprendente cioè eventuali strati argillosi, ghiaiosi o sabbiosi non saturi) e con  $H_2$  lo spessore dello strato liquefacibile, coerentemente alla situazione litostratigrafica presente in sito, se:

$$H_1 > 7 \text{ metri}$$

$$H_2 < 3 \text{ metri}$$

è stato dimostrato da Ishihara (1985) come una eventuale liquefazione del deposito sottostante non comporta danni per liquefazione in superficie per terremoti con accelerazioni di 400-500 gal. Tali valori di accelerazione sono pienamente compatibili a quelli attesi per il sito d'indagine come risultano dalla valutazione della Risposta Sismica Locale (RSL) precedentemente sviluppata.

I criteri empirici sopra indicati, benché utili per valutazioni di massima, non offrono che indicazioni approssimate sulla resistenza dei terreni alla liquefazione. La verifica di stabilità dei depositi, ancorché condotta con metodi semplificati, deve infatti basarsi sul confronto fra gli stati tensionali indotti dalle onde sismiche nella loro propagazione e quelli che producono liquefazione o livelli di deformazione critici. Il metodo analitico di tipo semplificato che di seguito viene sviluppato effettua tale confronto con riferimento alla condizione ultima, prescindendo quindi dalle pressioni interstiziali e dalle deformazioni che si sviluppano durante il sisma.

La probabilità di liquefazione dei litotipi che qualificano la serie stratigrafica afferente il comparto sarà nel seguito sviluppata per via analitica attraverso la ricerca del fattore di sicurezza alla liquefazione dei terreni in caso di sisma limitatamente allo spessore saturo coincidente con la serie entro falda. La verifica alla liquefazione è stata condotta per tutte e sette le verticali di prova definite dalle prove di tipo statico le quali hanno raggiunto profondità variabili da un massimo di 20 metri per due di queste (CPT 1, CPT 3), quella minima di 12 metri per le prove CPT 2 e CPT 6, i 14 metri per la prova CPT 4 ed infine i 15 metri delle prove CPT 5 e CPT 7.

La resistenza del deposito alla liquefazione è valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione, espresso dal rapporto fra la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e la sollecitazione di taglio massima, ovvero attraverso la ricerca del fattore di sicurezza desunto dal rapporto fra la capacità di resistenza alla liquefazione, espressa in termini di resistenza ciclica,  $R = CRR$ , e la domanda di resistenza alla liquefazione, espressa in termini di rapporto di tensione ciclica,  $L = CSR$ , ovvero:

$$F_L = R/L = CRR/CSR$$

La ricerca del fattore di resistenza alla liquefazione è stato condotto sulle intere colonne stratigrafiche investigate dalle prove penetrometriche statiche (CPT1 ÷ CPT7) utilizzando il metodo di ROBERTSON & WRIDE [1998].

Il parametro di carico sismico, ovvero il profilo del rapporto di tensione ciclica equivalente ad un terremoto di magnitudo 7.5, può essere stimato con la seguente equazione semplificata proposta da Seed ed Idriss (1982).

$$CSR_{7.5} = \tau_{AV} / \sigma'_{vo} = 0.65 \cdot (a_{max} / g) \cdot (\sigma_{vo} / \sigma'_{vo}) \cdot r_d$$

dove:

- $a_{max}$  è il picco di accelerazione orizzontale in superficie prodotto dal terremoto assunta pari a  $a_{max} = 0,3315 \text{ g}$  (valore assunto con i parametri indicati dalla DAL 112/2007);
- $g$  è l'accelerazione di gravità ( $9.81 \text{ m/sec}^2$ );
- $\sigma_{vo}$  e  $\sigma'_{vo}$  sono rispettivamente le tensioni verticali litostatiche ed efficaci;
- $r_d$  è un coefficiente di riduzione delle tensioni;

$$r_d = 1 - 0.00765 z \quad \text{per } z < 9.15 \text{ metri}$$

$$r_d = 1.174 - 0.0267 z \quad \text{per } 9.15 < z < 23 \text{ metri}$$

dove  $z$  è la profondità del piano campagna.

L'espressione sopra è valida per sismi di magnitudo 7.5 quindi per magnitudo attese diverse occorre dividere la stessa per un fattore correttivo MSF – Magnitudo Scaling Factor ricavabile dalle sottostanti relazioni (YOUUD et al. 2001):

$$(1) \quad MSF = \frac{10^{2.24}}{M_w^{2.56}} + \left( \frac{M_w}{7.5} \right)^{-3.3} \quad \text{se } M_w = < 7,5$$

$$(2) \quad MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}} \quad \text{se } M_w = > 7,5$$

Nel nostro caso, per le considerazioni espresse nel paragrafo relativo alla sismicità dell'area, la magnitudo massima prevedibile nell'area è stimata uguale a  $M_w = 6.14$  applicando la (1) si ricava un fattore correttivo (MSF) pari a **1,802**.

Per la classificazione dei terreni da prove penetrometriche statiche è stato utilizzato un diagramma bilogaritmico (Robertson 1990) avente in ascissa il rapporto di attrito normalizzato:

$$F = fs / (qc - \sigma_{vo}) \times 100$$

e in ordinata la resistenza di punta normalizzata adimensionale

$$Q = (q_c - \sigma_{vo}) / \sigma'_{vo}$$

Per identificare i terreni si è calcolato:

$$I_c = [(\log F + 1.22)^2 + (\log Q - 3.47)^2]^{1/2}$$

La resistenza alla punta è stata corretta per tener conto dell'influenza della pressione verticale efficace alla profondità della prova e normalizzata utilizzando la seguente equazione:

$$q_{c1N} = C_q \cdot q_c / Pa \quad \text{con } C_q = (Pa / \sigma'_{vo})^n$$

Il valore di n dipende dalle caratteristiche granulometriche del terreno ed è compreso tra 0,5 per le sabbie e 1 per le argille. Se il valore  $I_c$  calcolato risulta  $> 2,6$  si assume  $q_{c1N} = Q = q_c / \sigma'_{vo}$  che equivale ad assumere  $n = 1$ . Se invece risulta  $I_c < 2,6$  si calcola il valore  $q_{c1N}$  utilizzando il valore  $n = 0,5$ , poi si calcola il nuovo valore di  $I_c$ . Se il valore di  $I_c$  così calcolato è ancora minore di 2,6 viene eseguito il calcolo definitivo di  $q_{c1N}$  assumendo il valore di  $n = 0,75$ .

Il valore ottenuto di  $q_{c1N}$  viene poi corretto per tener conto del contenuto di fini non trascurabile delle sabbie applicando un coefficiente correttivo:  $(q_{c1N})_{cs} = K_c \cdot q_{c1N}$ .

La frazione fine (FC %) può essere stimata tramite la seguente formulazione:

$$FC = 1.75 \cdot I_c^{3.25} - 3.7$$

La correzione effettuata per tenere in considerazione l'effetto della presenza della frazione fine si sviluppa mediante la determinazione del fattore correttivo  $K_c$  la cui determinazione assunta è la seguente:

$$K_c = -0.403 \cdot I_c^4 + 5.581 \cdot I_c^3 - 21.63 \cdot I_c^2 + 33.75 \cdot I_c - 17.88 \quad \text{per } I_c > 1.64$$

$$K_c = 1 \quad \text{per } I_c \leq 1.64$$

Si ricorda che devono essere esclusi dall'analisi:

- gli strati di terreno ubicati al di sopra della falda (*non suscettibili di liquefazione da un punto di vista fisico*);
- i terreni per i quali il valore calcolato dell'indice  $I_c$  alla fine della procedura iterativa risulti maggiore di 2.6 (*non suscettibili di liquefazione da un punto di vista litologico*);
- i terreni per i quali il valore di resistenza normalizzato stimato  $(q_{c1N})_{cs}$  risulti maggiore di 160 (*non suscettibili di liquefazione da un punto di vista meccanico*).

Da ultimo la resistenza alla liquefazione da prova CPT, valida per terremoto di magnitudo 7.5 e per sabbia pulita proposta da Robertson e Wride e descritta dalla seguente equazione, in cui  $q_{c1N}$  rappresenta la resistenza penetrometrica di punta corretta e normalizzata:

$$\begin{aligned} (q_{c1N})_{CS} < 50 & \quad CRR = 0.833 [(q_{c1N})_{CS} / 1000] + 0.05 \\ (q_{c1N})_{CS} > 50 & \quad CRR = 93 [(q_{c1N})_{CS} / 1000]^3 + 0.08 \end{aligned}$$

Il calcolo del fattore di sicurezza (FSL = R/L = CRR/CSR) è stato condotto nell'ipotesi di accelerazioni al suolo di **0,3315** g. Secondo le normative europea (EC8) e italiana è suscettibile di liquefazione un terreno in cui lo sforzo di taglio generato dal terremoto supera l'80% dello sforzo critico (CSR > 0.80 CRR) che ha provocato liquefazione durante terremoti passati e quindi deve risultare FSL 1.25.

Ottenuto il valore del fattore di sicurezza alla liquefazione (FSL=CSR/CRR) è stato calcolato l'indice del potenziale di liquefazione (LPI) definito secondo la seguente modalità (Iwasaki et al, 1982):

$$LPI = \int_0^{z_{crit.}} F_{SL}(z)w(z)dz$$

$$w(z) = 10 - \frac{1}{2}z$$

La funzione F(z) esprime il potenziale di liquefazione per ciascun strato e viene calcolata in funzione del fattore di sicurezza. Considerato che il valore discriminante assunto è maggiore di 1, è necessario modificare l'espressione di F(z) adottando la forma funzionale proposta da SONMEZ [2003] che propone un raccordo ragionevole con quella tradizionalmente utilizzata [IWASAKI et al., 1982] e tiene conto allo stesso tempo del valore discriminante più cautelativo considerato per il fattore di sicurezza (FSL = 1.4):

$$F(z) = \begin{cases} 0 & \text{per FSL} > 1.4 \\ 2 \cdot 10^6 e^{-18.427 \cdot FSL} & \text{per } 0.95 < \text{FSL} \leq 1.4 \\ 1 - \text{FSL} & \text{per FSL} < 0.95 \end{cases}$$

Una volta determinato il valore dell'indice del potenziale di liquefazione per la verticale considerata, è possibile associare al sito corrispondente una classe di pericolosità, secondo la classificazione proposta da [SONMEZ 2003] e sotto riportata:

Indice del potenziale di liquefazione <b>LPI</b>	Pericolosità di liquefazione
LPI=0	Nulla
0 < LPI < 2	Bassa
2 < LPI < 5	Moderata
5 < LPI < 15	Alta
LPI > 15	Molto Alta

E' stato infine calcolato per ciascuna verticale di prova il valore di probabilità di inizio liquefazione secondo JUANG et. al. [2002] i quali hanno ricostruito una legge diretta di corrispondenza tra il valore di probabilità di inizio liquefazione,  $P_L$ , ottenuto a partire dal database contenente i casi di liquefazione e non liquefazione osservati in occasione dei terremoti più forti e più recenti e le misure CPT effettuate (in corrispondenza degli strati ritenuti critici ai fini della liquefazione), alle variabili ( $q_c$ ,  $f_s$ ,  $\sigma_{v0}$ ,  $\sigma'_{v0}$ ,  $M_w$ ,  $a_{max}$ ) ed il valore del fattore di sicurezza (FSL) ottenuto in modo deterministico sempre utilizzando il metodo di ROBERTSON & WRIDE:

$$P_L = \frac{1}{1 + \left(\frac{FSL}{A}\right)^B}$$

con  $A = 1.0$  e  $B = 3.3$ .

In appendice al presente elaborato sono graficati su diagrammi cartesiani, riassunti per ciascuna verticale di prova CPT, i seguenti diagrammi:

- $q_{c1N} / (q_{c1N})_{cs}$ ;
- Contenuto di Fini (FC%)
- CSR/CRR;
- Fattore di Sicurezza alla Liquefazione (FSL);
- Indice del Potenziale di Liquefazione (LPI);
- Probabilità di inizio Liquefazione ( $P_L$ ).

I risultati ottenuti mostrano una propensione alla liquefazione dei terreni afferenti l'area d'intervento specie in corrispondenza delle verticali di prova CPT 1 - CPT 3 e CPT 5. In particolare la prova CPT 1 mostra un fattore di sicurezza nei confronti della liquefazione inferiore a 1.25 in corrispondenza dello strato di sabbia presente fra i 17 ed i 19 metri di profondità. Analogamente sulla verticale di prova CPT 3 il diagramma del valore del fattore di sicurezza alla liquefazione (FSL) indica una sequenza di valori inferiori a 1.25, a partire dai 6 metri di profondità fino ad oltre i 18 metri, con minimi assoluti attestati, generalmente, poco al di sotto dell'unità. La prova CPT 5 mostra una suscettibilità alla liquefazione tra i 5 ed i 9 metri di profondità dove la serie stratigrafica mostra una fitta alternanza di sabbie limose. In questa verticale (CPT5) il fattore di sicurezza alla liquefazione assume comunque, tranne un punto, valori sempre al di sopra dell'unità.

Per tutte e sette le verticali verificate l'indice di potenziale liquefazione (LPI) si attesta sempre in classi di pericolosità alla liquefazione compresi tra nulla e bassa.

## 5. CONCLUSIONI

L'ambito territoriale afferente il sedime del comparto denominato PPIP 13 Calisese è soggetta ad un'attività sismica media, indotta sia da terremoti documentati con epicentro nell'ambito del territorio provinciale sia, di riflesso, dagli eventi più intensi provenienti dalle province limitrofe.

Nell'area non sono presenti faglie superficiali, discontinuità o cavità tali da indurre un pericolo sismico aggiuntivo. Non sono inoltre prevedibili fenomeni di amplificazione locale dell'accelerazione sismica dovuti all'assetto topografico o ad effetti di bordo.

La zona sismica di riferimento è la "zona 2".

L'analisi sismica, desunta dalle risultanze di una prova dei rapporti spettrali (HVSR), evidenzia valori di  $V_{s30}$  (velocità media di propagazione entro i primi 30 metri di profondità delle onde di taglio) pari a 196 m/sec consentendo di attribuire ai terreni di fondazione la categoria di suolo di fondazione "C".

In relazione all'assetto stratigrafico l'area è interessata un'amplificazione sismica locale.

Seguendo le procedure di secondo livello di approfondimento fornite dalla Delibera dell'Assemblea legislativa della Regione Emilia-Romagna 112/2007 si desumono, per i terreni qualificanti l'area, ed ascrivibili alla tipologia dell'allegato 2 della citata delibera "Ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da presenza di potenti orizzonti di ghiaie (anche decine di metri) e da alternanze di sabbie e peliti, con substrato poco profondo (< 100 m da p.c.) (PIANURA 1)", fattori di amplificazione (FA) in termini di "Peak ground acceleration" (PGA) pari a **1.7**, mentre in termini di intensità spettrale pari a **1.9**, per l'intervallo spettrale compreso tra 0.1 - 0.5 secondi, e di **2.6** per quello compreso tra 0.5 - 1.0 secondi.

Analogamente i moduli dei medesimi parametri sismici, desunti dallo studio di MZS promosso dall'Amministrazione comunale quale supporto del nuovo strumento urbanistico (PSC), in fase di redazione, e realizzato dalla Prof.ssa Silvia Castellaro di UNIBO, risultano per l'area in questione i seguenti:  $FaPGA_0 = 1.5 + 1.6$  - intensità spettrale  $Fa_{0.1-0.5s} = 1.7+1.8$  - Intensità spettrale  $Fa_{0.5-1s} = 2.3 + 2.4$ .

Le verifiche alla suscettività alla liquefazione dei terreni caratterizzanti l'area d'indagine sono state effettuate assumendo parametri molto cautelativi specie per quanto concerne il modulo dell'accelerazione, assunto pari a  $a_{max} = 0,3315 \text{ g}$ , in luogo del più ridotto 0,269 g desumibile attraverso le formulazione delle NTC 2008, nonché del Fattore di Amplificazione

(FA), assunto pari a 1,7 (PIANURA 1). Conseguentemente i risultati ottenuti, desunti attraverso l'assunzione di condizioni pari al massimo scuotimento atteso, corrispondenti a condizioni di massima severità non necessariamente coincidenti all'effettiva intensità dell'evento sismico, connotano una sovrastima del rischio di liquefazione dei terreni.

Assumendo un fattore di correzione rispetto alla magnitudo di riferimento ( $M_w=7.5$ ) pari a  $MSF=1.802$  il fattore di sicurezza alla liquefazione ( $FSL=CSR/CRR=1.25$ ) non risulta superato per alcune delle complessive 7 verticali di prova effettuate sul comparto tramite prove penetrometriche di tipo statico. In particolare non risulta soddisfatto il superamento del fattore di sicurezza alla liquefazione per alcuni livelli stratigrafici in corrispondenza delle verticali di prova CPT 1 - CPT 3 e CPT 5, come meglio evidenziato nei diagrammi allegati in appendice al presente rapporto.

Per contro la determinazione del potenziale di liquefazione (LPI), in questo caso assumendo un valore discriminante più cautelativo del fattore di sicurezza ( $FSL = 1.4$ ), accerta anche per le situazioni più critiche sopra evidenziate (CPT 1 - CPT 3 - CPT 5) classi di pericolosità alla liquefazione comprese tra nulla e bassa.

Ad un accertata pericolosità alla liquefazione nulla/bassa occorre evidenziare, altresì, come le verifiche svolte siano state basate su una serie di prove penetrometriche diversamente ubicate all'interno del comparto, alcune delle quali non coincidenti con i previsti sedimi edificatori come graficamente rappresentati nella planimetria di progetto (vedi Fig. 1.1) dove sono riportati i limiti dei lotti. Ad esempio le prove CPT 1 e CPT 3, alle quali corrispondono le condizioni di massima suscettività alla liquefazione, sono ubicate in settori del comparto destinate a parcheggio pubblico, pertanto ad una accertata pericolosità non corrispondono alle condizioni poste della trasformazione urbanistica effettive condizioni di rischio per le strutture derivanti dalla liquefazione dei terreni di fondazione.

Dato atto della puntiformità e densità delle indagini geognostiche promosse sul comparto, e non essendo oggi noti i dettagli progettuali che caratterizzeranno l'intervento edificatorio sullo stesso, è opportuno, preliminarmente alla trasformazione edilizia dell'area l'esecuzione di un'indagine geologico-tecnica, sulla base delle indicazioni del DM 11/3/88 e del DM 14/1/2008, nonché delle prescrizioni dell'AGI (1977) e degli Eurocodici 7 e 8, che precisi la profondità dei piani di posa, definisca la tipologia fondale più appropriata e le relative capacità portanti nonché le interazioni edificio/terreno.

Rilevata la spiccata variabilità litologica laterale, oltreché verticale, anche su brevi distanze dei terreni afferenti il comparto, come desumibile dalla Relazione Geologica-Tecnica Dott. A. Angeli 2001, in ragione dei peculiari processi morfogenetici che hanno originato il deposito sedimentario, è opportuno, nella fase esecutiva delle previsioni edificatorie disposte dal piano attuativo, promuovere puntuali ed approfondite indagini, secondo le indicazioni del

DM 14/1/2008, in corrispondenza degli effettivi sedimi di edificazione. Sarà quindi necessario valutare, a valle della modellazione geologica e geotecnica, la suscettività alla liquefazione dei terreni fondali. In ragione dei risultati delle indagini e verifiche svolte sarà responsabilità del progettista strutturale esaminare le effettive condizioni di rischio alla liquefazione, e le corrispondenti classi di pericolosità, disponendo interventi di miglioramento delle caratteristiche dei terreni di fondazione, tali da ridurre al minimo la compressibilità e la tendenza alla liquefazione dei terreni (*vedi tecniche di Vibroflottazione o Vibrocompattazione*), od altresì prevedere profondità dei piani di posa delle strutture fondali, ovvero tipologie di fondazione di tipo indirette, tali da annullare danni alle strutture derivanti dall'eventuale liquefazione dei terreni.

Cesena, Luglio 2015

*Geologo*  
Dott. Alessandro Biondi

**ALLEGATI:**

- Tabulati prove penetrometriche CPT1 ÷ CPT7;
- Elaborazione prove penetrometriche CPT1 ÷ CPT7:
  - $q_{c1N} / (q_{c1N})_{cs}$ ;
  - Contenuto di Fini (FC%)
  - CSR/CRR;
  - Fattore di Sicurezza alla Liquefazione (FSL);
  - Indice del Potenziale di Liquefazione (LPI);
  - Probabilità di inizio Liquefazione ( $P_L$ ).

Attrezzo		Cone Penetration Test				
10T Gouda		Results plot				
		CPT.1/01				
Falda:		Lottizzazione Calise				
-2.00 m		Max depth	20	data:	04/05/2001	
		Increment	0.20			
Letture		Depth, z	qc	fs	qc/fs	(fs/qc)x100
A	B	m	kg/cmq	kg/cmq		
7		0.2	14			
6	10	0.4	12	0.82	15	6.85
7	13	0.6	14	0.96	15	6.85
9	16	0.8	18	1.1	16	6.09
13	21	1	26	1.51	17	5.8
12	23	1.2	24	1.64	15	6.85
12	24	1.4	24	1.51	16	6.28
11	22	1.6	22	1.23	18	5.6
17	26	1.8	34	1.1	31	3.22
8	16	2	16	0.82	19	5.14
12	18	2.2	24	1.37	18	5.71
12	22	2.4	24	1.37	18	5.71
13	23	2.6	26	1.37	19	5.27
12	22	2.8	24	1.37	18	5.71
10	20	3	20	1.37	15	6.85
10	20	3.2	20	1.23	16	6.16
15	24	3.4	30	1.51	20	5.02
11	22	3.6	22	1.37	16	6.23
11	21	3.8	22	1.23	18	5.6
10	19	4	20	0.96	21	4.79
8	15	4.2	16	0.82	19	5.14
8	14	4.4	16	0.82	19	5.14
6	12	4.6	12	0.68	18	5.71
10	15	4.8	20	0.41	49	2.05
7	10	5	14	0.41	34	2.94
8	11	5.2	16	0.55	29	3.42
16	20	5.4	32	0.41	78	1.28
7	10	5.6	14	0.68	20	4.89
6	11	5.8	12	0.41	29	3.42
7	10	6	14	0.68	20	4.89
7	12	6.2	14	0.55	26	3.91
8	12	6.4	16	0.55	29	3.42
8	12	6.6	16	0.55	29	3.42
7	11	6.8	14	0.55	26	3.91
8	12	7	16	0.55	29	3.42
6	10	7.2	12	0.41	29	3.42
5	8	7.4	10	0.41	24	4.11
5	8	7.6	10	0.41	24	4.11
7	10	7.8	14	0.41	34	2.94
7	10	8	14	0.55	26	3.91
6	10	8.2	12	0.41	29	3.42
6	9	8.4	12	0.55	22	4.57
9	13	8.6	18	0.96	19	5.33
8	15	8.8	16	0.68	23	4.28
4	9	9	8	0.41	19	5.14
10	13	9.2	20	0.68	29	3.42

10	15	9.4	20	0.41	49	2.05
9	12	9.6	18	0.68	26	3.81
9	14	9.8	18	0.96	19	5.33
9	16	10	18	0.96	19	5.33
9	16	10.2	18	0.96	19	5.33
7	14	10.4	14	0.82	17	5.87
5	11	10.6	10	0.55	18	5.48
8	12	10.8	16	0.55	29	3.42
8	12	11	16	0.82	19	5.14
6	12	11.2	12	0.55	22	4.57
7	11	11.4	14	0.68	20	4.89
6	11	11.6	12	0.55	22	4.57
6	10	11.8	12	0.55	22	4.57
8	12	12	16	0.55	29	3.42
14	18	12.2	28	0.68	41	2.45
7	12	12.4	14	0.68	20	4.89
7	12	12.6	14	0.68	20	4.89
6	11	12.8	12	0.55	22	4.57
5	9	13	10	0.55	18	5.48
11	15	13.2	22	0.82	27	3.74
10	16	13.4	20	1.1	18	5.48
10	18	13.6	20	0.96	21	4.79
9	16	13.8	18	0.96	19	5.33
13	20	14	26	1.51	17	5.8
15	26	14.2	30	1.51	20	5.02
18	29	14.4	36	1.64	22	4.57
14	26	14.6	28	1.51	19	5.38
9	20	14.8	18	0.68	26	3.81
11	16	15	22	0.96	23	4.36
13	20	15.2	26	1.1	24	4.21
15	23	15.4	30	0.82	37	2.74
9	15	15.6	18	0.82	22	4.57
6	12	15.8	12	0.55	22	4.57
5	9	16	10	0.68	15	6.85
8	13	16.2	16	0.96	17	5.99
12	19	16.4	24	0.96	25	4
10	17	16.6	20	1.1	18	5.48
28	36	16.8	56	0.96	58	1.71
18	25	17	36	0.96	38	2.66
42	49	17.2	84	1.37	61	1.63
32	42	17.4	64	1.23	52	1.93
48	57	17.6	96	1.78	54	1.86
50	63	17.8	100	1.92	52	1.92
52	66	18	104	2.05	51	1.98
32	47	18.2	64	3.29	19	5.14
44	68	18.4	88	2.05	43	2.33
50	65	18.6	100	1.92	52	1.92
18	32	18.8	36	-0.14	-263	-0.38
33	32	19	66	1.37	48	2.08
12	22	19.2	24	1.37	18	5.71
14	24	19.4	28	1.51	19	5.38
14	25	19.6	28	1.51	19	5.38
14	25	19.8	28	1.23	23	4.4
17	26	20	34			

Attrezzo		Cone Penetration Test				
10T Gouda		Results plot				
		CPT.2/01				
Falda: -2.40 m		Lottizzazione Calisese				
		Max depth	12	data:	08/05/2001	
		Increment	0.20			
Letture		Depth, z	qc	fs	qc/fs	(fs/qc)x100
A	B	m	kg/cmq	kg/cmq		
5		0.20	10			
4	8	0.40	8	0.55	15	6.85
4	8	0.60	8	0.41	19	5.14
7	10	0.80	14	0.55	26	3.91
8	12	1.00	16	0.96	17	5.99
8	15	1.20	16	0.96	17	5.99
8	15	1.40	16	0.68	23	4.28
6	11	1.60	12	0.68	18	5.71
6	11	1.80	12	0.68	18	5.71
10	15	2.00	20	0.68	29	3.42
8	13	2.20	16	0.68	23	4.28
11	16	2.40	22	0.82	27	3.74
13	19	2.60	26	1.10	24	4.21
12	20	2.80	24	1.37	18	5.71
12	22	3.00	24	1.37	18	5.71
13	23	3.20	26	1.51	17	5.80
13	24	3.40	26	1.23	21	4.74
9	18	3.60	18	0.96	19	5.33
11	18	3.80	22	0.96	23	4.36
7	14	4.00	14	0.68	20	4.89
11	16	4.20	22	0.55	40	2.49
15	19	4.40	30	0.55	55	1.83
14	18	4.60	28	0.68	41	2.45
11	16	4.80	22	0.68	32	3.11
16	21	5.00	32	1.10	29	3.42
10	18	5.20	20	0.82	24	4.11
16	22	5.40	32	0.82	39	2.57
22	28	5.60	44	0.82	54	1.87
15	21	5.80	30	0.96	31	3.20
13	20	6.00	26	1.10	24	4.21
13	21	6.20	26	0.68	38	2.63
15	20	6.40	30	0.82	37	2.74
16	22	6.60	32	1.23	26	3.85
11	20	6.80	22	0.68	32	3.11
7	12	7.00	14	0.68	20	4.89
4	9	7.20	8	0.41	19	5.14
5	8	7.40	10	0.41	24	4.11
5	8	7.60	10	0.41	24	4.11
6	9	7.80	12	0.68	18	5.71
10	15	8.00	20	0.82	24	4.11
11	17	8.20	22	0.82	27	3.74
14	20	8.40	28	0.55	51	1.96
24	28	8.60	48	1.23	39	2.57
15	24	8.80	30	0.82	37	2.74
12	18	9.00	24	0.82	29	3.42
10	16	9.20	20	0.68	29	3.42
10	15	9.40	20	0.68	29	3.42

11	16	9.60	22	0.82	27	3.74
11	17	9.80	22	0.82	27	3.74
10	16	10.00	20	0.68	29	3.42
8	13	10.20	16	0.55	29	3.42
14	18	10.40	28	1.37	20	4.89
10	20	10.60	20	0.68	29	3.42
11	16	10.80	22	0.68	32	3.11
9	14	11.00	18	0.82	22	4.57
10	16	11.20	20	0.68	29	3.42
12	17	11.40	24	0.68	35	2.85
12	17	11.60	24	0.96	25	4.00
13	20	11.80	26	0.82	32	3.16
13	19	12.00	26			

Attrezzo  
10T Gouda

**Cone Penetration Test**  
**Results plot**  
**CPT.3/2001**

Fralda:  
-2.50 m

**Lottizzazione Calisese**

Max depth 20 data: 08/05/2001  
Increment 0.2

Letture		Depth, z	qc	fs	qc/fs	(fs/qc)x100
A	B	m	kg/cmq	kg/cmq		
4		0.2	8			
3	6	0.4	6	0.41	15	6.85
4	7	0.6	8	0.55	15	6.85
5	9	0.8	10	0.55	18	5.48
7	11	1	14	0.68	20	4.89
9	14	1.2	18	0.82	22	4.57
10	16	1.4	20	0.82	24	4.11
18	24	1.6	36	0.68	53	1.9
9	14	1.8	18	0.82	22	4.57
8	14	2	16	0.68	23	4.28
8	13	2.2	16	0.68	23	4.28
10	15	2.4	20	0.82	24	4.11
6	12	2.6	12	0.68	18	5.71
11	16	2.8	22	0.82	27	3.74
13	19	3	26	1.23	21	4.74
11	20	3.2	22	1.1	20	4.98
17	25	3.4	34	1.23	28	3.63
16	25	3.6	32	1.37	23	4.28
11	21	3.8	22	1.1	20	4.98
14	22	4	28	1.1	26	3.91
10	18	4.2	20	0.82	24	4.11
13	19	4.4	26	1.1	24	4.21
9	17	4.6	18	0.82	22	4.57
9	15	4.8	18	0.82	22	4.57
10	16	5	20	0.96	21	4.79
8	15	5.2	16	0.68	23	4.28
17	22	5.4	34	0.82	41	2.42
27	33	5.6	54	1.1	49	2.03
13	21	5.8	26	1.1	24	4.21
23	31	6	46	0.96	48	2.08
24	31	6.2	48	1.23	39	2.57
24	33	6.4	48	0.96	50	2
25	32	6.6	50	0.82	61	1.64
28	34	6.8	56	1.37	41	2.45
30	40	7	60	0.96	63	1.6
25	32	7.2	50	1.1	46	2.19
14	22	7.4	28	1.1	26	3.91
20	28	7.6	40	0.96	42	2.4
12	19	7.8	24	1.23	19	5.14
12	21	8	24	1.1	22	4.57
22	30	8.2	44	0.96	46	2.18
26	33	8.4	52	1.37	38	2.63
28	38	8.6	56	1.1	51	1.96
22	30	8.8	44	1.1	40	2.49
22	30	9	44	0.96	46	2.18
11	18	9.2	22	1.1	20	4.98

10	18	9.4	20	0.82	24	4.11
12	18	9.6	24	0.82	29	3.42
9	15	9.8	18	0.68	26	3.81
9	14	10	18	0.55	33	3.04
9	13	10.2	18	0.55	33	3.04
9	13	10.4	18	0.68	26	3.81
8	13	10.6	16	0.68	23	4.28
8	13	10.8	16	0.82	19	5.14
8	14	11	16	2.05	8	12.84
22	37	11.2	44	1.23	36	2.8
36	45	11.4	72	1.1	66	1.52
40	48	11.6	80	1.51	53	1.88
52	63	11.8	104	1.64	63	1.58
28	40	12	56	1.78	31	3.18
38	51	12.2	76	1.51	50	1.98
12	23	12.4	24	1.23	19	5.14
36	45	12.6	72	1.64	44	2.28
18	30	12.8	36	1.37	26	3.81
18	28	13	36	0.96	38	2.66
26	33	13.2	52	1.37	38	2.63
22	32	13.4	44	1.92	23	4.36
20	34	13.6	40	1.51	27	3.77
19	30	13.8	38	0.96	40	2.52
16	23	14	32	1.78	18	5.57
14	27	14.2	28	1.37	20	4.89
21	31	14.4	42	0.96	44	2.28
25	32	14.6	50	1.23	41	2.47
26	35	14.8	52	1.37	38	2.63
24	34	15	48	1.23	39	2.57
29	38	15.2	58	1.23	47	2.13
15	24	15.4	30	1.64	18	5.48
22	34	15.6	44	1.37	32	3.11
33	43	15.8	66	1.64	40	2.49
41	53	16	82	1.92	43	2.34
41	55	16.2	82	2.05	40	2.51
50	65	16.4	100	1.92	52	1.92
36	50	16.6	72	1.37	53	1.9
40	50	16.8	80	1.23	65	1.54
80	89	17	160	2.05	78	1.28
25	40	17.2	50	1.92	26	3.84
32	46	17.4	64	2.19	29	3.42
36	52	17.6	72	1.37	53	1.9
18	28	17.8	36	1.51	24	4.19
13	24	18	26	1.37	19	5.27
28	38	18.2	56	1.64	34	2.94
22	34	18.4	44	2.19	20	4.98
18	34	18.6	36	1.51	24	4.19
62	73	18.8	124	2.33	53	1.88
95	112	19	190	2.19	87	1.15
25	41	19.2	50	2.74	18	5.48
20	40	19.4	40	1.1	37	2.74
13	21	19.6	26	1.23	21	4.74
12	21	19.8	24	1.1	22	4.57
22	30	20	44			

Attrezzo		Cone Penetration Test				
10T Gouda		Results plot				
		<b>CPT.4/2001</b>				
falda:		<b>Lottizzazione Calisese</b>				
-2.40 m		Max depth	14	data:	08/05/2001	
		Increment	0.2			
Letture		Depth, z	qc	fs	qc/fs	(fs/qc)x100
A	B	m	kg/cmq	kg/cmq		
3		0.2	6			
3	6	0.4	6	0.41	15	6.85
4	7	0.6	8	0.55	15	6.85
6	10	0.8	12	0.55	22	4.57
7	11	1	14	0.68	20	4.89
7	12	1.2	14	0.96	15	6.85
6	13	1.4	12	0.82	15	6.85
6	12	1.6	12	0.82	15	6.85
6	12	1.8	12	0.82	15	6.85
8	14	2	16	0.68	23	4.28
10	15	2.2	20	0.68	29	3.42
11	16	2.4	22	0.68	32	3.11
10	15	2.6	20	0.82	24	4.11
11	17	2.8	22	0.96	23	4.36
12	19	3	24	0.96	25	4
10	17	3.2	20	1.1	18	5.48
8	16	3.4	16	0.82	19	5.14
11	17	3.6	22	0.96	23	4.36
9	16	3.8	18	0.68	26	3.81
10	15	4	20	0.68	29	3.42
9	14	4.2	18	0.55	33	3.04
13	17	4.4	26	0.55	47	2.11
14	18	4.6	28	0.82	34	2.94
20	26	4.8	40	0.82	49	2.05
10	16	5	20	0.82	24	4.11
50	56	5.2	100	1.1	91	1.1
18	26	5.4	36	0.55	66	1.52
26	30	5.6	52	1.1	47	2.11
26	34	5.8	52	0.96	54	1.84
23	30	6	46	0.96	48	2.08
20	27	6.2	40	0.96	42	2.4
9	16	6.4	18	0.55	33	3.04
12	16	6.6	24	0.82	29	3.42
10	16	6.8	20	0.68	29	3.42
3	8	7	6	0.27	22	4.57
3	5	7.2	6	0.41	15	6.85
3	6	7.4	6	0.27	22	4.57
3	5	7.6	6	0.41	15	6.85
5	8	7.8	10	0.41	24	4.11
7	10	8	14	0.82	17	5.87
7	13	8.2	14	0.82	17	5.87
7	13	8.4	14	0.68	20	4.89
7	12	8.6	14	0.68	20	4.89
7	12	8.8	14	0.55	26	3.91
6	10	9	12	0.82	15	6.85
3	9	9.2	6	0.41	15	6.85
4	7	9.4	8	0.41	19	5.14

4	7	9.6	8	0.41	19	5.14
5	8	9.8	10	0.41	24	4.11
5	8	10	10	0.41	24	4.11
5	8	10.2	10	0.41	24	4.11
4	7	10.4	8	0.27	29	3.42
5	7	10.6	10	0.41	24	4.11
5	8	10.8	10	0.41	24	4.11
4	7	11	8	0.41	19	5.14
10	13	11.2	20	0.41	49	2.05
5	8	11.4	10	0.41	24	4.11
4	7	11.6	8	0.27	29	3.42
5	7	11.8	10	0.34	29	3.42
4	6.5	12	8	0.27	29	3.42
4	6	12.2	8	0.41	19	5.14
6	9	12.4	12	0.55	22	4.57
8	12	12.6	16	0.55	29	3.42
14	18	12.8	28	0.68	41	2.45
18	23	13	36	0.82	44	2.28
10	16	13.2	20	0.68	29	3.42
12	17	13.4	24	0.55	44	2.28
7	11	13.6	14	0.68	20	4.89
8	13	13.8	16	0.82	19	5.14
13	19	14	26			

Attrezzo		Cone Penetration Test				
10T Gouda		Results plot				
		<b>CPT.5/2001</b>				
falda:		<b>Lottizzazione Calisese</b>				
-2.60 m		Max depth	15	data:	08/05/2001	
		Increment	0.2			
Letture		Depth, z	qc	fs	qc/fs	(fs/qc)x100
A	B	m	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>		
3		0.2	6			
3	5	0.4	6	0.41	15	6.85
3	6	0.6	6	0.41	15	6.85
5	8	0.8	10	0.41	24	4.11
4	7	1	8	0.55	15	6.85
6	10	1.2	12	0.68	18	5.71
7	12	1.4	14	0.96	15	6.85
7	14	1.6	14	0.68	20	4.89
15	20	1.8	30	0.96	31	3.2
21	28	2	42	0.82	51	1.96
12	18	2.2	24	0.96	25	4
7	14	2.4	14	0.68	20	4.89
5	10	2.6	10	0.55	18	5.48
6	10	2.8	12	0.55	22	4.57
10	14	3	20	0.68	29	3.42
12	17	3.2	24	1.1	22	4.57
12	20	3.4	24	1.37	18	5.71
10	20	3.6	20	0.82	24	4.11
14	20	3.8	28	0.82	34	2.94
12	18	4	24	1.1	22	4.57
10	18	4.2	20	0.82	24	4.11
13	19	4.4	26	0.82	32	3.16
14	20	4.6	28	0.82	34	2.94
11	17	4.8	22	0.82	27	3.74
16	22	5	32	0.68	47	2.14
12	17	5.2	24	0.68	35	2.85
6	11	5.4	12	0.55	22	4.57
6	10	5.6	12	0.68	18	5.71
15	20	5.8	30	0.68	44	2.28
14	19	6	28	0.82	34	2.94
16	22	6.2	32	0.96	33	3
7	14	6.4	14	0.82	17	5.87
6	12	6.6	12	0.55	22	4.57
6	10	6.8	12	0.68	18	5.71
20	25	7	40	0.82	49	2.05
18	24	7.2	36	0.96	38	2.66
8	15	7.4	16	0.82	19	5.14
8	14	7.6	16	0.82	19	5.14
8	14	7.8	16	0.82	19	5.14
21	27	8	42	0.55	77	1.3
18	22	8.2	36	0.96	38	2.66
36	43	8.4	72	0.96	75	1.33
14	21	8.6	28	0.96	29	3.42
10	17	8.8	20	1.1	18	5.48
22	30	9	44	1.1	40	2.49
40	48	9.2	80	1.23	65	1.54
16	25	9.4	32	0.96	33	3

3	10	9.6	6	0.41	15	6.85
4	7	9.8	8	0.41	19	5.14
4	7	10	8	0.55	15	6.85
4	8	10.2	8	0.41	19	5.14
4	7	10.4	8	0.41	19	5.14
3	6	10.6	6	0.41	15	6.85
4	7	10.8	8	0.41	19	5.14
3	6	11	6	0.27	22	4.57
3	5	11.2	6	0.41	15	6.85
4	7	11.4	8	0.41	19	5.14
3	6	11.6	6	0.27	22	4.57
4	6	11.8	8	0.34	23	4.28
3.5	6	12	7	0.34	20	4.89
4	6.5	12.2	8	0.41	19	5.14
4	7	12.4	8	0.55	15	6.85
6	10	12.6	12	0.82	15	6.85
10	16	12.8	20	0.68	29	3.42
9	14	13	18	0.68	26	3.81
5	10	13.2	10	0.68	15	6.85
9	14	13.4	18	0.68	26	3.81
9	14	13.6	18	0.68	26	3.81
10	15	13.8	20	0.68	29	3.42
11	16	14	22	0.68	32	3.11
15	20	14.2	30	0.82	37	2.74
10	16	14.4	20	1.1	18	5.48
11	19	14.6	22	1.1	20	4.98
12	20	14.8	24	1.1	22	4.57
11	19	15	22			

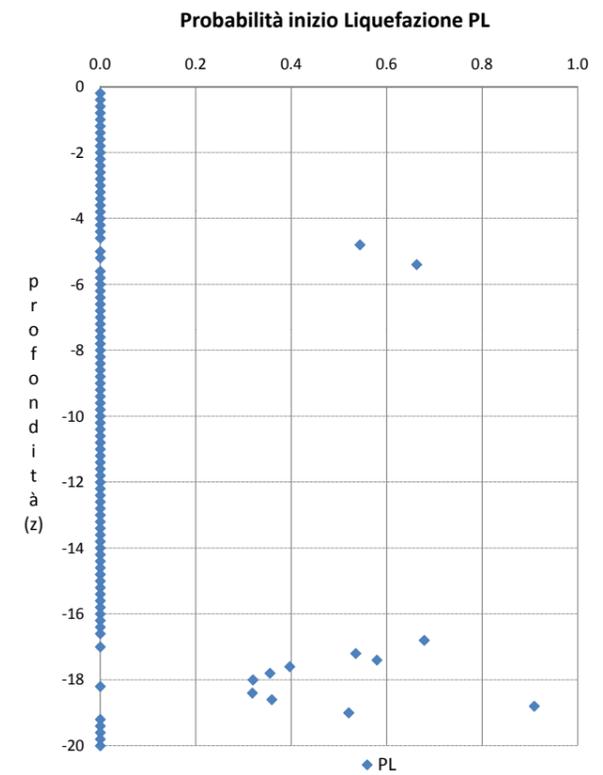
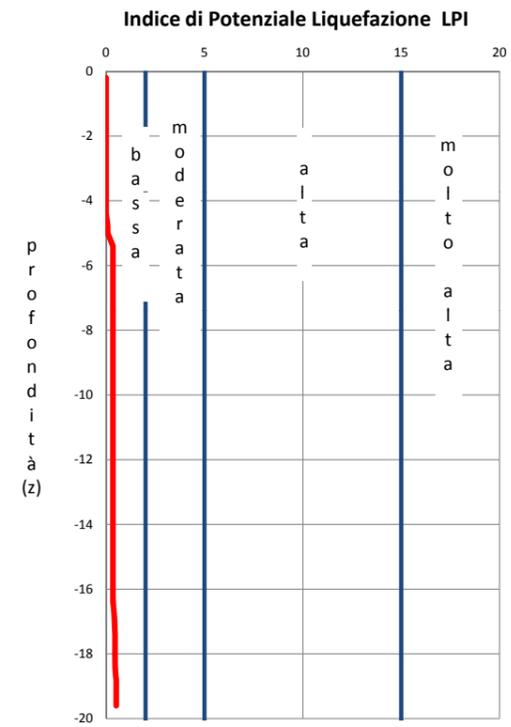
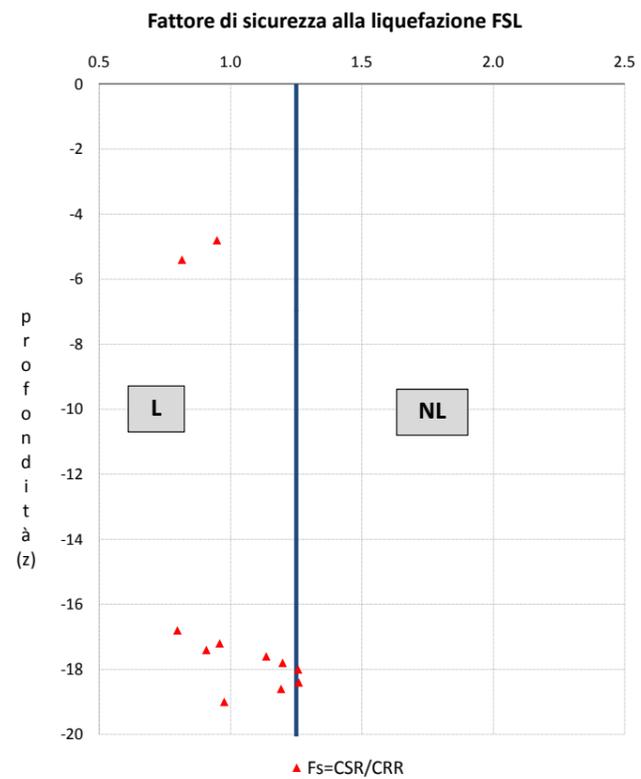
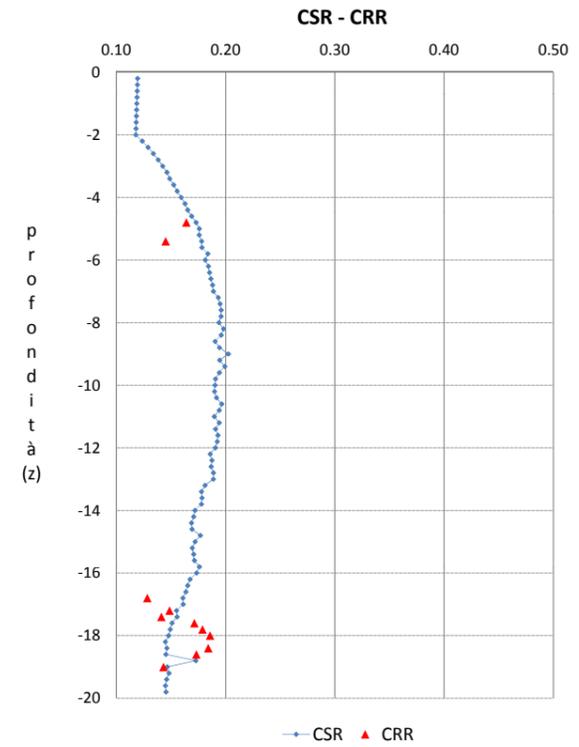
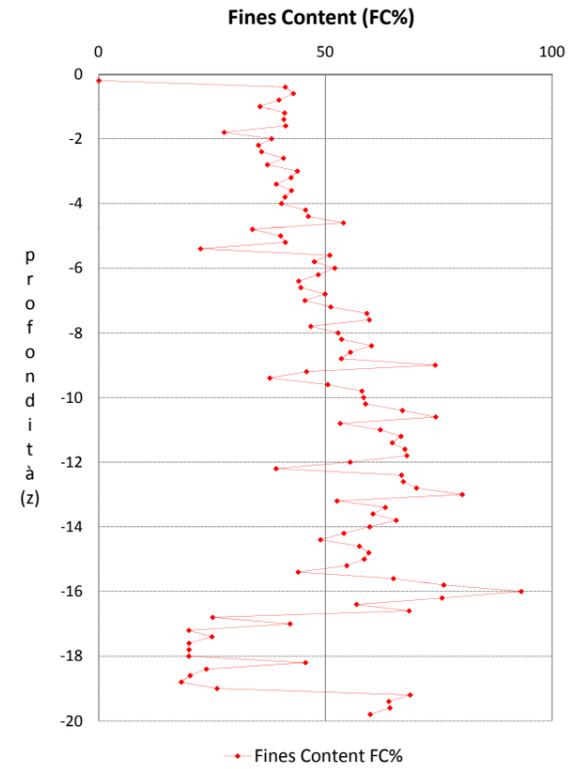
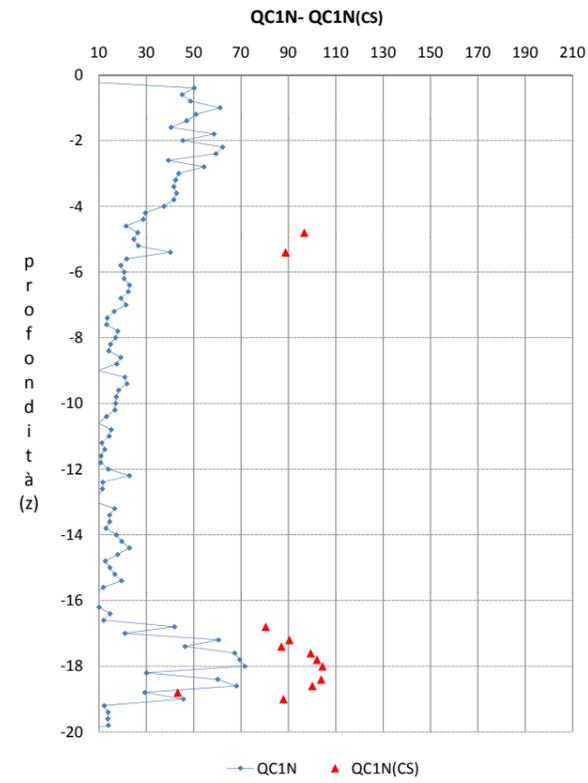
Attrezzo 10T Gouda		Cone Penetration Test Results plot				
Falda: -2.40 m		CPT.6/01 Lottizzazione Calisese				
		Max depth	12	data:	08/05/2001	
		Increment	0.2			
Letture		Depth, z	qc	fs	qc/fs	(fs/qc)x100
A	B	m	kg/cmq	kg/cmq		
4		0.2	8			
4	8	0.4	8	0.41	19	5.14
3	6	0.6	6	0.55	11	9.13
4	8	0.8	8	0.41	19	5.14
9	12	1	18	0.68	26	3.81
7	12	1.2	14	0.68	20	4.89
7	12	1.4	14	0.82	17	5.87
6	12	1.6	12	0.82	15	6.85
4	10	1.8	8	0.55	15	6.85
4	8	2	8	0.41	19	5.14
4	7	2.2	8	0.55	15	6.85
6	10	2.4	12	0.55	22	4.57
6	10	2.6	12	0.55	22	4.57
4	8	2.8	8	0.41	19	5.14
3	6	3	6	0.27	22	4.57
3	5	3.2	6	0.27	22	4.57
4	6	3.4	8	0.41	19	5.14
5	8	3.6	10	0.41	24	4.11
6	9	3.8	12	0.55	22	4.57
5	9	4	10	0.55	18	5.48
4	8	4.2	8	0.55	15	6.85
6	10	4.4	12	0.55	22	4.57
11	15	4.6	22	0.68	32	3.11
7	12	4.8	14	0.68	20	4.89
9	14	5	18	0.68	26	3.81
18	23	5.2	36	0.82	44	2.28
22	28	5.4	44	0.96	46	2.18
6	13	5.6	12	0.82	15	6.85
6	12	5.8	12	0.68	18	5.71
7	12	6	14	0.55	26	3.91
18	22	6.2	36	0.96	38	2.66
8	15	6.4	16	0.68	23	4.28
5	10	6.6	10	0.55	18	5.48
6	10	6.8	12	0.55	22	4.57
6	10	7	12	0.68	18	5.71
10	15	7.2	20	0.55	37	2.74
7	11	7.4	14	0.55	26	3.91
15	19	7.6	30	0.82	37	2.74
6	12	7.8	12	0.55	22	4.57
10	14	8	20	0.68	29	3.42
9	14	8.2	18	0.82	22	4.57
7	13	8.4	14	0.55	26	3.91
7	11	8.6	14	0.55	26	3.91
8	12	8.8	16	0.55	29	3.42
6	10	9	12	0.41	29	3.42
4	7	9.2	8	0.41	19	5.14

5	8	9.4	10	0.41	24	4.11
6	9	9.6	12	0.41	29	3.42
6	9	9.8	12	0.41	29	3.42
6	9	10	12	0.68	18	5.71
4	9	10.2	8	0.41	19	5.14
5	8	10.4	10	0.55	18	5.48
4	8	10.6	8	0.41	19	5.14
4	7	10.8	8	0.41	19	5.14
5	8	11	10	0.41	24	4.11
6	9	11.2	12	0.55	22	4.57
7	11	11.4	14	0.55	26	3.91
5	9	11.6	10	0.68	15	6.85
5	10	11.8	10	0.55	18	5.48
10	14	12	20			

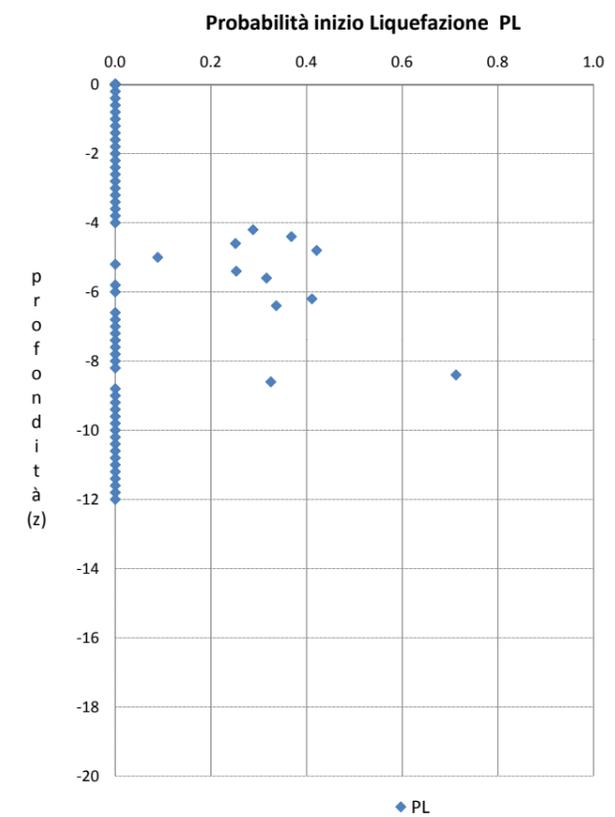
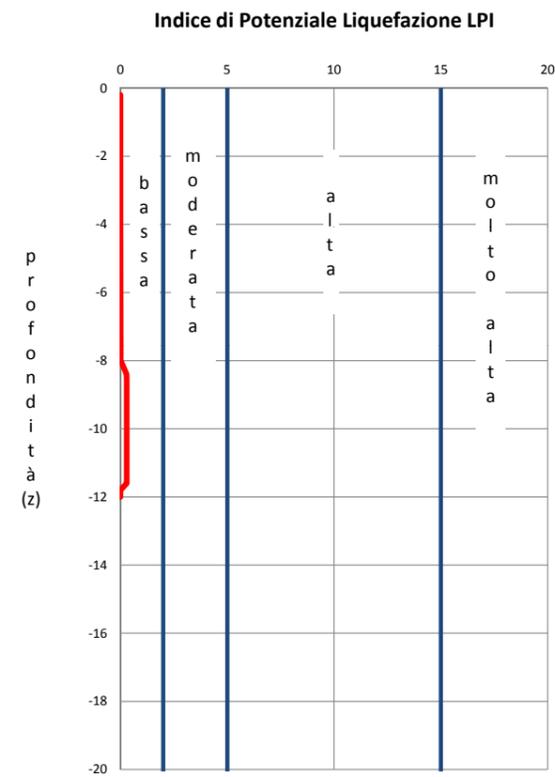
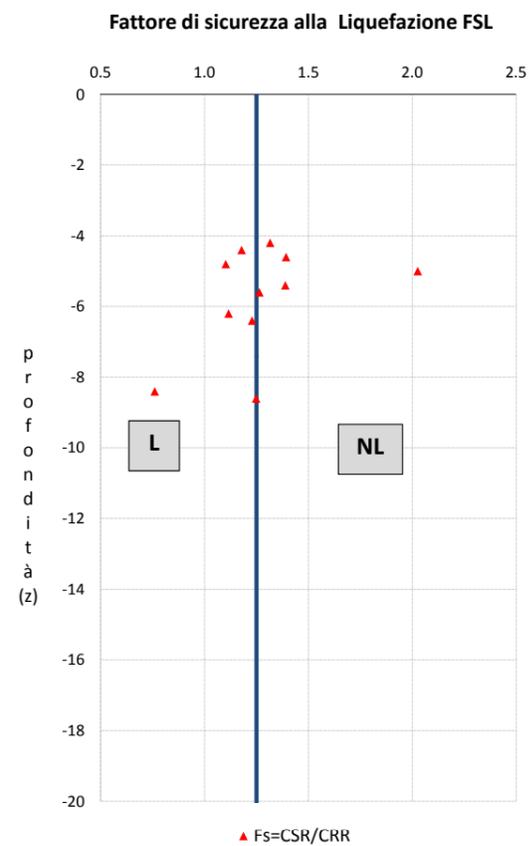
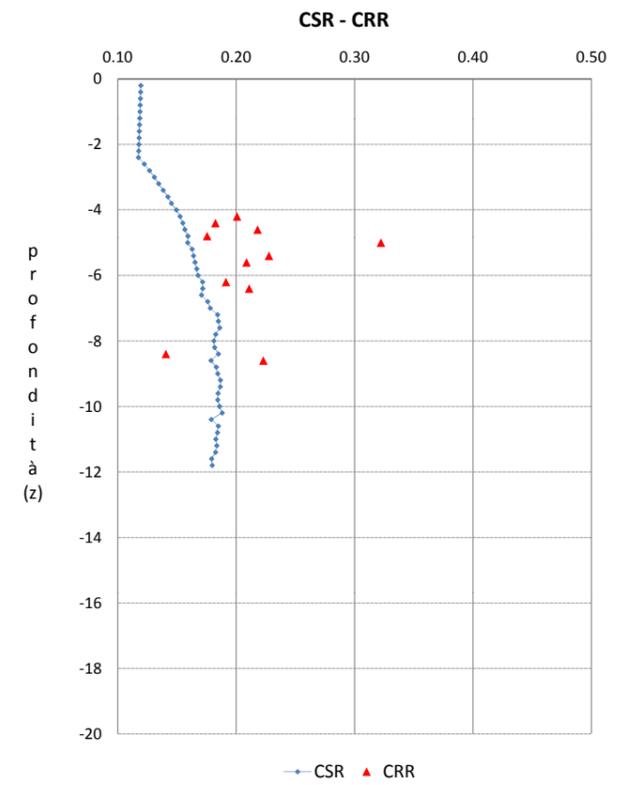
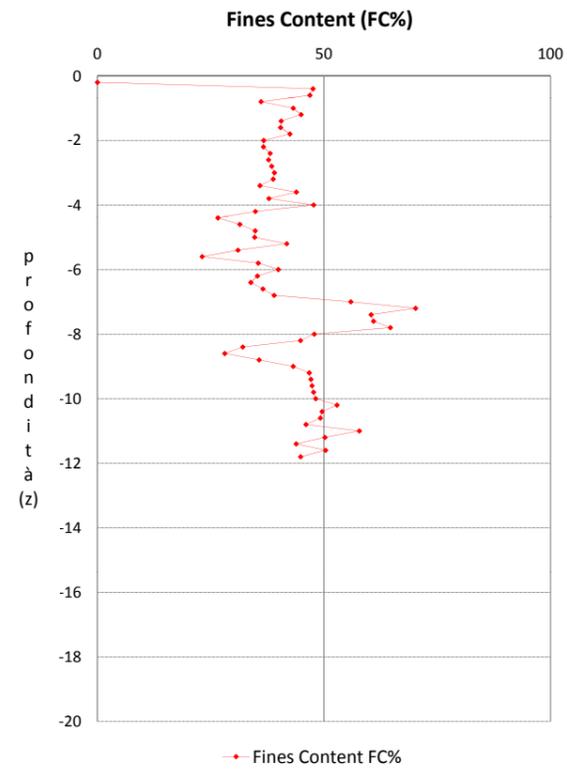
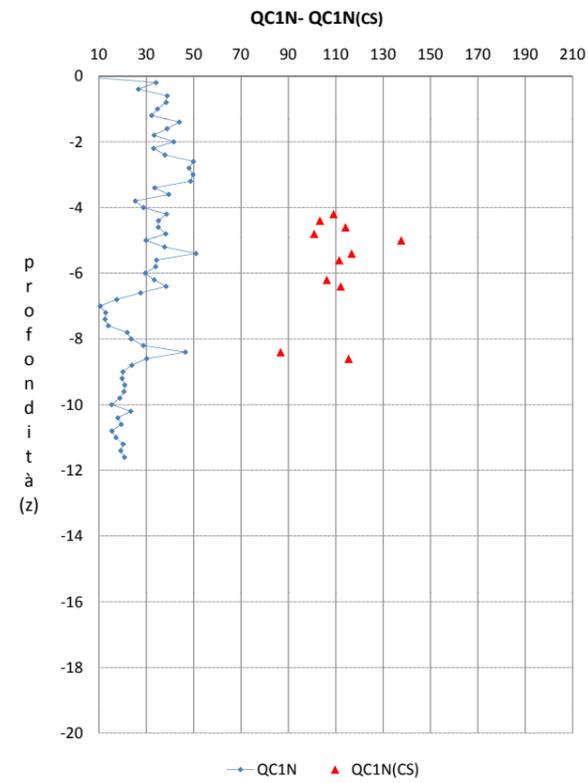
Attrezzo		Cone Penetration Test				
10T Gouda		Results plot				
		CPT.7/2001				
falda:		Lottizzazione Calisese				
-1.70 m		Max depth	15	data:	08/05/2001	
		Increment	0.2			
Letture	Depth, z	qc	fs	qc/fs	(fs/qc)x100	
A	B	m	kg/cmq	kg/cmq		
6		0.2	12			
5	10	0.4	10	0.68	15	6.85
4	9	0.6	8	0.55	15	6.85
7	11	0.8	14	0.68	20	4.89
8	13	1	16	0.82	19	5.14
6	12	1.2	12	0.68	18	5.71
4	9	1.4	8	0.41	19	5.14
6	9	1.6	12	0.41	29	3.42
5	8	1.8	10	0.41	24	4.11
6	9	2	12	0.55	22	4.57
8	12	2.2	16	0.68	23	4.28
8	13	2.4	16	0.55	29	3.42
12	16	2.6	24	0.68	35	2.85
11	16	2.8	22	0.82	27	3.74
10	16	3	20	1.1	18	5.48
10	18	3.2	20	0.55	37	2.74
18	22	3.4	36	0.96	38	2.66
18	25	3.6	36	0.96	38	2.66
15	22	3.8	30	0.96	31	3.2
30	37	4	60	1.1	55	1.83
37	45	4.2	74	1.1	68	1.48
26	34	4.4	52	0.96	54	1.84
37	44	4.6	74	1.37	54	1.85
44	54	4.8	88	1.64	54	1.87
55	67	5	110	1.51	73	1.37
38	49	5.2	76	1.37	55	1.8
70	80	5.4	140	2.05	68	1.47
72	87	5.6	144	2.33	62	1.62
78	95	5.8	156	2.19	71	1.4
70	86	6	140	2.05	68	1.47
55	70	6.2	110	1.64	67	1.49
20	32	6.4	40	1.37	29	3.42
8	18	6.6	16	0.55	29	3.42
6	10	6.8	12	0.41	29	3.42
6	9	7	12	0.55	22	4.57
4	8	7.2	8	0.41	19	5.14
5	8	7.4	10	0.55	18	5.48
4	8	7.6	8	0.41	19	5.14
4	7	7.8	8	0.41	19	5.14
5	8	8	10	0.41	24	4.11
5	8	8.2	10	0.55	18	5.48
6	10	8.4	12	0.68	18	5.71
9	14	8.6	18	0.82	22	4.57
8	14	8.8	16	0.82	19	5.14
7	13	9	14	0.68	20	4.89
4	9	9.2	8	0.55	15	6.85

10	14	9.4	20	0.55	37	2.74
3	7	9.6	6	0.27	22	4.57
5	7	9.8	10	0.41	24	4.11
6	9	10	12	0.68	18	5.71
5	10	10.2	10	0.55	18	5.48
3	7	10.4	6	0.41	15	6.85
3	6	10.6	6	0.27	22	4.57
4	6	10.8	8	0.41	19	5.14
6	9	11	12	0.41	29	3.42
6	9	11.2	12	0.68	18	5.71
10	15	11.4	20	0.82	24	4.11
8	14	11.6	16	0.82	19	5.14
5	11	11.8	10	0.68	15	6.85
5	10	12	10	0.41	24	4.11
5	8	12.2	10	0.27	37	2.74
4	6	12.4	8	0.27	29	3.42
4	6	12.6	8	0.41	19	5.14
5	8	12.8	10	0.41	24	4.11
5	8	13	10	0.55	18	5.48
5	9	13.2	10	0.41	24	4.11
5	8	13.4	10	0.41	24	4.11
13	16	13.6	26	0.68	38	2.63
15	20	13.8	30	0.96	31	3.2
17	24	14	34	1.37	25	4.03
15	25	14.2	30	1.37	22	4.57
16	26	14.4	32	1.64	19	5.14
14	26	14.6	28	1.51	19	5.38
9	20	14.8	18	1.23	15	6.85
9	18	15	18			

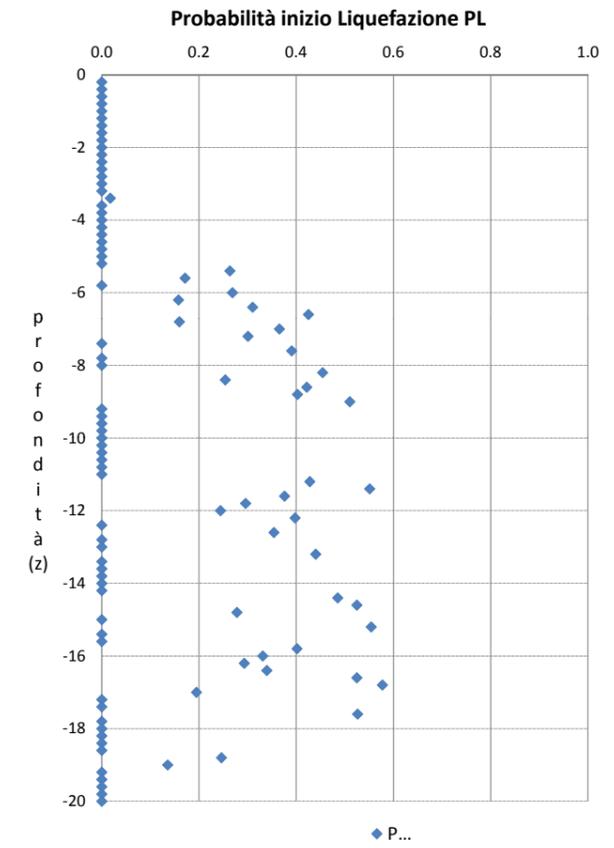
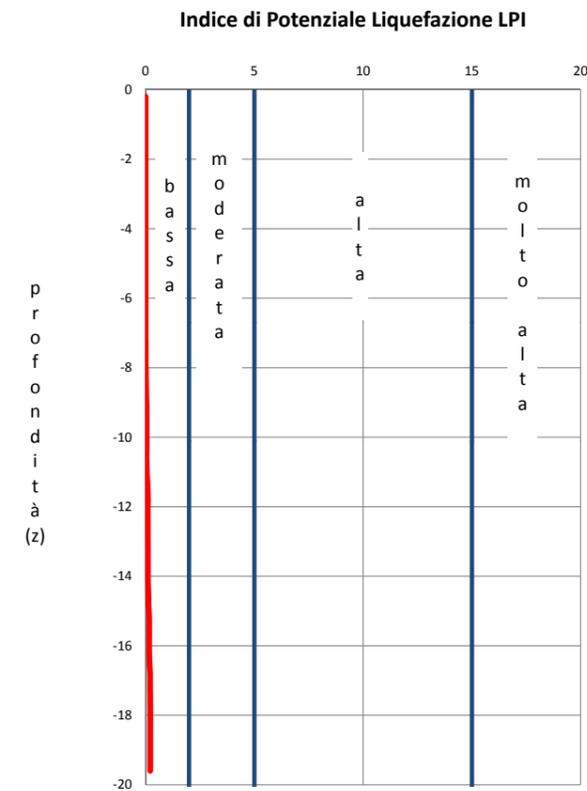
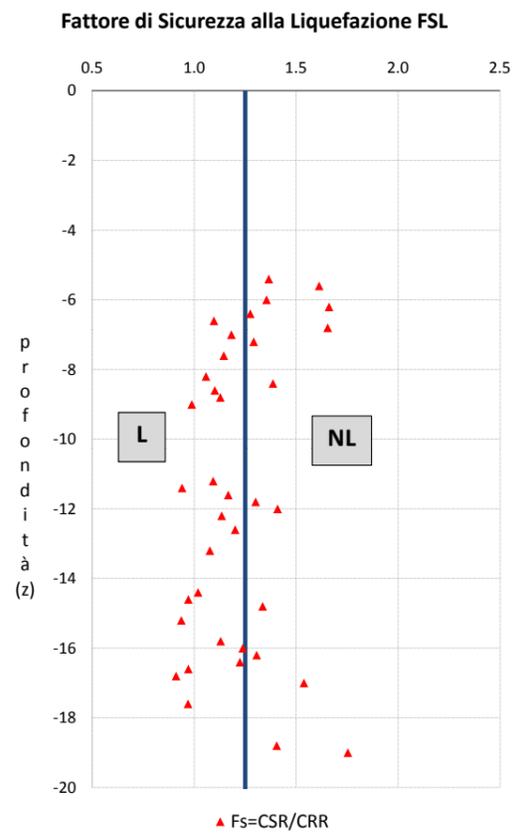
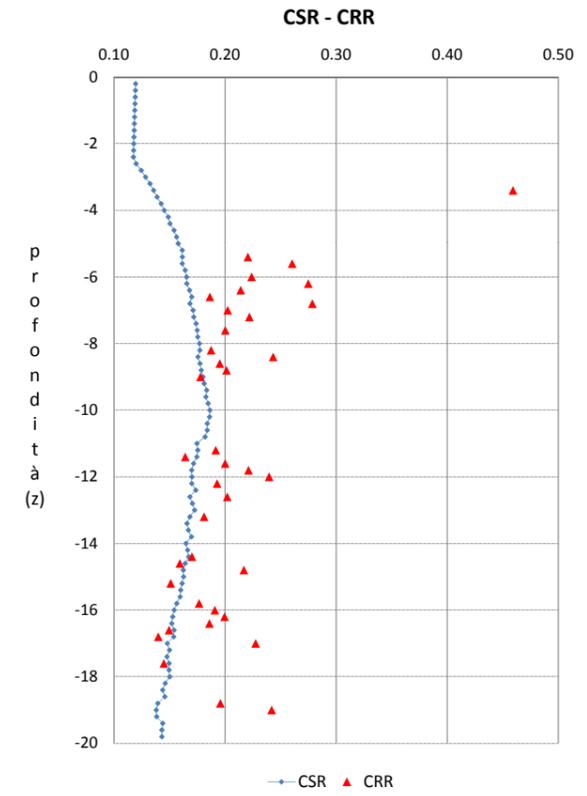
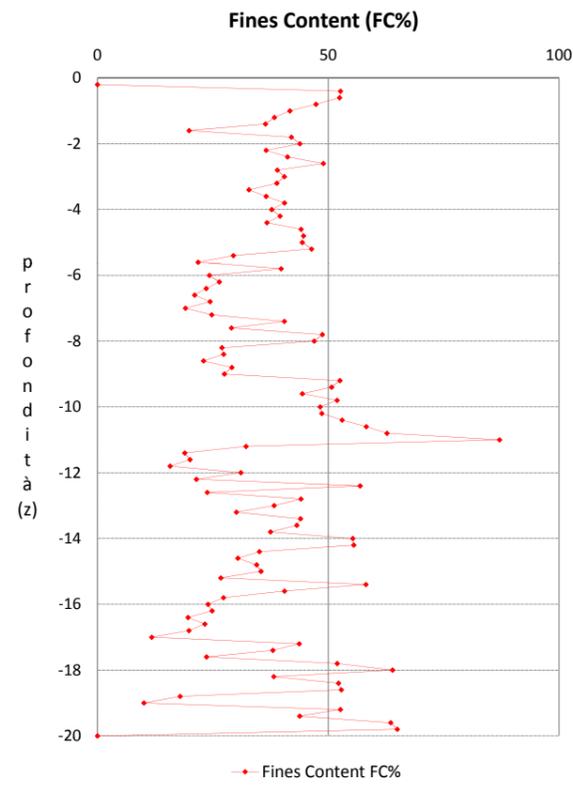
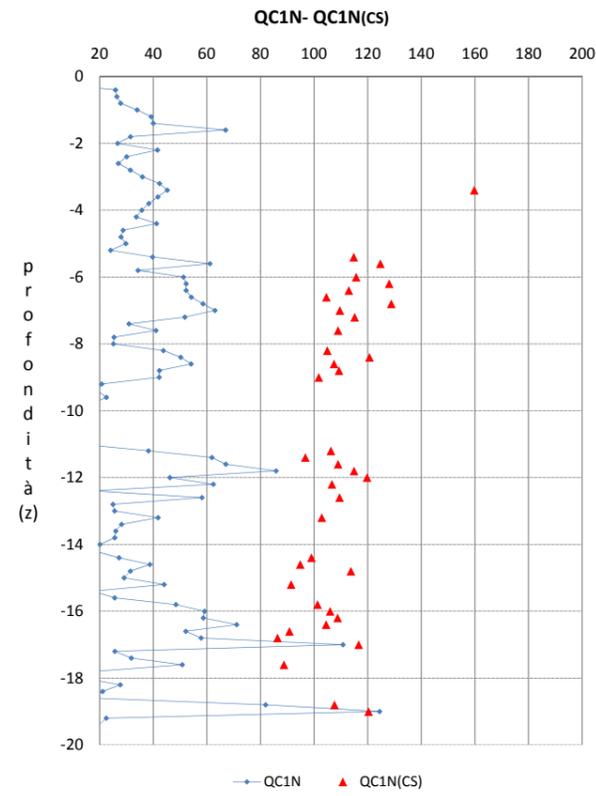
# PROVA CPT 1/2001



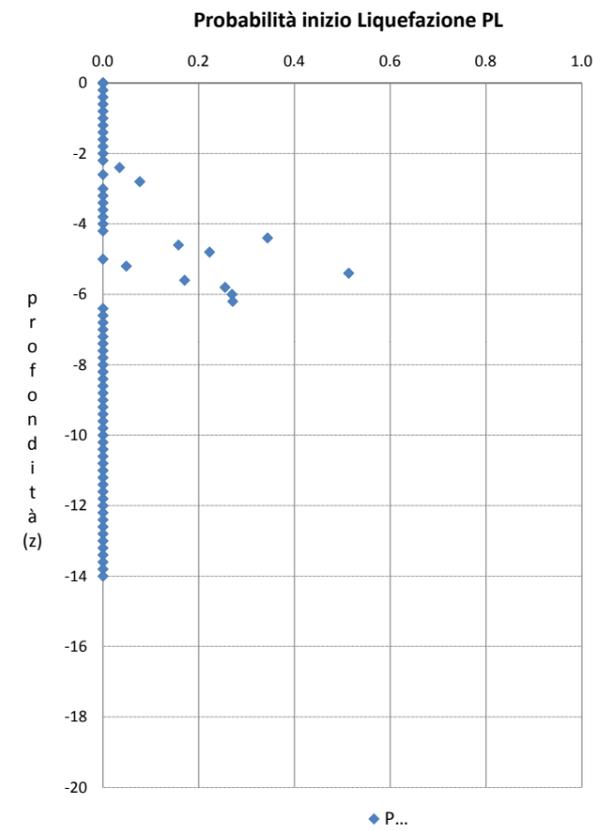
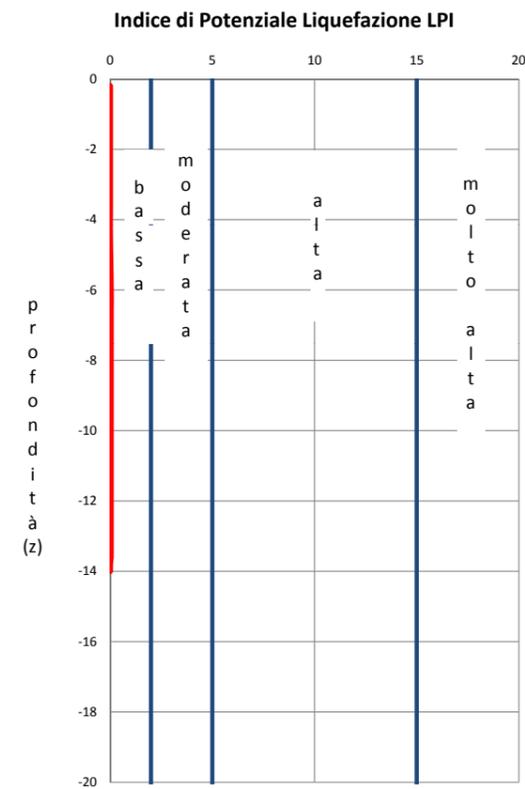
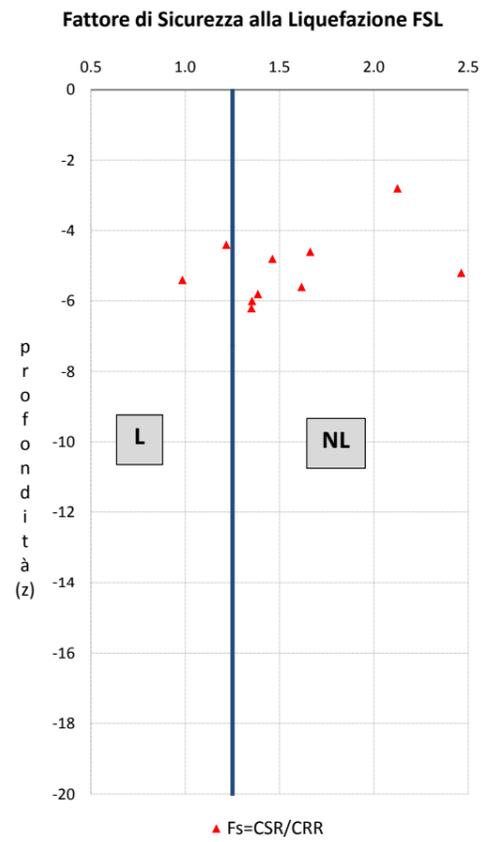
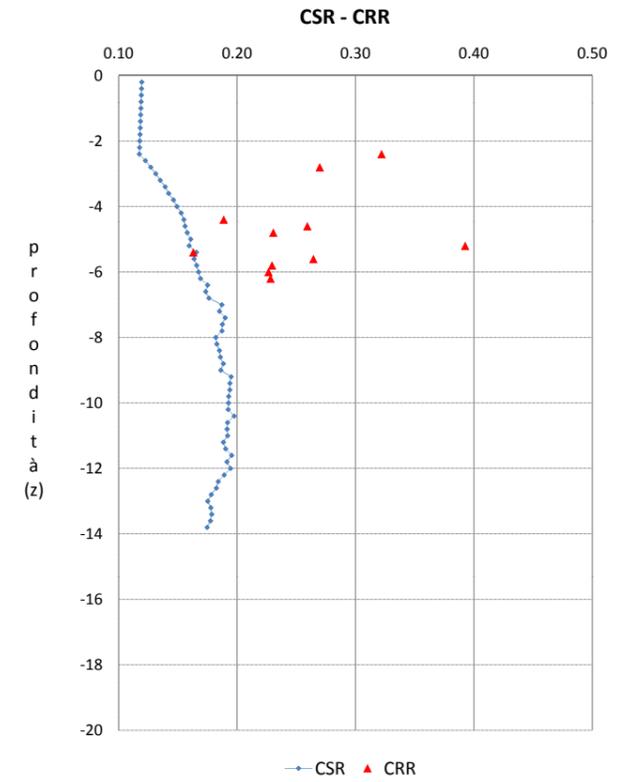
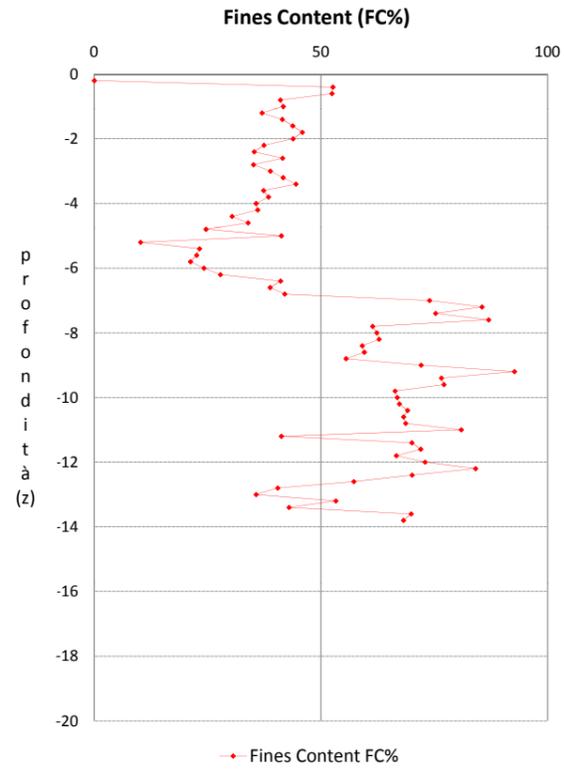
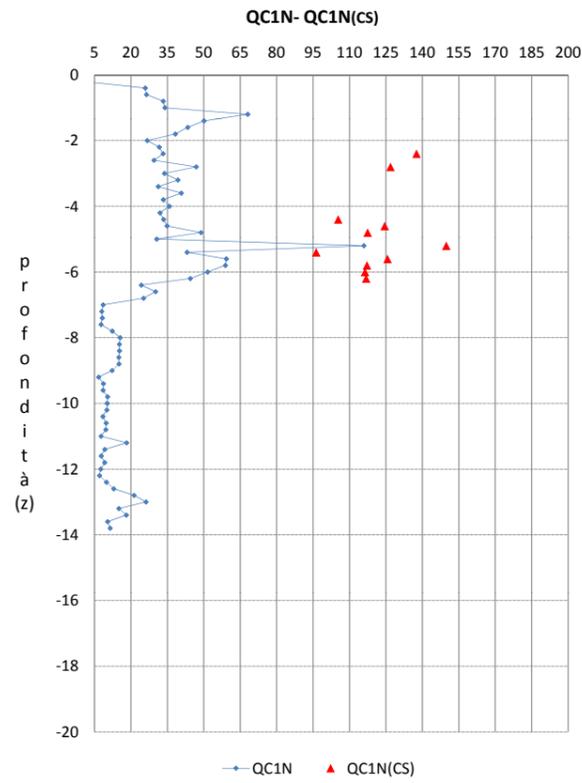
# PROVA CPT 2/2001



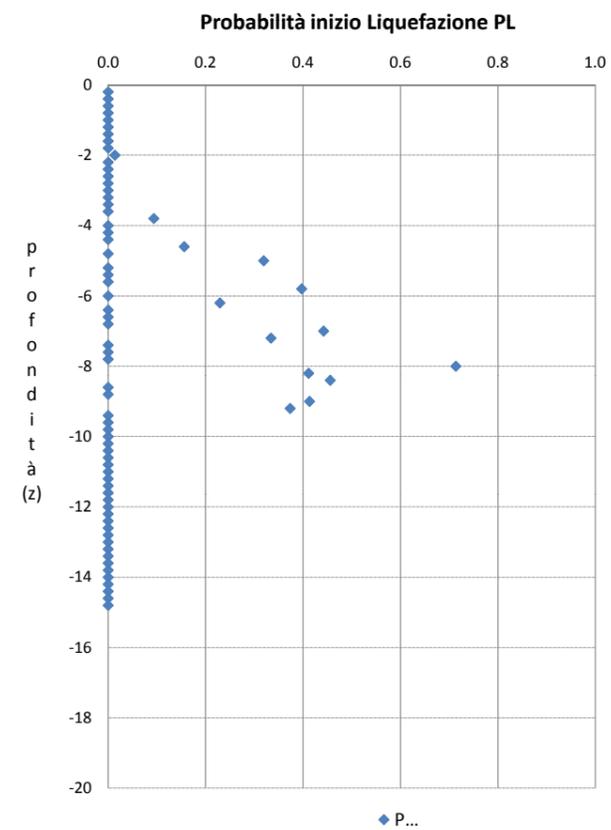
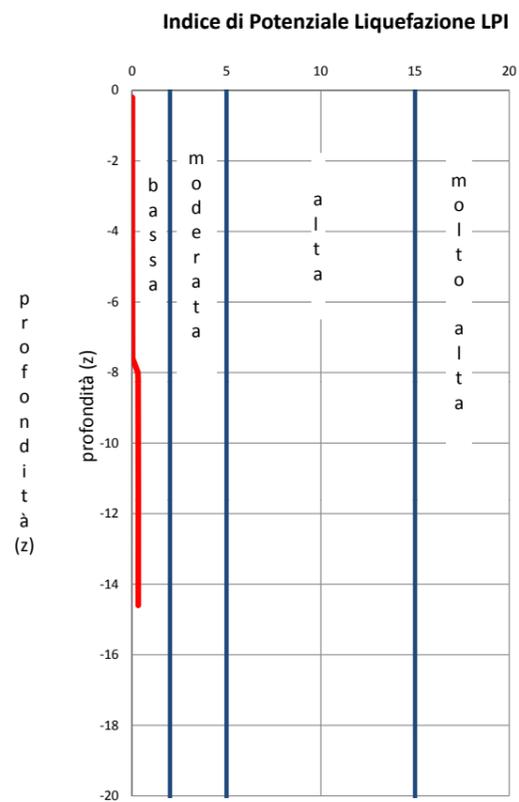
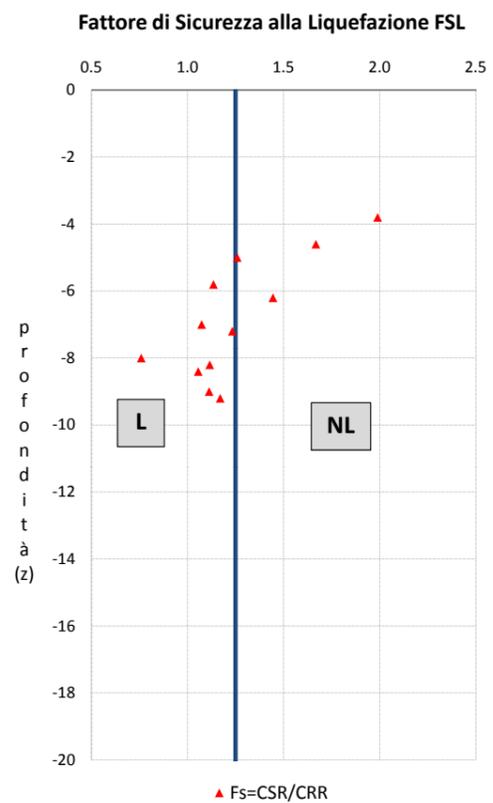
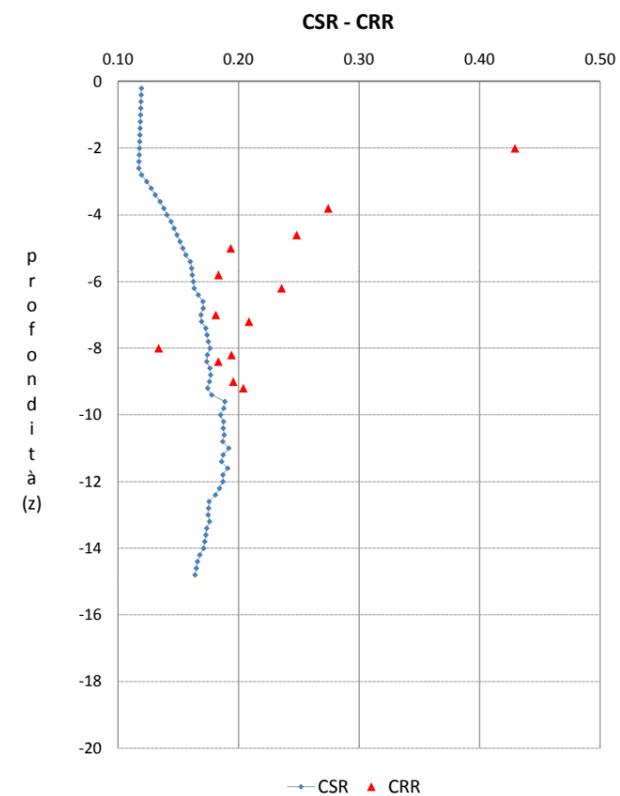
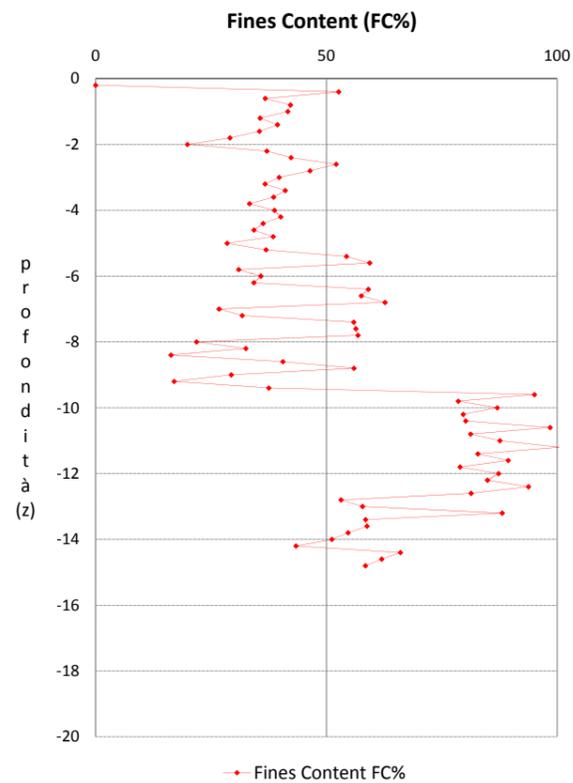
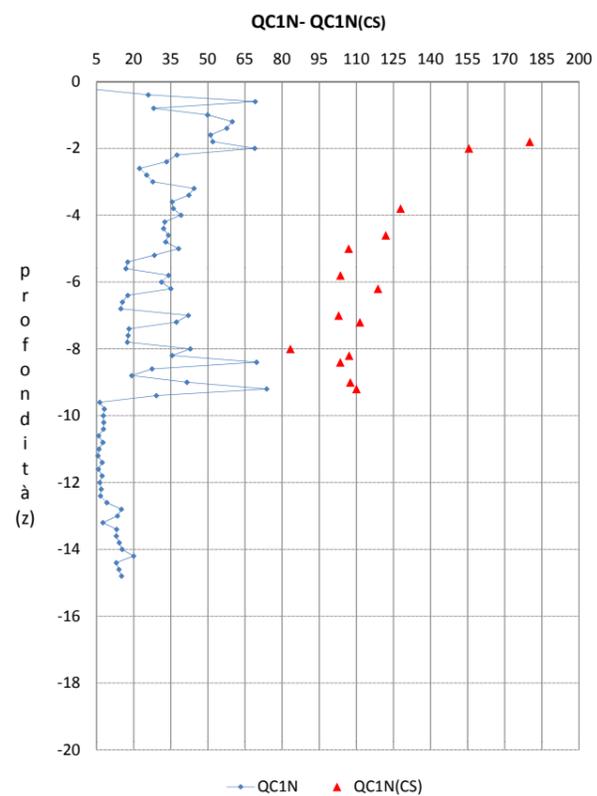
# PROVA CPT 3/2001



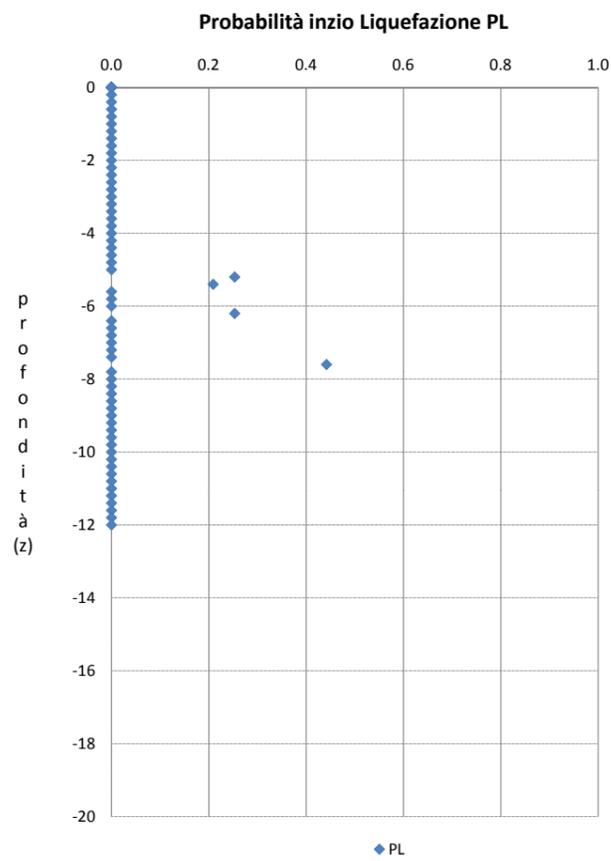
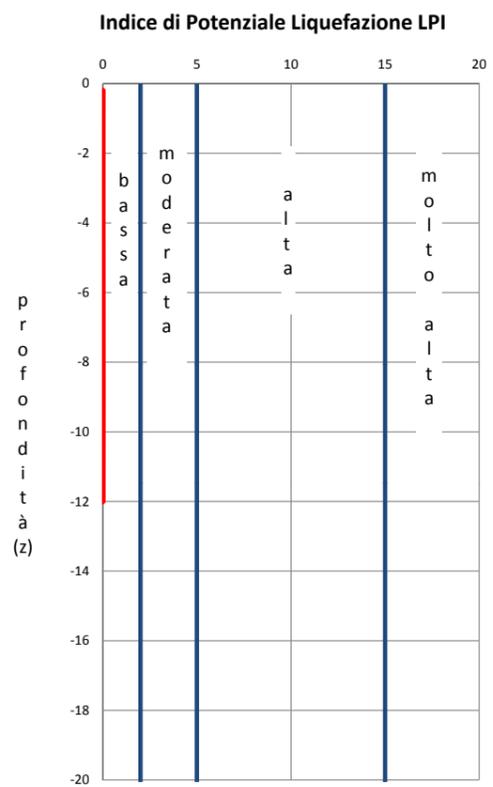
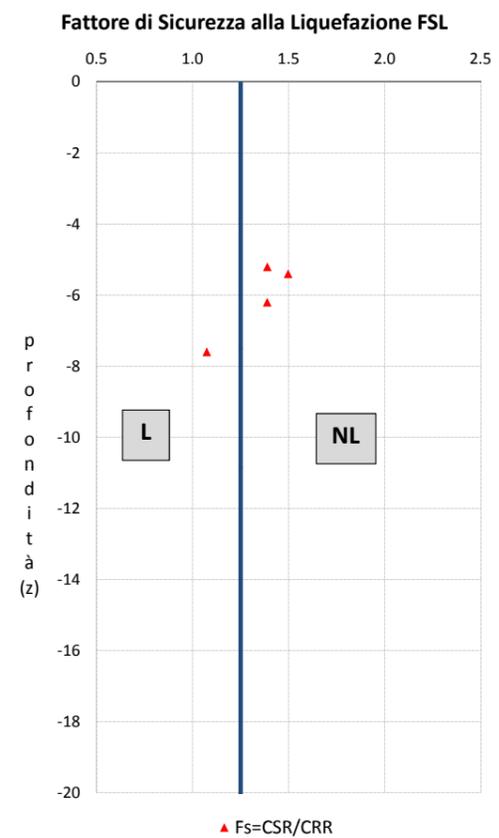
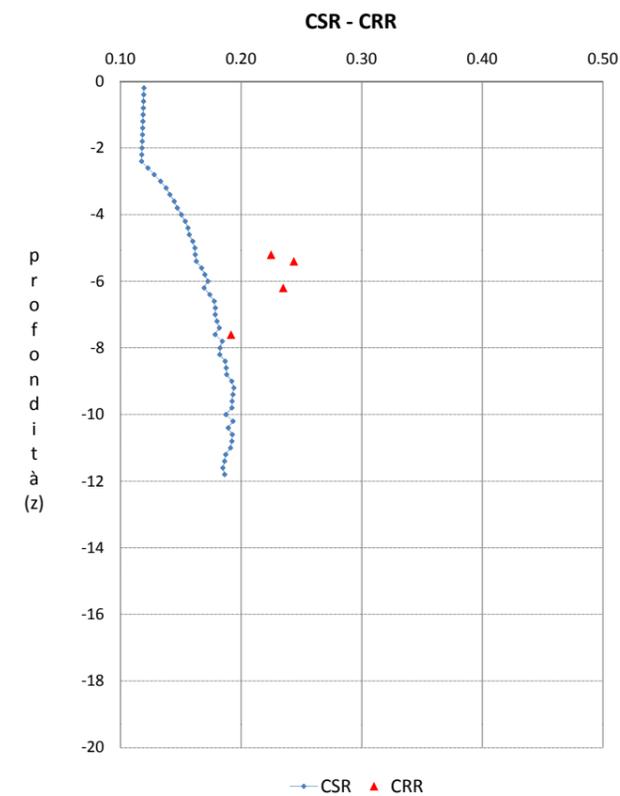
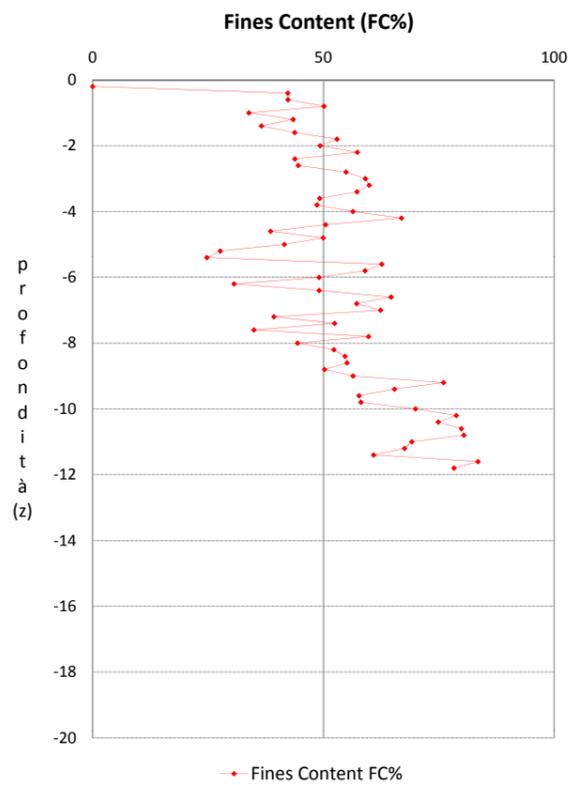
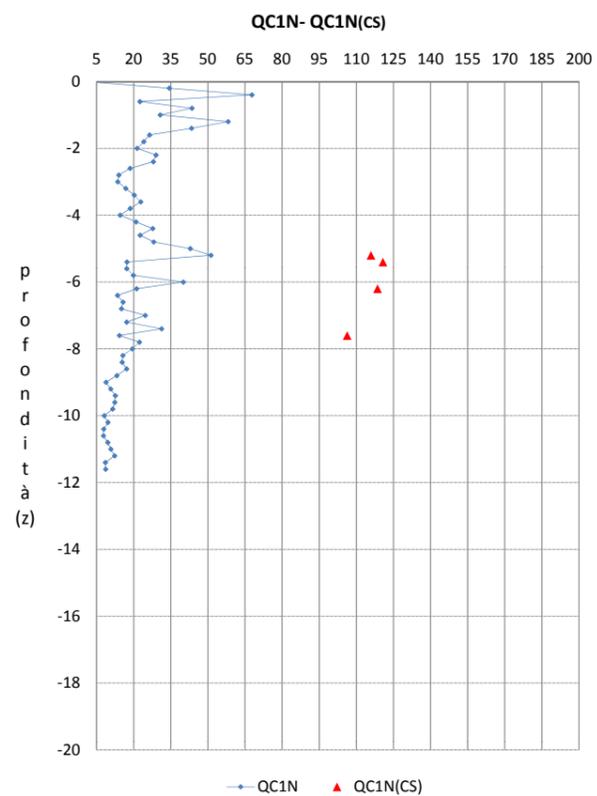
# PROVA CPT 4/2001



# PROVA CPT 5/2001



# PROVA CPT 6/2001



# PROVA CPT 7/2001

