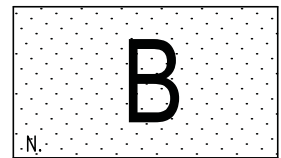


**Marc'Aurelio  
Santi**  
ingegnere

**CANTINA DI CARPI E SORBARA**  
Committente: SOC. AGRICOLA COOPERATIVA  
Oggetto: PROCEDIMENTO UNICO AI SENSI ART. 53  
LEGGE REGIONALE n.24 DEL 2017  
Ubicazione: CARPI – VIA CAVATA, 14  
Tavola: RELAZIONE GEOLOGICA  
Note: \_\_\_\_\_



N.

Rapp.:

Data: **10.07.23**

Agg:

Studio Tecnico - Via C. Cattaneo n. 17 - Tel. 059/622.90.07 - Fax 059/622.09.99 - 41012 Carpi (MO) - E-Mail: [ingsanti@ingsanticarpi.eu](mailto:ingsanti@ingsanticarpi.eu)



PROVINCIA DI MODENA  
COMUNE DI CARPI

Ampliamento della attuali strutture

---

**GEOSTRATIGRAFIA  
GEOTECNICA  
SISMICA**

---

**CANTINA DI CARPI E SORBARA**  
Via Cavata  
Carpi (MO)

*GEOLOGO*

Dott. Geol. GEMELLI FRANCO  
Albo Iscr. Reg.Em.Rom. n.142  
Tel. 0536 - 870085



Sassuolo 08/05/2013

---

## Sommario

<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA.....</b>	<b>3</b>
<b>QUADRO STRATIGRAFICO.....</b>	<b>3</b>
<b>QUADRO SISMICO.....</b>	<b>11</b>
<b>LIQUEFAZIONE/CEDIMENTI POST-SISMICI.....</b>	<b>17</b>
<b>QUADRO GEOETCNICO.....</b>	<b>32</b>
<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>43</b>
<b>ALLEGATI RELATIVI ALLE PROVE PENETROMETRICHE ESEGUITE NEL 2003.....</b>	<b>44</b>



## PREMESSA

La nuova cantina di Carpi, con sede in via Cavata, ha in progetto di ampliare le proprie strutture e sta approntando un piano particolareggiato.

Per questa operazione è necessario disporre dei dati geologici generali del sito .

Per quanto concerne il quadro sismico sono stati effettuati due stendimenti sismici ReMi ortogonali fra loro (*sismografo PASI S1624, geofoni da 4,5Hz*) mentre per quanto riguarda il quadro stratigrafico- geotecnico, in questa fase di inquadramento generale, si fa riferimento ad alcuni dei 28 sondaggi CPT (*Cone Penetration Test. Penetrometro PAGANI 73100kN , cella di carico elettrica, punta meccanica Begemann*) che lo scrivente ha fatto nel 2003 allorché iniziarono i lavori per la costruzione del complesso.



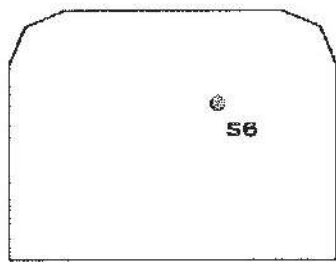
## LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

Le coordinate geografiche che identifica il sito in oggetto (WGS84) : LONG. 10.904 e LAT. 44.778.

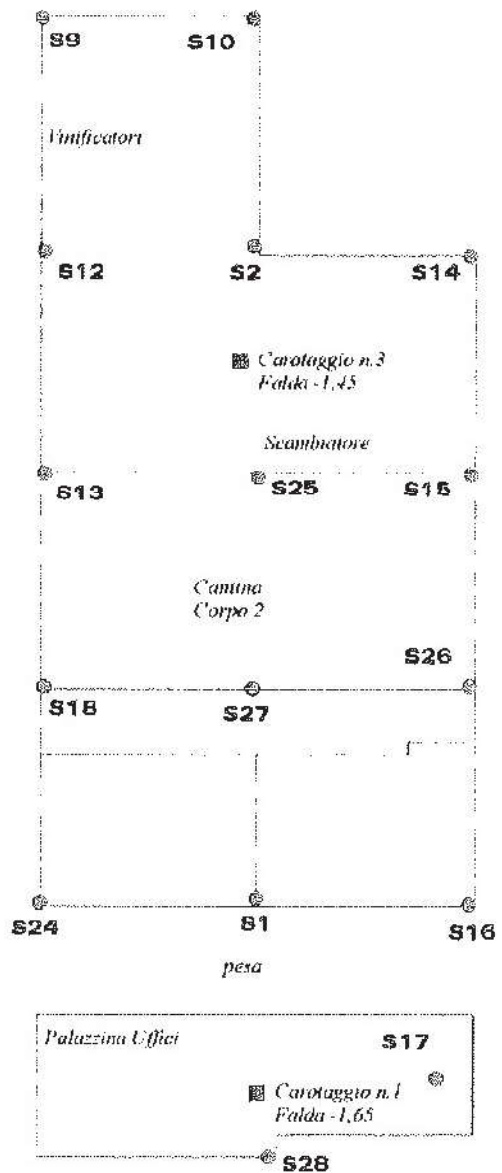
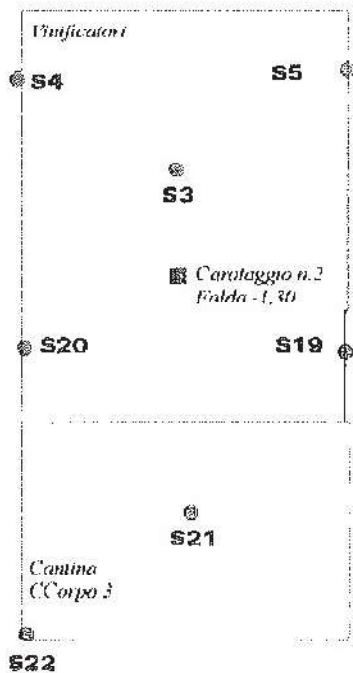
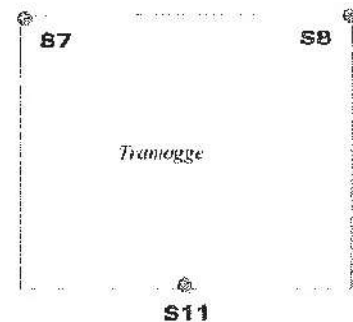
## QUADRO STRATIGRAFICO

L'area è caratterizzata da depositi quaternari formati da alternanze fra argille (prevalenti) e sabbie (distribuite in particolare nell'ambito dei primi 7-8.00 m), con frequenza e spessori diversi. Non formano mai veri e propri orizzonti ma solo intercalazioni e/o lenti nelle argille che si distribuiscono irregolarmente nell'area indagata e per estensioni limitate.

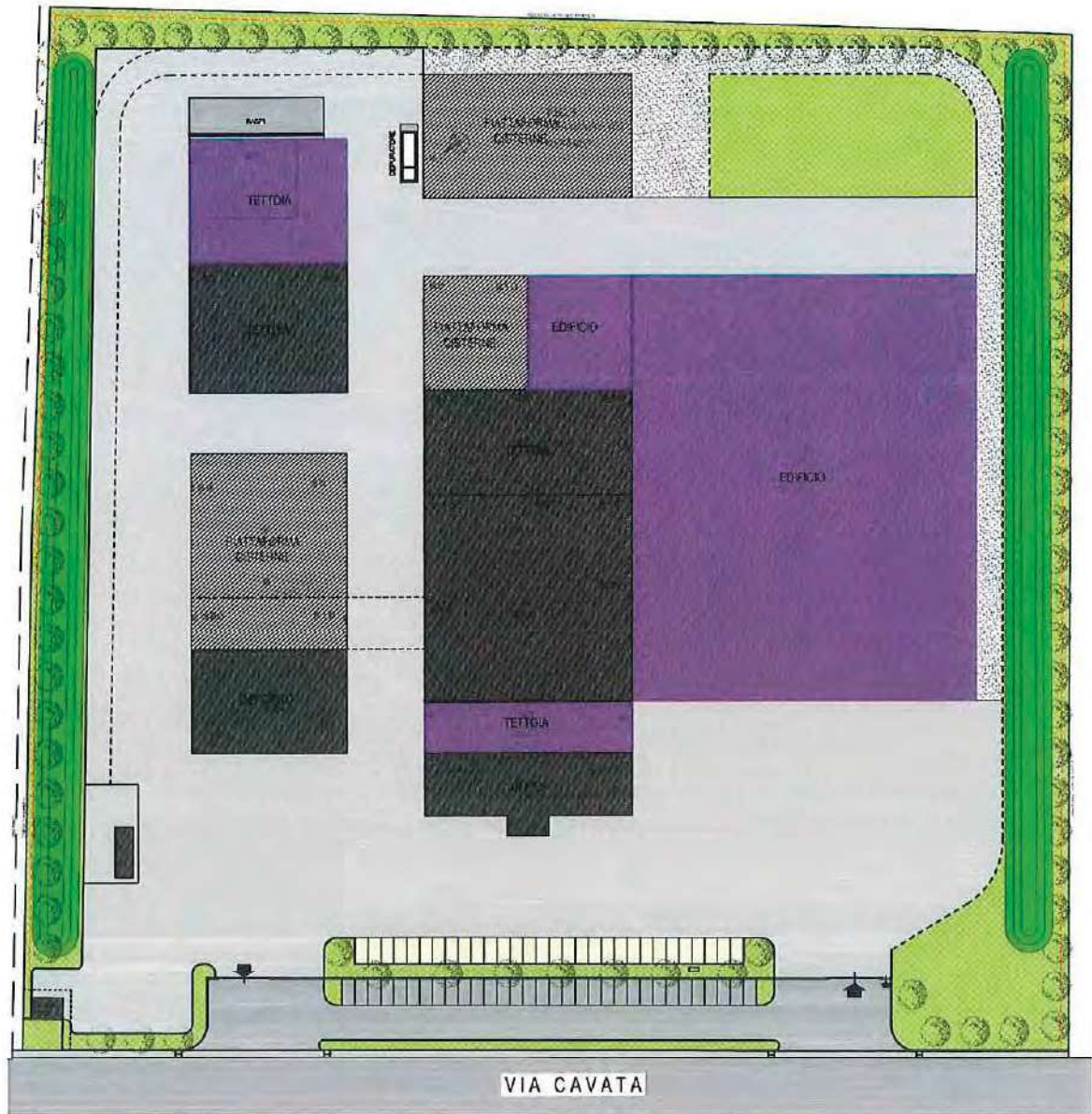
Lo spessore complessivo delle alluvioni, dalla tavola della Regione Emilia-Romagna" alla scala 1:250.000 (*Boccaletti et alii, 2004*), assume a circa 150 - 200 m.



**FIG.1**  
*Ubicazione dei sondaggi*

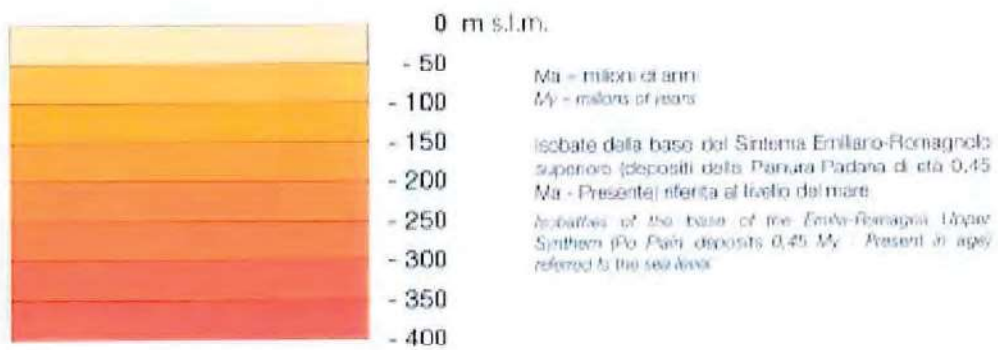
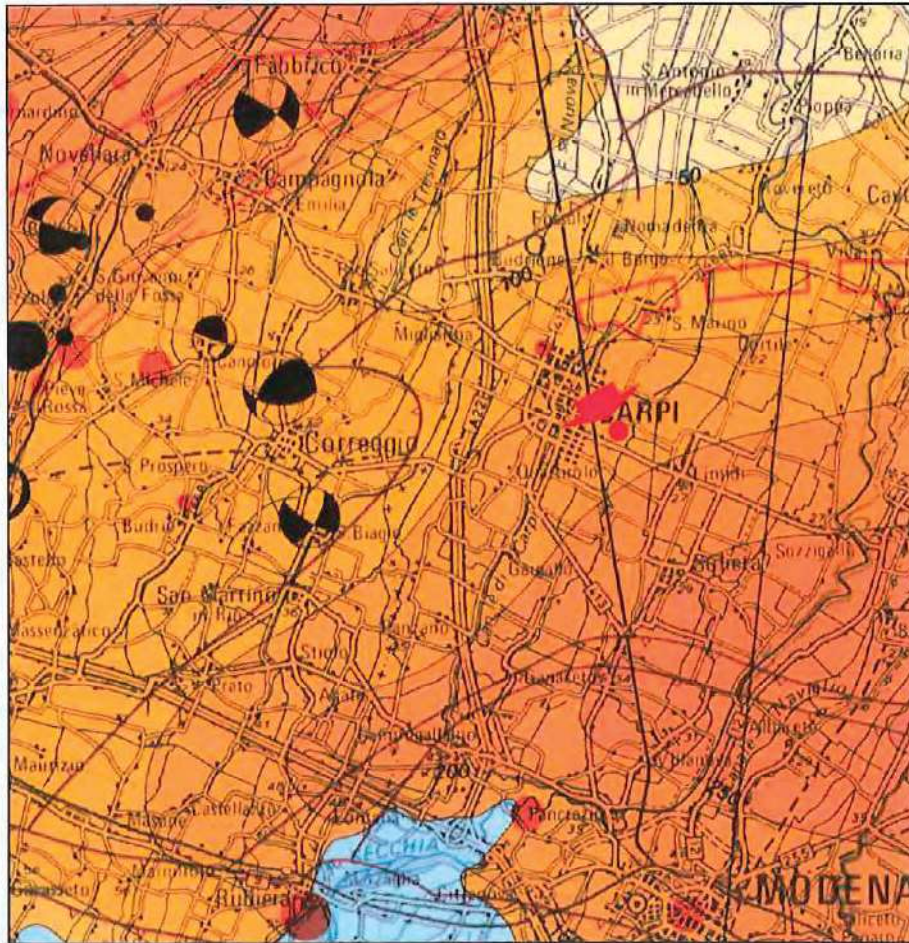


Sondaggi eseguiti nel 2003



Sondaggi eseguiti nel 2003 sovrapposti alla planimetria degli ampliamenti







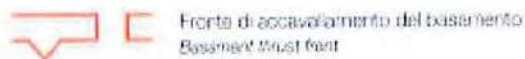


**Strutture sepolte Buried structures**

Strutture attive e recenti (< 1 Ma), determinate sulla base di dati morfologici di superficie e di dati geologici di sottosuolo

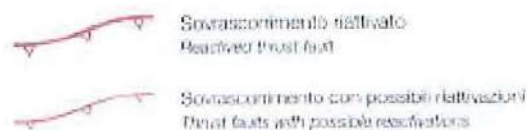
Active and recent structures (< 1 My), recognized on the basis of surface morphological data and subsoil geological data

-  Sovascoprimento  
Thrust fault
-  Anticlinali  
Anticline
-  Sinclinali  
Syncline
-  Fronti di accoglimento delle successioni carbonatiche mesozoico-terziarie  
Mesozoic-Cenozoic carbonates front front



Fronti dei principali sovrascorimenti di età Pliocene-Pleistocene inferiore (4,5 - 1 Ma) (da Structural Model of Italy, 1:500,000)

Fronts of the main Pliocene-Early Pleistocene thrust faults (4.5 - 1 My) (from Structural Model of Italy, 1:500,000)



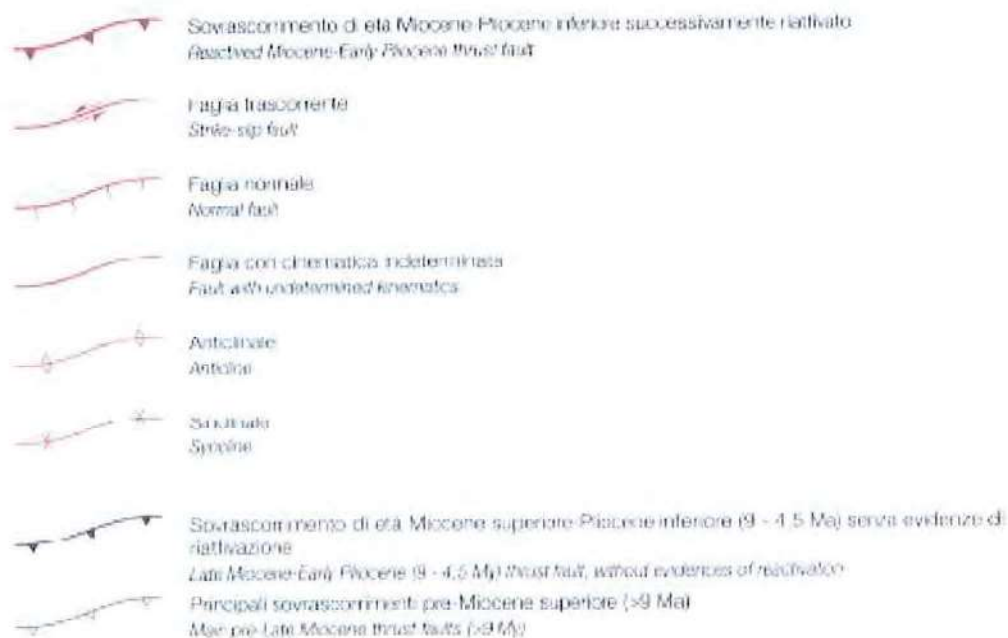
### Strutture affioranti Outcropping structures

Strutture attive o recenti (>1 Ma), determinate su base morfotettonica (M) e/o geologica (G)  
Active and recent structures (>1 My), recognized on the basis of morphotectonic (M) and/or geological (G) data



### Strutture pre-quadernare (4,5 - 1 Ma)

Pre-Quaternary structures (4.5 - 1 My)





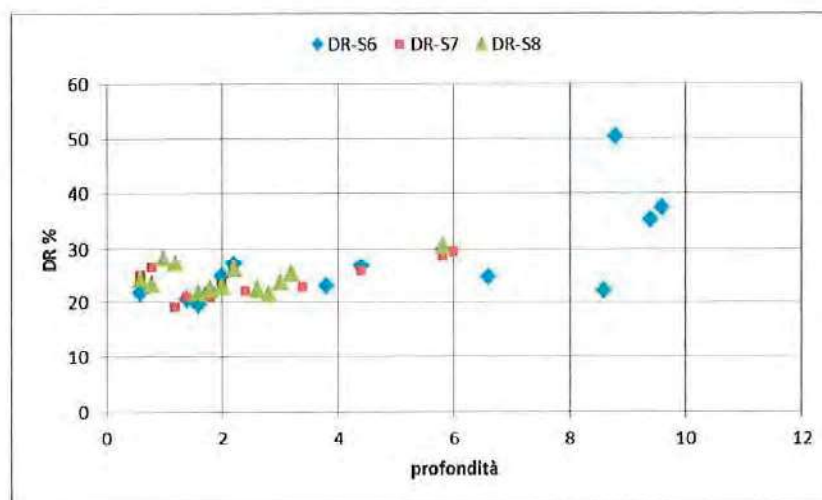
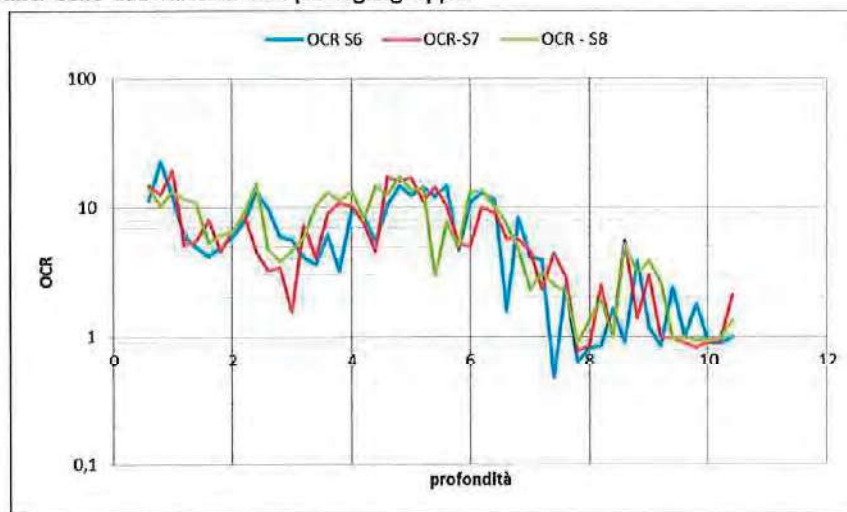
La consistenza delle argille viene espressa attraverso il parametro OCR mentre lo stato di addensamento delle sabbie attraverso la densità relativa DR%.

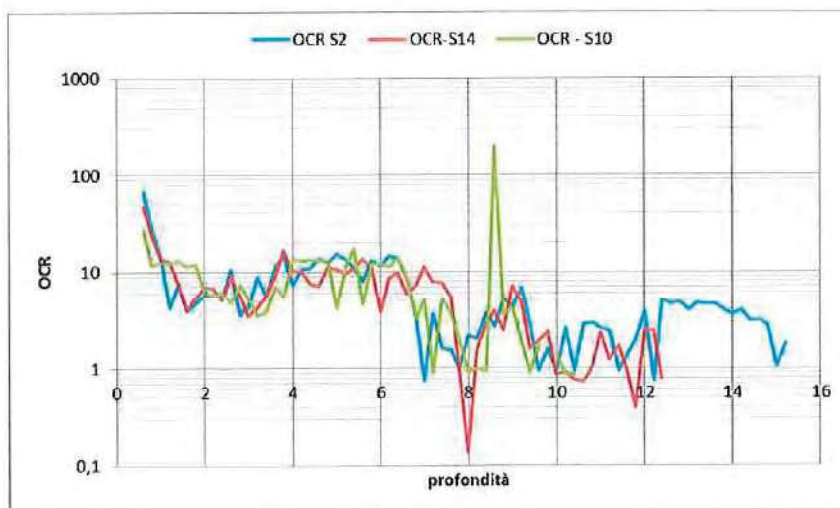
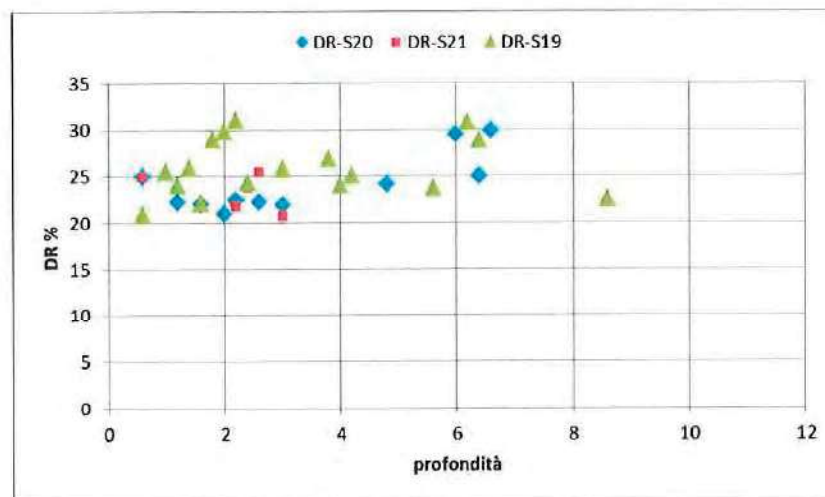
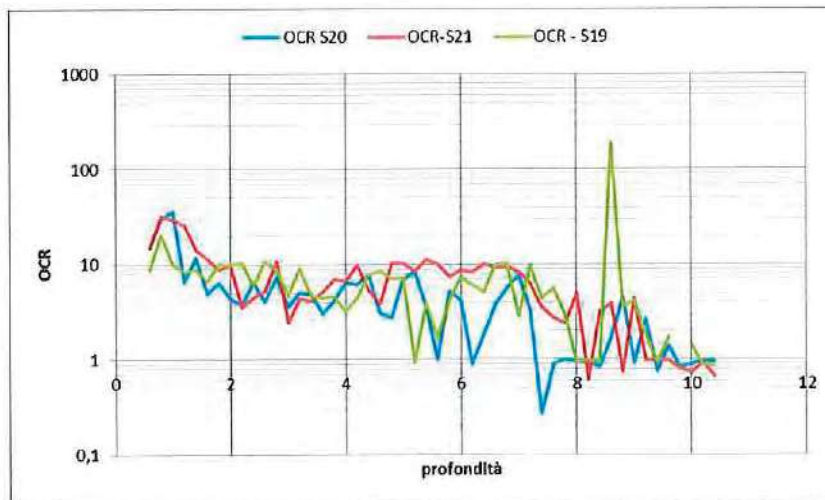
In relazione all'ubicazione degli ampliamenti rispetto ai sondaggi eseguiti nel 2003, vengono presi in considerazione quei sondaggi più vicini alle zone d'intervento.

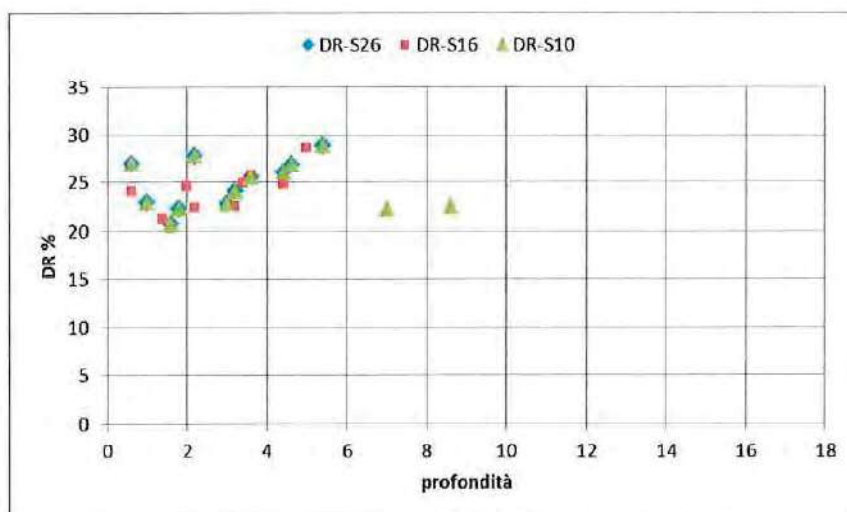
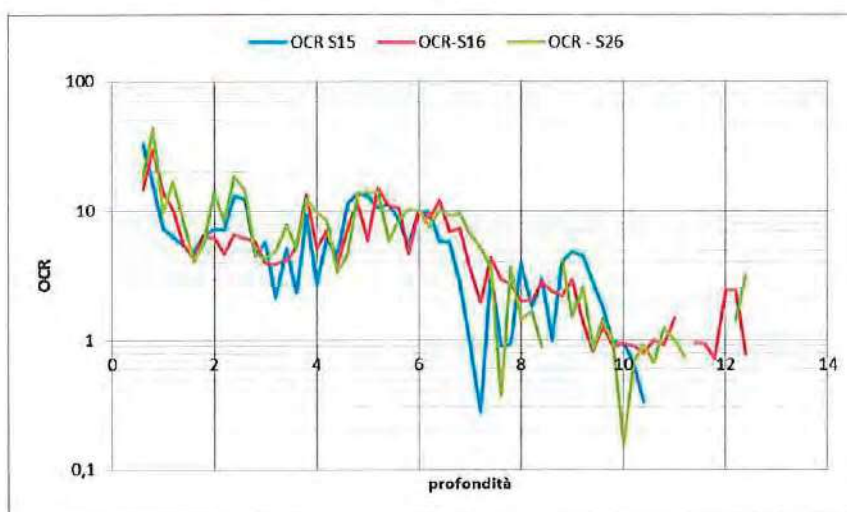
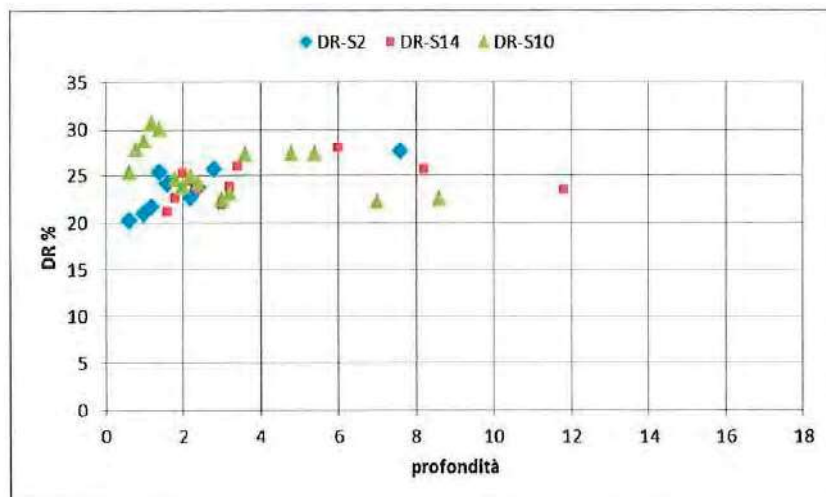
I gruppi sondaggi sono :

- 6-7-8
- 20-21-19
- 2-10-14
- 15-16-26

Di seguito i grafici delle due variabili fatti per ogni gruppo.







Relativamente all'OCR risulta che fino ai 7.00 m di profondità il sottosuolo rientra fra quelli leggermente consolidati se non consolidati (essiccazione) mentre a quote inferiori si tratta per lo più di materiale normalconsolidato con punti anche sottoconsolidati.

I livelli sabbiosi presentano densità relative comprese fra il 20 e il 30%.



## QUADRO SISMICO

La carta "Carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna" alla scala 1:250.000 (Boccaletti et Alii, 2004), mette in evidenza che parte delle strutture che interessano il riempimento sedimentario Plio- Pleistocene sono caratterizzate dalla presenza di strutture compressive attive con sovrascorrimenti e piegamenti il cui sviluppo coincide con le località di Novi, Concordia S.S., Mirandola.....

Nei mesi di Maggio e Giugno queste aree, con coinvolgimento delle zone perimetrali, fra cui Carpi, in modo marginale, sono state interessate da manifestazioni sismiche ( $M = 5.8 - 5.9$ ) che hanno portato gravi danni al patrimonio urbano e a persone.

L'innesco del sisma è stato originato dall'attivazione del sistema di faglie che si diramano nella bassa pianura emiliana (*dorsale di Ferrara*) che si raccorda a Ovest con quella di Mirandola.

Da un'analisi del meccanismo focale delle scosse di terremoto (INGV), è stato riscontrato che i processi cinematici di tutte le scosse registrate sono state di tipo concordanti. I terremoti sono avvenuti lungo piani di faglia orientati in direzione Est-Ovest e con movimento compressivo con una significativa componente trascorrente in direzione Nord-Sud.

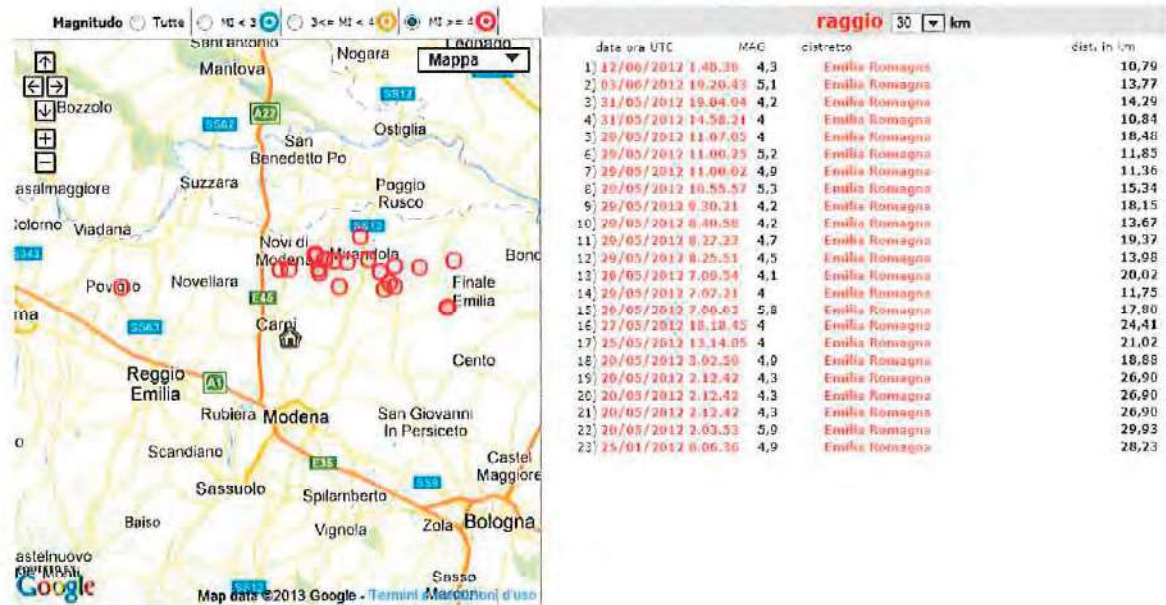
Tale orientazione è concordante con le strutture regionali di tipo appenninico aventi, in questo settore di catena, un senso di trasporto con vergenza NNE. In particolare la sismicità della sequenza dei terremoti dell'Emilia ha interessato i fronti compressivi più esterni, quali il Fronte Ferrarese ed il Fronte di Mirandola.

Quest'ultimo è caratterizzato dalla presenza di una struttura anticlinale, detta appunto anticlinale di Mirandola. Il movimento delle faglie durante il terremoto ha provocato l'accavallamento delle falde appenniniche sepolte, al di sopra della placca adriatica, causando sollevamento del terreno e raccorciamento crostale.

Nell'area su cui sorge la cantina, il sisma è stato avvertito in modo evidente (in particolare in concomitanza con l'epicentro in prossimità di Medolla [ $M = 5.8$ ] e quello vicino a Novi [ $M = 4.5$ ]), tuttavia non ci sono stati danni alle strutture esistenti né a persone.

Da INGV è possibile verificare i sismi storici (dal 217 a.C. al 2002) e recenti (dal 2002 al 2013) che hanno interessato l'area di Carpi.





Da considerare che Carpi rientra nel cratere sismico emiliano romagnolo dopo il sisma di Maggio e Giugno del 2012.

Elenco dei 14 Comuni della provincia di Modena inseriti nel 'cratere sismico' (su un totale di 52), terremoto del 20/05/2012 4:03:53 di magnitudo 5,9 vedi la mappa del cratere - [mappa completa dei comuni](#)



La massima accelerazione al suolo registrata durante il sisma di intensità  $M = 5.9$ , è stata di 0.17 come evidenziato nel tabulato che segue.

CRP:

Agency: RAN

Lat: 44.7820 Lon: 10.8700 Distance: 13.7 km from epicenter

Intensity: 5.9

Station Comp	Max Vel (cm/s)	Max Acc (%g)	PSA: 0.3 sec (%g)	1.0 sec (%g)	3.0 sec (%g)
HGN	6.8000	17.3293	20.3874	6.7278	1.5291
HGZ	2.3000	8.4608	7.9511	1.9368	1.2232
HGE	9.2000	12.2324	19.3680	12.2324	1.6310



Questa , però, non è la massima attesa.

Considerando le zone sismogenetiche si rileva che la località in oggetto si trova a circa 3.00 Km dalla ITCS051 Novi – Poggio Renatico la cui magnitudo stimata è 5.9 (Burrato) e a 4.00 Km dalla ITCS049 Reggio Emilia – Rolo la cui magnitudo prevista è 5.5..



Secondo Sabetta & Pugliese , l'accelerazione al suolo si trova:

$$\text{Log}(a) = -1.56 + 0.306 * M - \text{Log} \sqrt{D^2 + 5.8^2} + 0.169S$$

Dove:

*M* = magnitudo che si riferisce alla zona sismogenetica

*D* = distanza dalla proiezione in superficie della faglia (km) [fatta coincidere con l'epicentro]

*S* = coefficiente pari a "0" per terreni duri e profondi e a "1" per terreni superficiali

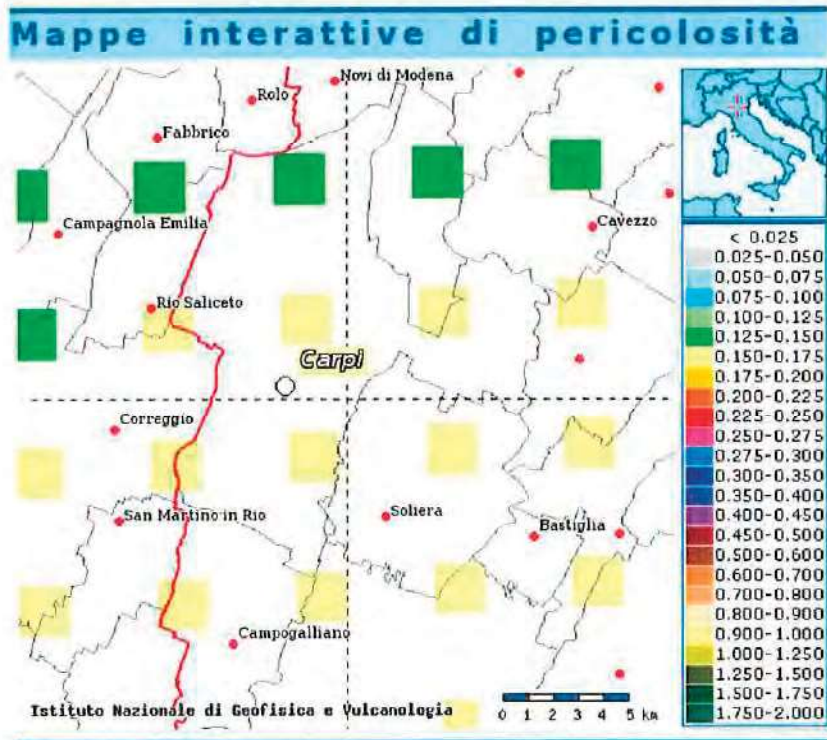
Come anticipato, il sito si trova a circa 3.00 Km dalla zona sismogenetica la cui magnitudo è pari a 5.9 pertanto applicando la suddetta relazione si ha:

$$\text{Log}(a) = -1.56 + 0.306 * 5.9 - \text{Log} \sqrt{D^2 + 5.8^2} + 0.169 * 0 = -0.57 \text{ da cui } a = 0.27$$

Secondo la carta del rischio sismico si ha che l'a(g) a livello di substrato varia da 0,15 a 0,175.

Ora, la  $V_{s30}$  oscilla da 212 a 268 m/s (ved. grafici a seguire) , per cui il sito si trova in classe "C", inoltre, considerando che lo spessore della copertura alluvionale è maggiore di 100 m, le tabelle RER (2007) definiscono il coefficiente di amplificazione stratigrafico uguale a 1,50 pertanto la forbice entro la quale si trova l'accelerazione al suolo varia da  $0,15 * 1,5 = 0.225$  a  $0,175 * 1,5 = 0.265$ , ossia un valore massimo che corrisponde all'incirca con quello determinato con Sabetta.





Carta del rischio sismico

FA PGA - IS substrato maggiore di 100 m da RER 112/2007  
PGA

Vs30	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
PGA	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,1	1,1	1,1

FA - IS  $0.1 < T_0 < 0.5$

Vs30	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
PGA	1,8	1,8	1,7	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	1	1

FA - IS  $0.5 < T_0 < 1.00$

Vs30	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
PGA	2,5	2,3	2,3	2	1,8	1,7	1,7	1,5	1,2	1

FA - PGA  
1,50

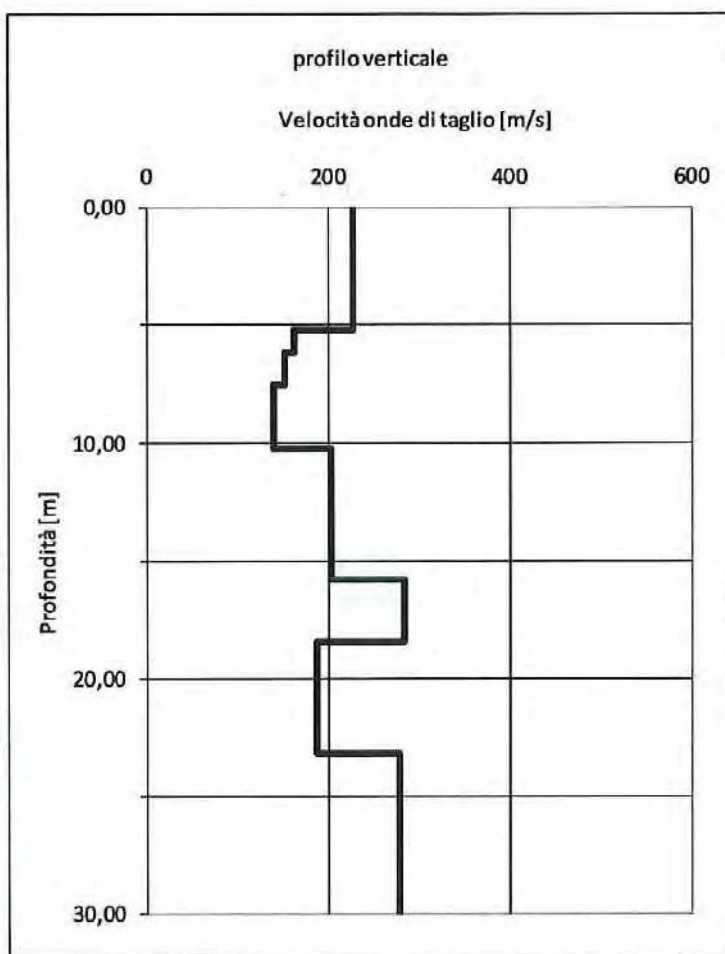
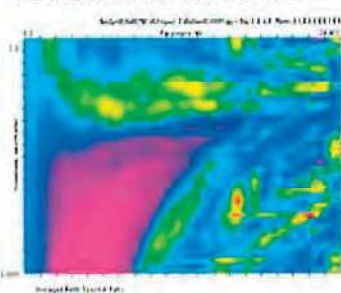
FA - IA :  $0.1 < T_0 < 0.5$   
1,80

FA - IA :  $0.5 < T_0 < 1.00$   
2,50

Tabella RER . amplificazione stratigrafica

strati	Prof.	H	Vs	tempi
1	5,18	4,18	229	0,01827
2	6,15	0,97	163	0,00594
3	7,55	1,40	153	0,00912
4	10,24	2,69	141	0,01913
5	15,78	5,54	203	0,02732
6	18,45	2,67	284	0,00941
7	23,17	4,72	188	0,02508
8	30,27	7,11	279	0,02545
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
<b>ULTIMO</b>	<b>31,00</b>	<b>0,73</b>	<b>423</b>	<b>0,00172</b>
<b>Somma tempi</b>				<b>0,14145</b>
<b>Vs30</b>			<b>212</b>	
<b>CLASSE</b>			<b>C</b>	

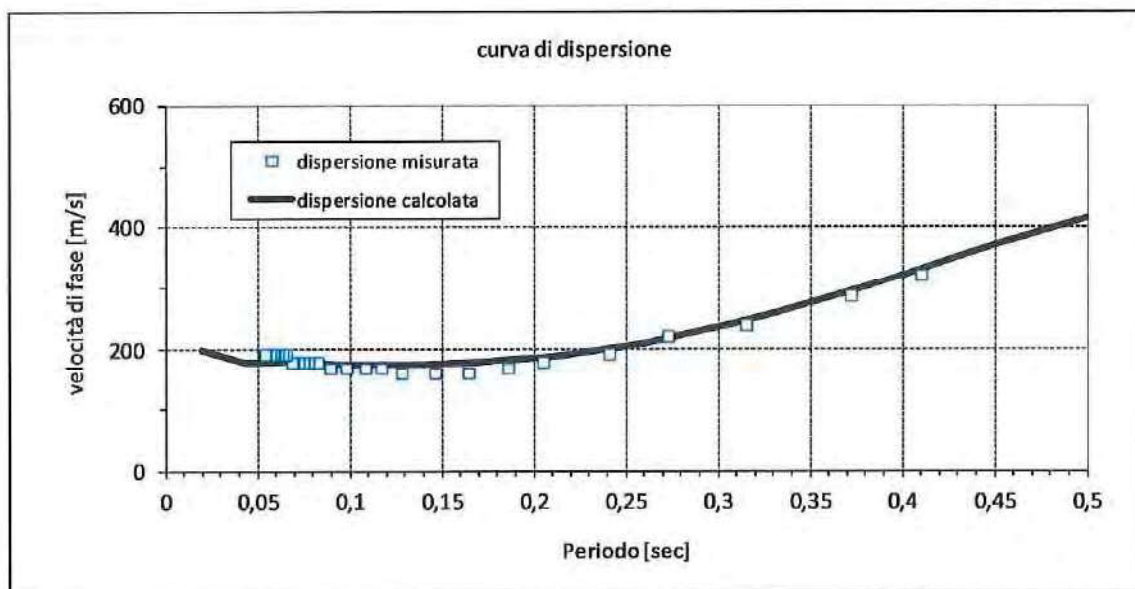
**Vs Refraction Microtremor**



località **CANTINA DI CARPI**

Prof. Pos. Fond. **1**

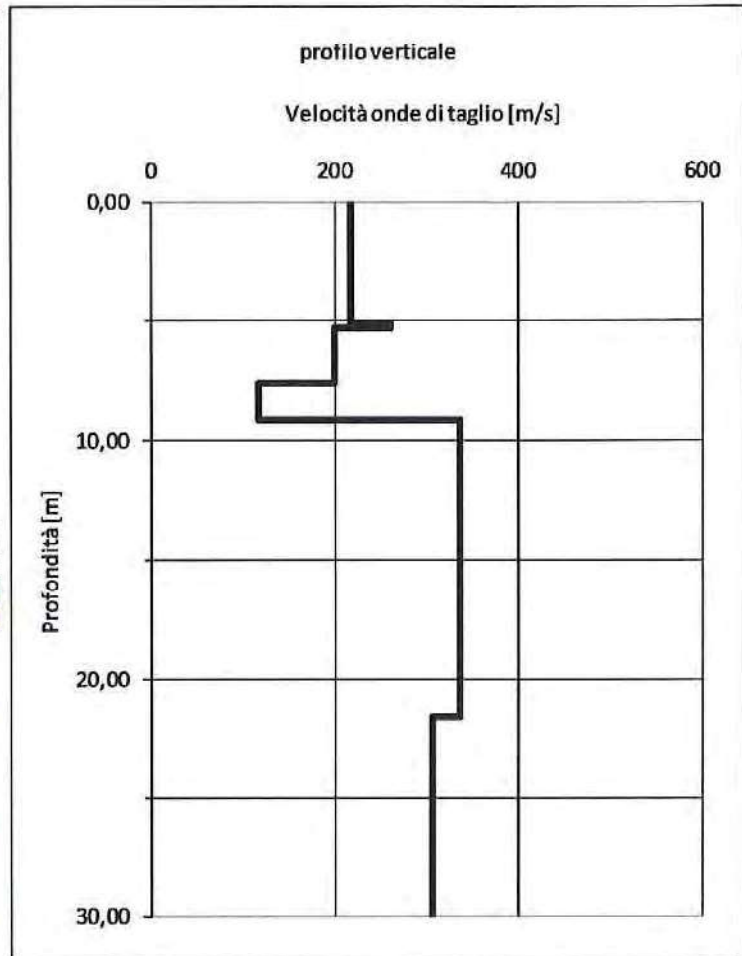
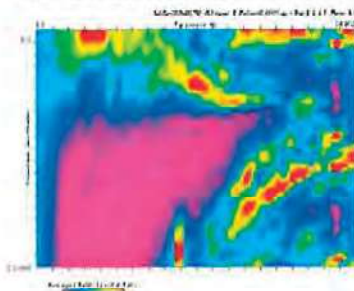
Sond. N° **1**



Calcolo della Vs30- ReMi n.I

strati	Prof.	H	Vs	tempi
1	5,05	4,05	218	0,01855
2	5,27	0,22	262	0,00085
3	7,57	2,30	200	0,0115
4	9,16	1,59	117	0,01359
5	21,62	12,46	337	0,03701
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
<b>ULTIMO</b>	<b>31,00</b>	<b>9,38</b>	<b>307</b>	<b>0,03049</b>
Somma tempi				0,11199
<b>Vs30</b>				<b>268</b>
<b>CLASSE</b>				<b>C</b>

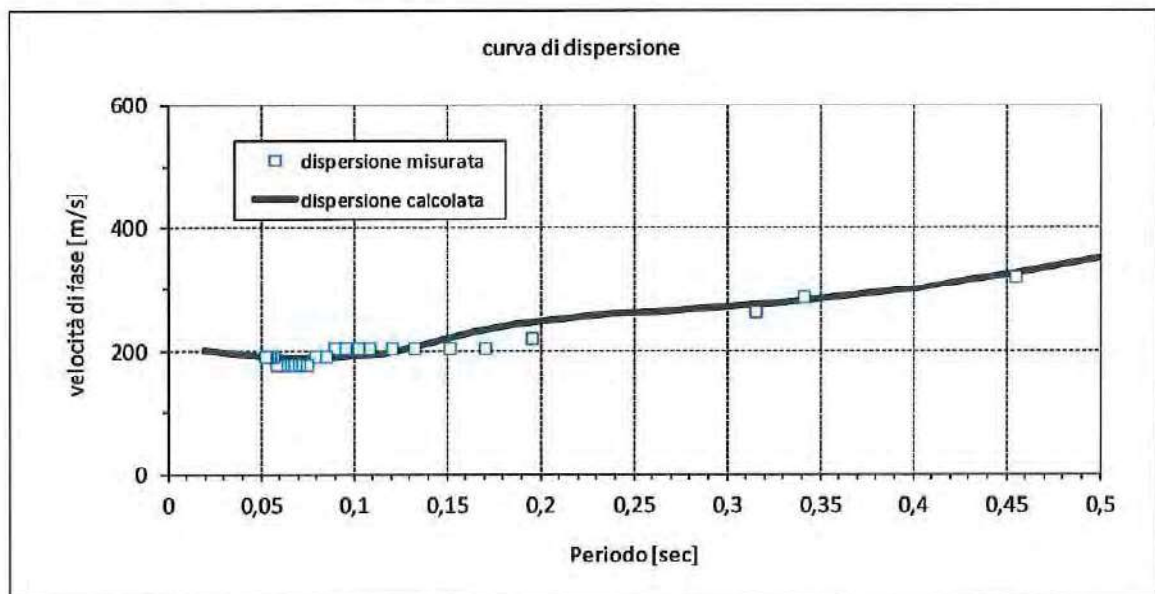
**Vs Refraction Microtremor**



località **CANTINA DI CARPI**

Prof. Posa Fond. **1**

Sond. N° **2**



Calcolo della Vs30- ReMi n.2



## LIQUEFAZIONE/CEDIMENTI POST-SISMICI

Il fenomeno della liquefazione si verifica in particolare quando:

- la magnitudo del sisma è uguale o superiore a 5.0
- l'accelerazione al suolo  $a(g)$  è uguale o superiore a 0,2
- i depositi sabbiosi si trovano a profondità inferiori o uguale a 15 m ed hanno una bassa densità relativa e uno spessore di almeno 1.00 m
- la falda è superficiale (*nei primi 3.00 m*).

Per le verifiche si utilizzano i dati delle CPT applicando il metodo di *Robertson – Wride*.

Il coefficiente di sicurezza alla liquefazione viene fornito come rapporto fra la resistenza al taglio del terreno "CRR" e la sollecitazione sismica "CSRfs". Quando il rapporto è minore di "1.00" le sabbie si ritengono liquefacibili.

Il rischio alla liquefazione viene però definito dall'indice del potenziale di liquefazione "IL".

$$IL = \int_0^{15} F(z) * W(z) dz$$

Dove :

$W(z)$  = è una funzione di pesi, linearmente decrescente con la profondità, che tiene conto della profondità dello strato liquefacibile, attribuendo peso maggiore agli strati superficiali ed è data da :

$$W(z) = 10 - 0,5z$$

$F(z)$  = esprime il potenziale di liquefazione per ciascun strato in funzione del fattore di sicurezza .

"IL" esprime la risultante dei contributi di tutti gli strati sabbiosi pertanto è un parametro finale cumulativo specifico del profilo considerato (*Iwasaki e Alt. 1978*).

Per ogni verticale scelta è stato così calcolato anche "IL" che viene riportato in calce al grafico relativo al rapporto CRR/CSRfs.

Il rischio varia da nullo a molto alto secondo la scala di *SONMEZ 2003* sotto riportata.

IL	rischio
0	Nulla
$0,2 < IL \leq 2$	Basso
$2 < IL \leq 5$	modesto
$5 < IL \leq 15$	alto
$IL > 15$	Molto alto

Il fenomeno dei cedimenti post-sismici riguarda tutte le sabbie sciolte sature e non sature (*addensamento*) e tutte le argille soffici (*riconsolidazione per la dissipazione delle pressioni neutre*).

Per questa verifica si ricorre alle prove CPT seguendo il metodi di C.Y.Lee per le sabbie sature, le NTC 2008 per quelle non sature e Robertson per le argille.

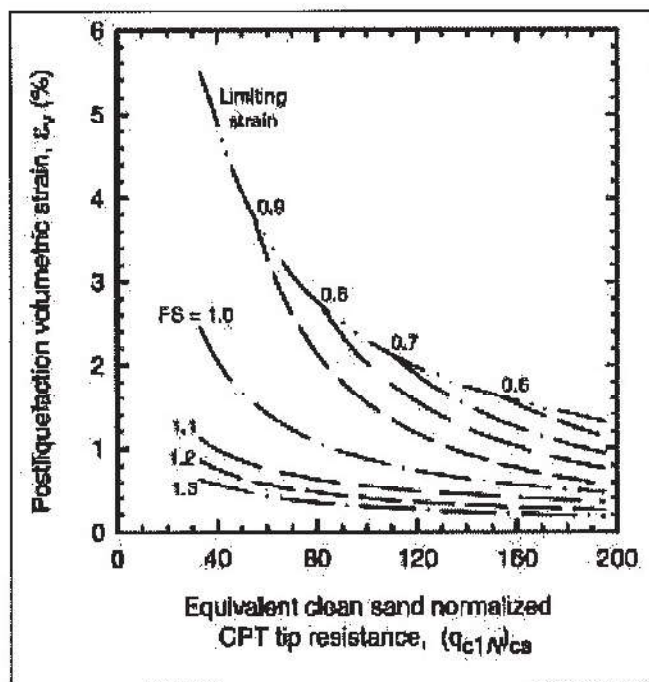
Il cedimento si trova:

$$W = \epsilon_v \cdot \Delta H$$

Dove:

- $\epsilon_v$  = deformazione post-sismica indotta (p%)
- $\Delta H$  = spessore dello strato sabbioso (20 cm).

Per le sabbie " $\epsilon_v$ " viene calcolata in funzione della resistenza penetrometrica normalizzata e del fattore di sicurezza a liquefazione calcolato alla quota corrispondente dello strato utilizzando le espressioni riportate nel grafico che segue (da Zhang e Altri, 2002).



Per le argille il parametro " $\epsilon_v$ " viene determinato (Robertson)

$$\epsilon_v = \frac{0.8 - 2.66 \text{Log}(FS)}{OCR} \cdot \sigma_v' \cdot \frac{1}{(10 - 9 \text{Log}(OCR)) \cdot Q_t^2 \cdot \sigma_v'}$$

Dove:

- $FS = CRR/CSR$  ( $CRR$  = resistenza al taglio del terreno;  $CSR$  = sollecitazione sismica)
- $OCR$  = rapporto di sovraconsolidazione
- $Q_t$  = resistenza alla punta normalizzata
- $\sigma_v'$  = pressione litostatica efficace

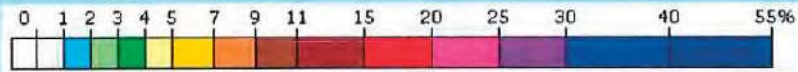
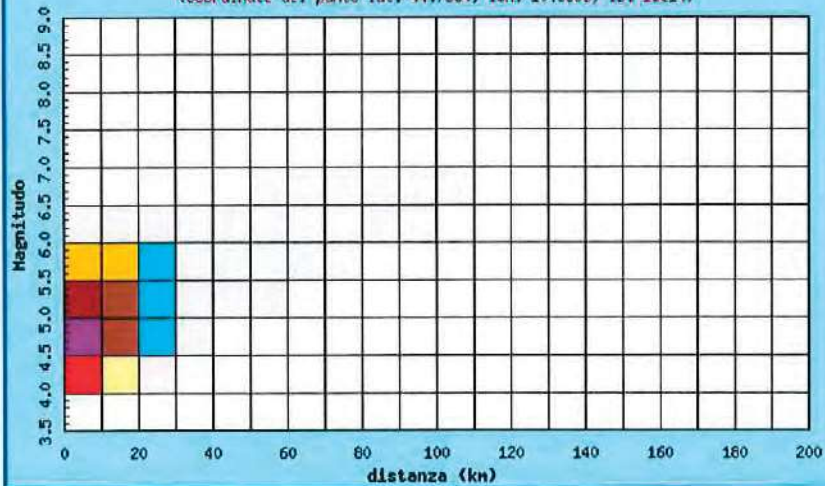
I grafici che seguono riportano l'indice del potenziale di liquefazione "IL" e i cedimenti.

La verifica è stata fatta utilizzando un' $a(g) = 0,265$  mentre per la magnitudo attesa si ricorre alla disaggregazione dell' $a(g)$  substrato (ved. in seguito). Risultato  $M = 4,9 = 5,00$ .



**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia**  
**Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni**

(Coordinate del punto lat: 44.7564, lon: 10.8866, ID: 15614)



**Contributo percentuale alla pericolosita'**

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.7564, lon: 10.8866, ID: 15614)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	15.300	26.800	13.900	6.220	0.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	4.050	10.700	9.210	6.110	0.799	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.144	1.150	1.880	1.660	0.202	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.025	0.318	0.481	0.057	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.023	0.141	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.024	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.960	9.340	0.702

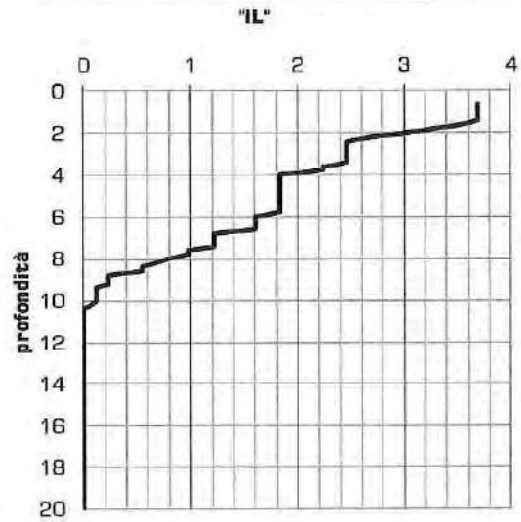
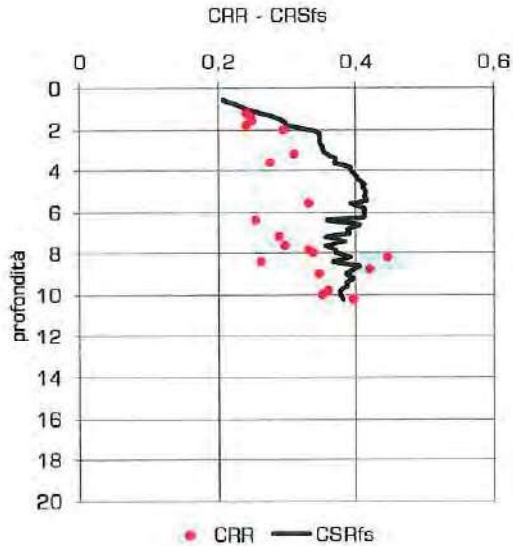


## SONDAGGI 6-7-8

### LIQUEFAZIONE *da Robertson-Wride*

CSRfs = sforzo tangenziale indotto dal sisma  
 CRR = resistenza al taglio del terreno

magnitudo previsto	5
amax/g	0,265
SONDAGGIO	6
Committente	cantina carpi
Località	carpi



### INDICE DEL POTENZIALE LIQUEFAZIONE <IL>

$$\int_0^{15} F(z) * W(z) dz$$

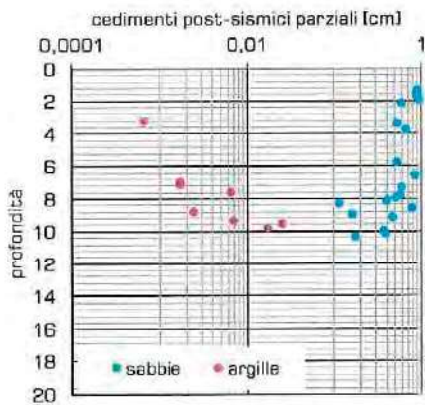
3,68

**RISCHIO**

**MODESTO**

IL = 0 : rischio nullo - 0 < IL <= 2 : rischio basso - 2 < IL <= 5 : rischio modesto - 5 < IL <= 15 : rischio alto - IL > 15 : rischio molto alto

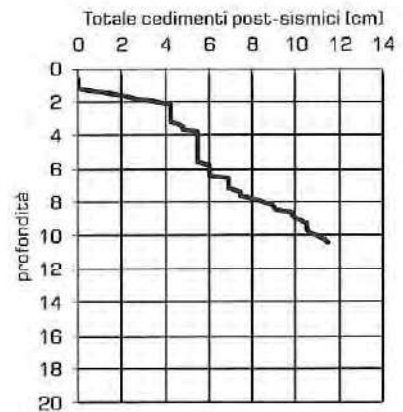
### CEDIMENTI POST-SISMICI



**TOTALE ARGILLE**  
0,06

**TOTALE SABBIE**  
11,43

**TOTALE**  
11,50

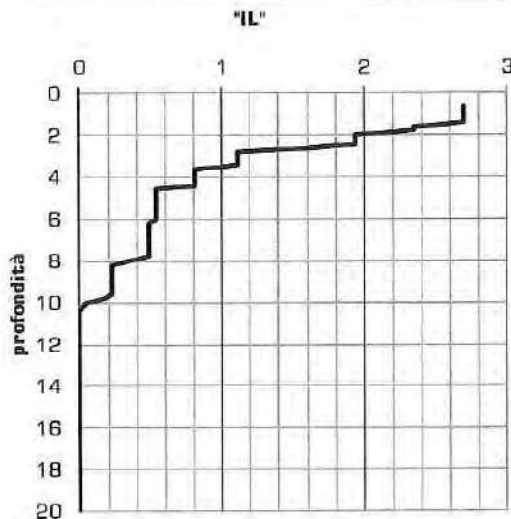
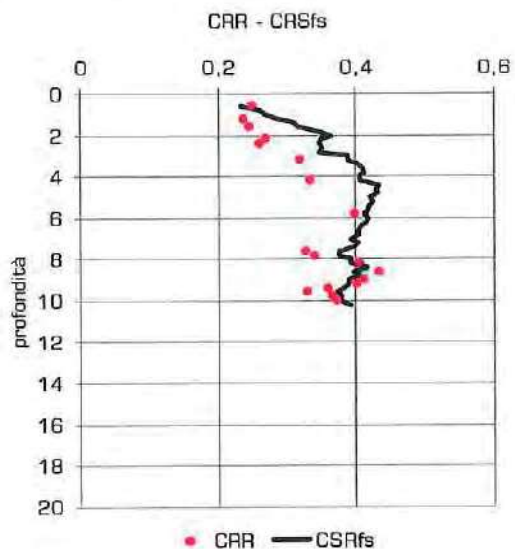


da P.K.Robertson : performance based earthquake design using the CPT - 2009  
 C.Y.Lee: Earthquake induced settlements in saturated sandy soils 1987 -  
 NTC 2008 per sabbie non sature

**LIQUEFAZIONE** da Robertson-Wride

CSRfs = sforzo tangenziale indotto dal sisma  
 CRR = resistenza al taglio del terreno

magnitudo previsto 5  
 amax/g 0,265  
 SONDAGGIO 7  
 Committente cantina carpi  
 Località carpi



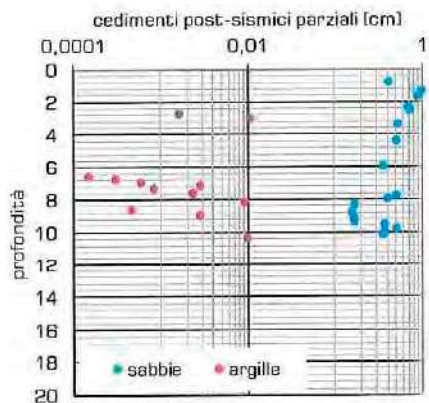
**INDICE DEL POTENZIALE LIQUEFAZIONE <IL>**

$$\int_0^{15} F(z) * W(z) dz$$

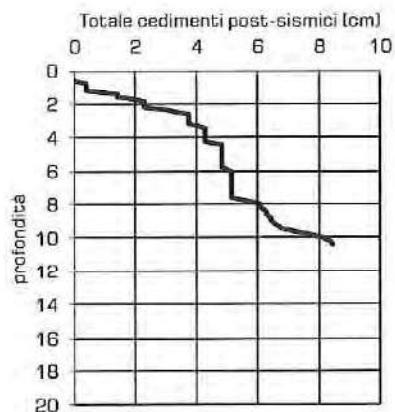
**RISCHIO**  
**MODESTO**  
 2,69

IL = 0 : rischio nullo - 0 < IL <= 2 : rischio basso - 2 < IL <= 5 : rischio modesto - 5 < IL <= 15 : rischio alto - IL > 15 : rischio molto alto

**CEDIMENTI POST-SISMICI**



**TOTALE ARGILLE**  
 0,04  
**TOTALE SABBIE**  
 8,37  
**TOTALE**  
 8,42

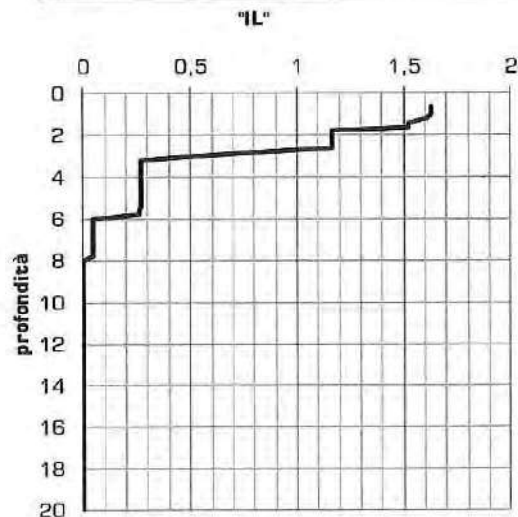
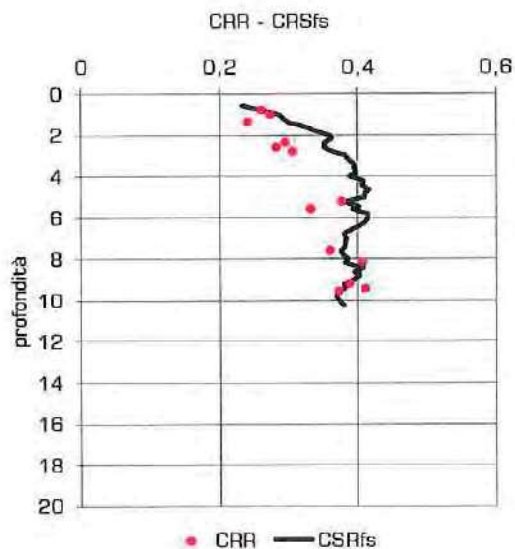


da P.K.Robertson : performance based earthquake design using the CPT - 2009  
 C.Y.Lee: Earthquake induced settlements in saturated sandy soils 1987 -  
 NTC 2008 per sabbie non sature

**LIQUEFAZIONE** da Robertson-Write

CSRfs = sforzo tangenziale indotto dal sisma  
 CRR = resistenza al taglio del terreno

magnitudo previsto 5  
 amax/g 0,265  
 SONDAGGIO 8  
 Committente cantina carpi  
 Località carpi



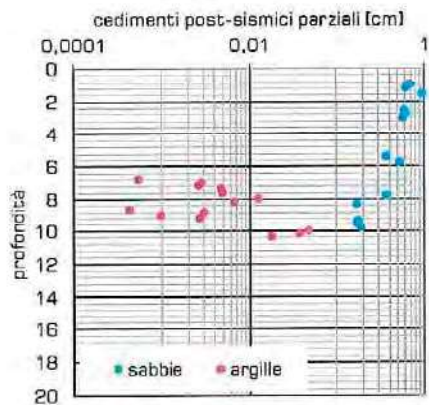
**INDICE DEL POTENZIALE LIQUEFAZIONE <IL>**

$$\int_0^{15} F(z) * W(z) dz$$

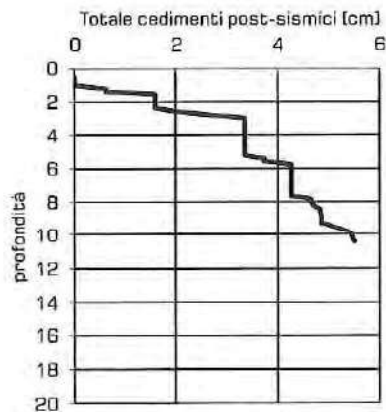
**1,63** **RISCHIO BASSO**

IL = 0 : rischio nullo - 0 < IL <= 2 : rischio basso - 2 < IL <= 5 : rischio modesto - 5 < IL <= 15 : rischio alto - IL > 15 : rischio molto alto

**CEDIMENTI POST-SISMICI**



**TOTALE ARGILLE**  
 0,15  
**TOTALE SABBIE**  
 6,05  
**TOTALE**  
 6,20



da P.K.Robertson : performance based earthquake design using the DPT - 2009  
 C.Y.Lee: Earthquake induced settlements in saturated sandy soils 1987 -  
 NTC 2008 per sabbie non sature

Come si può osservare in questa zona il rischio è BASSO/MODESTO.  
 I cedimenti oscillano da 6 a 11.50 cm.

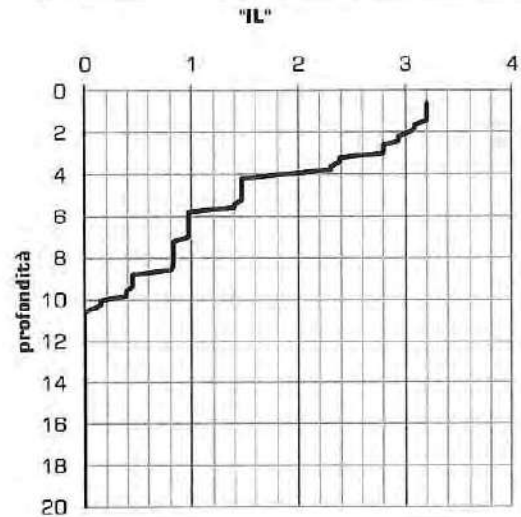
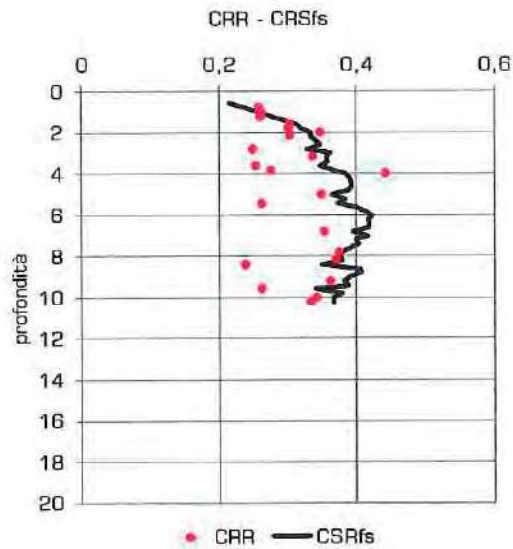


SONDAGGI 19-20-21

**LIQUEFAZIONE** da Robertson-Write

CSRfs = sforzo tangenziale indotto dal sisma  
 CRR = resistenza al taglio del terreno

magnitudo previsto 5  
 amax/g 0,265  
 SONDAGGIO 19  
 Committente cantina carpi  
 Località carpi



**INDICE DEL POTENZIALE LIQUEFAZIONE <IL>**

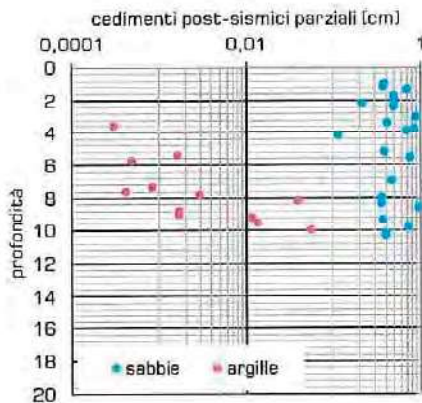
$$\int_0^{15} F(z) * W(z) dZ$$

**RISCHIO  
 MODESTO**

**3,20**

IL = 0 : rischio nullo - 0 < IL <= 2 : rischio basso - 2 < IL <= 5 : rischio modesto - 5 < IL <= 15 : rischio alto - IL > 15 : rischio molto alto

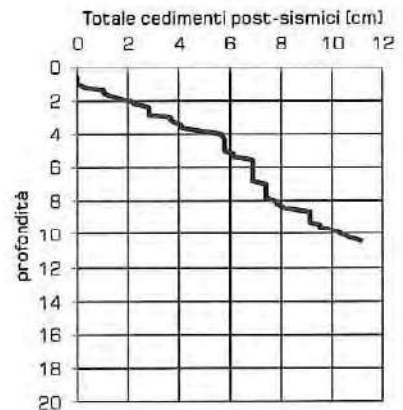
**CEDIMENTI POST-SISMICI**



**TOTALE ARGILLE  
 0,13**

**TOTALE SABBIE  
 11,39**

**TOTALE  
 11,52**

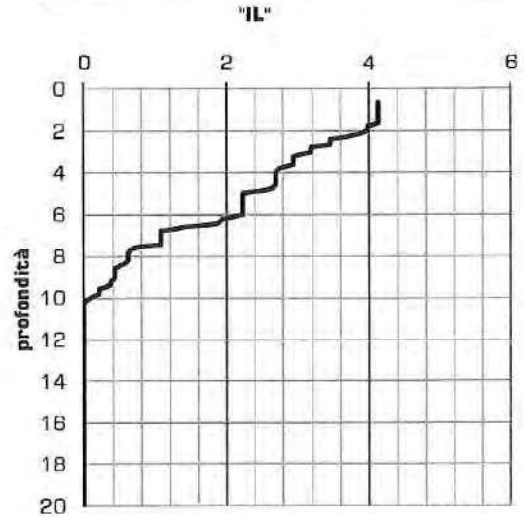
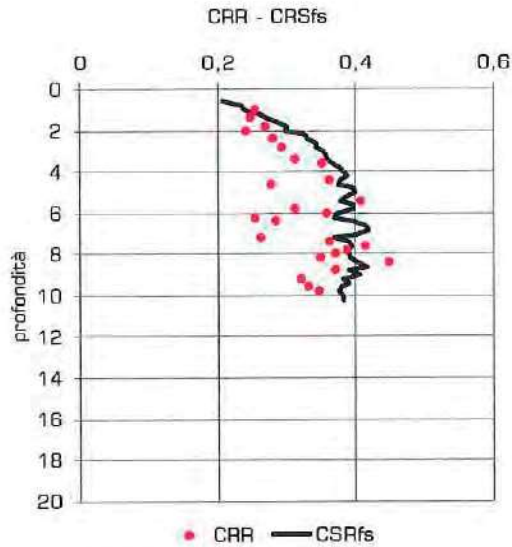


da P.K.Robertson : performance based earthquake design using the CPT - 2009  
 C.Y.Lee: Earthquake induced settlements in saturated sandy soils 1987 -  
 NTC 2008 per sabbie non sature

**LIQUEFAZIONE** da Robertson-Wride

CSRfs = sforzo tangenziale indotto dal sisma  
 CRR = resistenza al taglio del terreno

magnitudo previsto 5  
 amax/g 0,265  
 SONDAGGIO 20  
 Committente cantina carpi  
 Località carpi



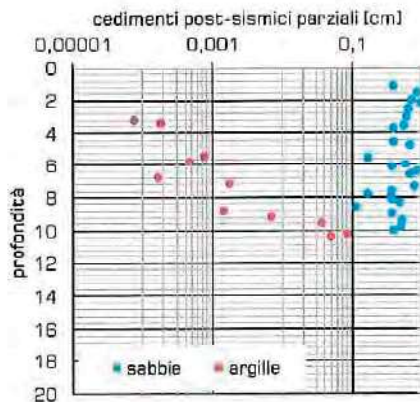
**INDICE DEL POTENZIALE LIQUEFAZIONE <IL>**

$$\int_0^{15} F(z) * W(z) dz$$

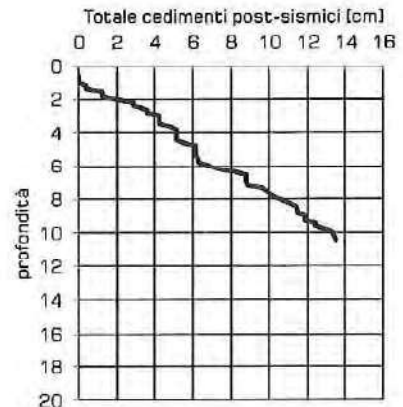
**RISCHIO**  
**MODESTO**  
**4,12**

IL = 0 : rischio nullo - 0 < IL <= 2 : rischio basso - 2 < IL <= 5 : rischio modesto - 5 < IL <= 15 : rischio alto - IL > 15 : rischio molto alto

**CEDIMENTI POST-SISMICI**



**TOTALE ARGILLE**  
**0,19**  
**TOTALE SABBIE**  
**13,27**  
**TOTALE**  
**13,46**



da P.K.Robertson : performance based earthquake design using the CPT - 2009

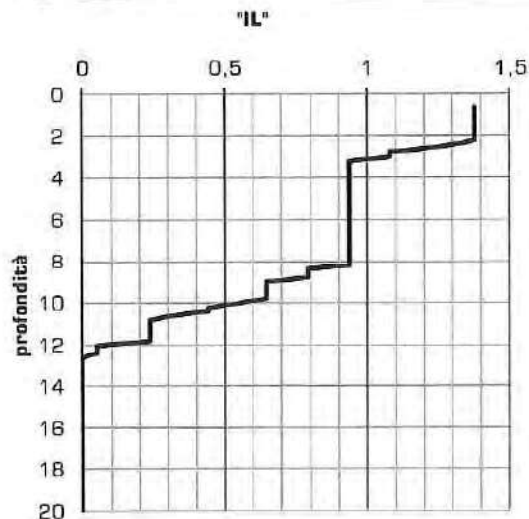
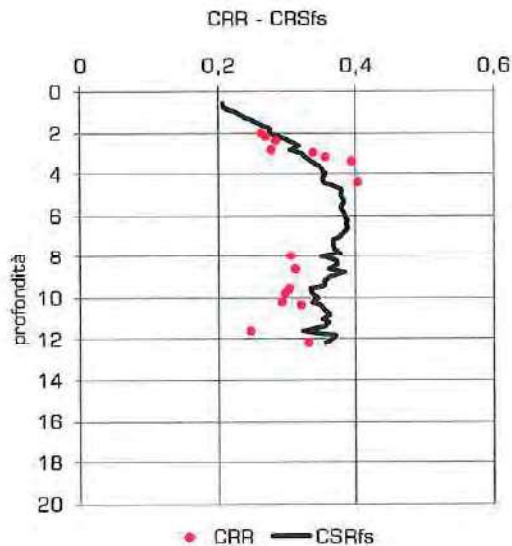
C.Y.Lee: Earthquake induced settlements in saturated sandy soils 1987 -

NTC 2008 per sabbie non sature

**LIQUEFAZIONE** da Robertson-Wride

CSRfs = sforzo tangenziale indotto dal sisma  
 CRR = resistenza al taglio del terreno

magnitudo previsto	5
amax/g	0,265
SONDAGGIO	21
Committente	cantina carpi
Località	carpi



**INDICE DEL POTENZIALE LIQUEFAZIONE <IL>**

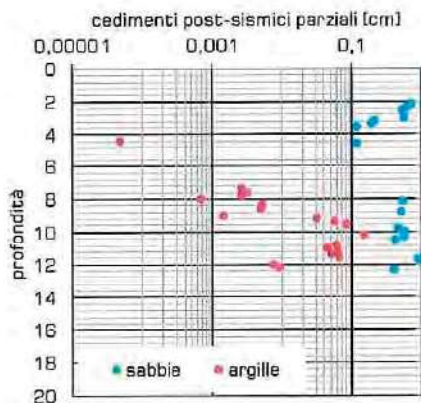
$$\int_0^{15} F(z) * W(z) dz$$

**RISCHIO**  
**BASSO**

**1,37**

IL = 0 : rischio nullo - 0 < IL <= 2 : rischio basso - 2 < IL <= 5 : rischio modesto - 5 < IL <= 15 : rischio alto - IL > 15 : rischio molto alto

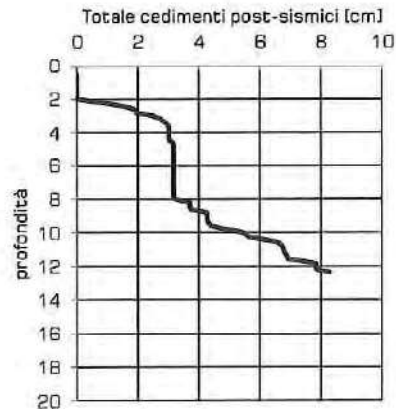
**CEDIMENTI POST-SISMICI**



**TOTALE ARGILLE**  
**0,66**

**TOTALE SABBIE**  
**7,62**

**TOTALE**  
**8,28**



da P.K.Robertson : performance based earthquake design using the CPT - 2009  
 G.Y.Lee: Earthquake induced settlements in saturated sandy soils 1987 -  
 NTC 2008 per sabbie non sature

In questo gruppo di sondaggi il rischio di liquefazione varia fra il BASSO/MODESTO.  
 I cedimenti : 8.28 – 13.46 cm

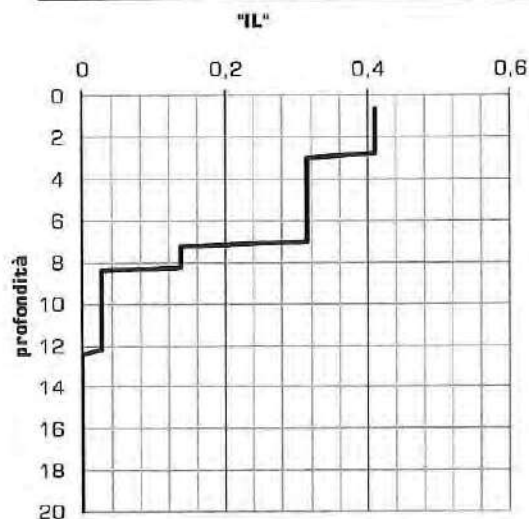
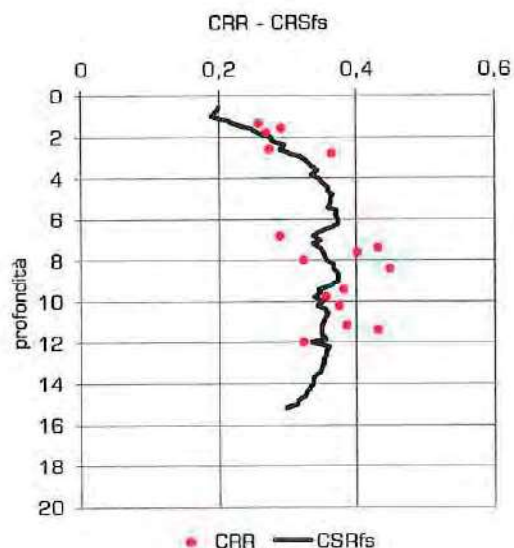


## SONDAGGI 2-10-14

### LIQUEFAZIONE *da Robertson-Wride*

CSRfs = sforzo tangenziale indotto dal sisma  
 CRR = resistenza al taglio del terreno

magnitudo previsto	5
amax/g	0,265
SONDAGGIO	2
Committente	cantina carpi
Località	carpi



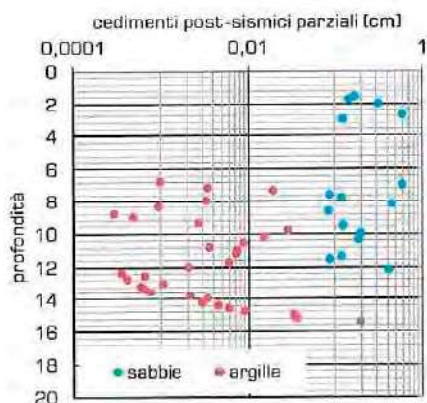
### INDICE DEL POTENZIALE LIQUEFAZIONE <IL>

$$\int_0^{15} F(z) * W(z) dz$$

**0,41**  
**RISCHIO BASSO**

IL = 0 : rischio nullo - 0 < IL <= 2 : rischio basso - 2 < IL <= 5 : rischio modesto - 5 < IL <= 15 : rischio alto - IL > 15 : rischio molto alto

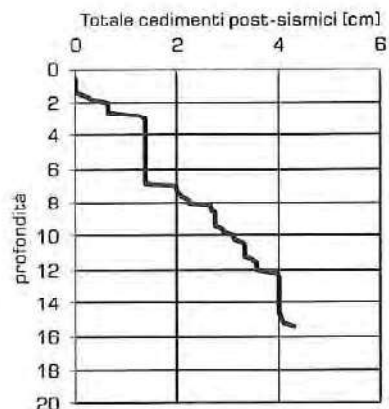
### CEDIMENTI POST-SISMICI



**TOTALE ARGILLE**  
**0,42**

**TOTALE SABBIE**  
**3,88**

**TOTALE**  
**4,30**



da P.K.Robertson : performance based earthquake design using the CPT - 2009

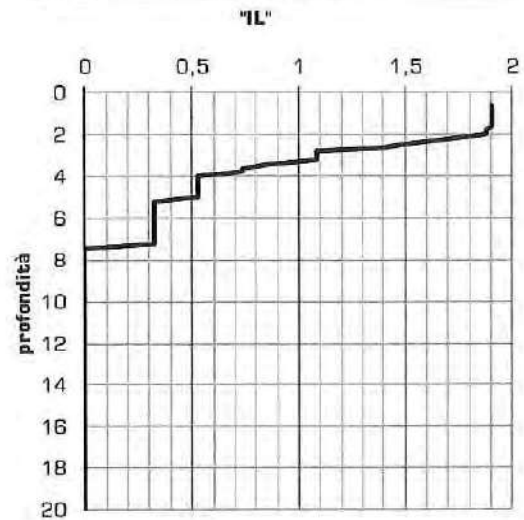
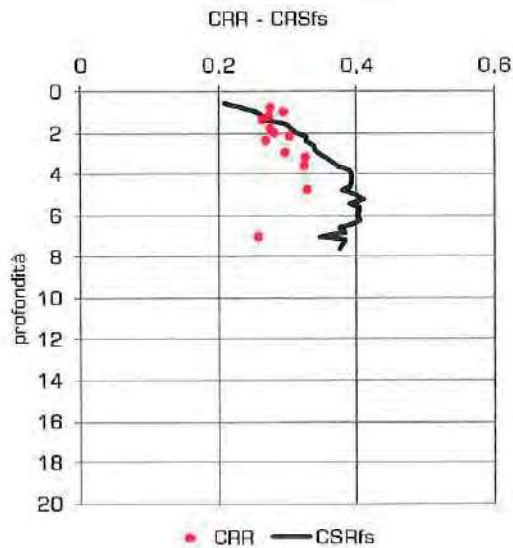
C.Y.Lee: Earthquake induced settlements in saturated sandy soils 1987

NTC 2008 per sabbie non sature

**LIQUEFAZIONE** da Robertson-Write

CSRfs = sforzo tangenziale indotto dal sisma  
 CRR = resistenza al taglio del terreno

magnitudo previsto	5
amax/g	0,285
SONDAGGIO	10
Committente	cantina carpi
Località	carpi



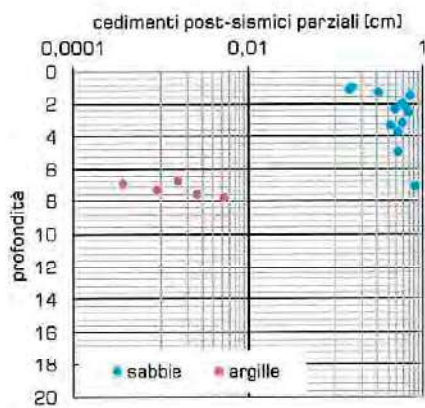
**INDICE DEL POTENZIALE LIQUEFAZIONE <IL>**

$$\int_0^{15} F(z) * W(z) dz$$

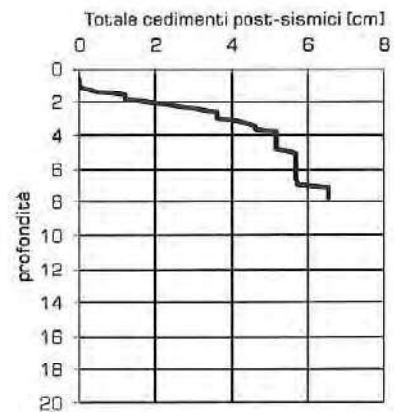
**1,90** **RISCHIO BASSO**

IL = 0 : rischio nullo - 0 < IL <= 2 : rischio basso - 2 < IL <= 5 : rischio modesto - 5 < IL <= 15 : rischio alto - IL > 15 : rischio molto alto

**CEDIMENTI POST-SISMICI**



**TOTALE ARGILLE**  
**0,01**  
**TOTALE SABBIE**  
**6,69**  
**TOTALE**  
**6,70**

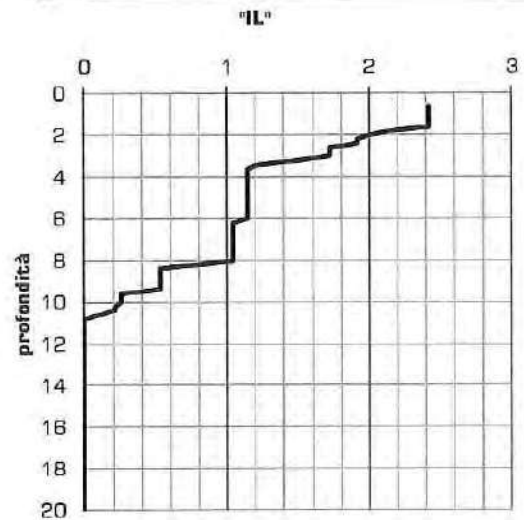
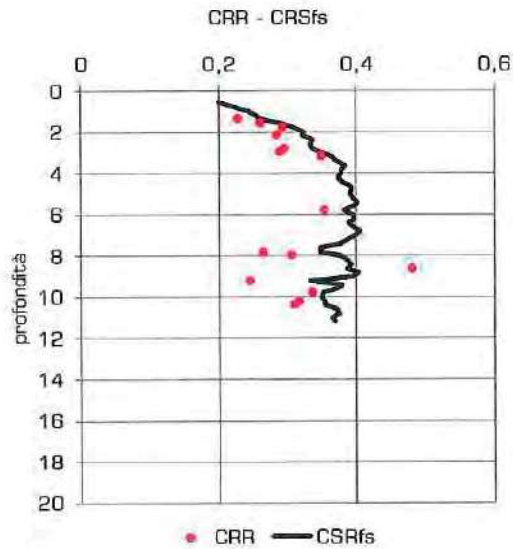


da P.K.Robertson : performance based earthquake design using the CPT - 2008  
 C.Y.Lee: Earthquake induced settlements in saturated sandy soils 1987 -  
 NTC 2008 per sabbie non saturate

**LIQUEFAZIONE** da Robertson-Wride

CSRfs = sforzo tangenziale indotto dal sisma  
 CRR = resistenza al taglio del terreno

magnitudo previsto 5  
 amax/g 0,265  
 SONDAGGIO 14  
 Committente cantina carpi  
 Località carpi



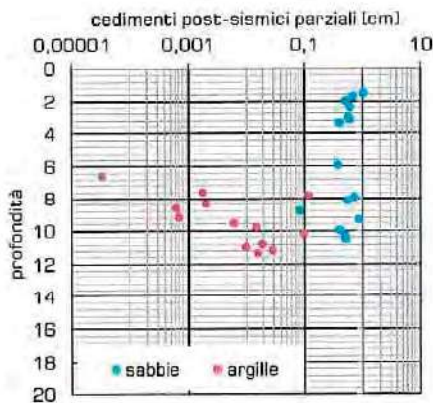
**INDICE DEL POTENZIALE LIQUEFAZIONE <IL>**

$$\int_0^{15} F(z) * W(z) dz$$

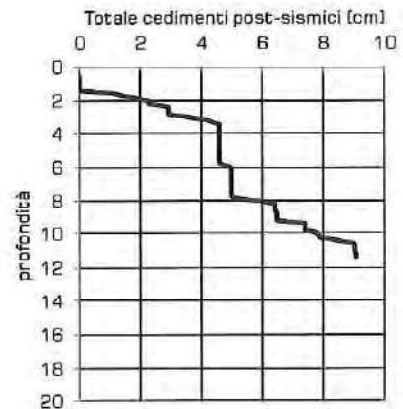
**RISCHIO**  
**MODESTO**  
 2,41

IL = 0 : rischio nullo - 0 < IL <= 2 : rischio basso - 2 < IL <= 5 : rischio modesto - 5 < IL <= 15 : rischio alto - IL > 15 : rischio molto alto

**CEDIMENTI POST-SISMICI**



**TOTALE ARGILLE**  
 0,33  
**TOTALE SABBIE**  
 8,74  
**TOTALE**  
 9,06



da P.K.Robertson : performance based earthquake design using the CPT - 2009  
 C.Y.Lee: Earthquake induced settlements in saturated sandy soils 1987 -  
 NTC 2008 per sabbie non sature

In questo gruppo il rischio di liquefazione è BASSO/MODESTO.  
 I cedimenti oscillano da 4,30 a 9.00 cm.

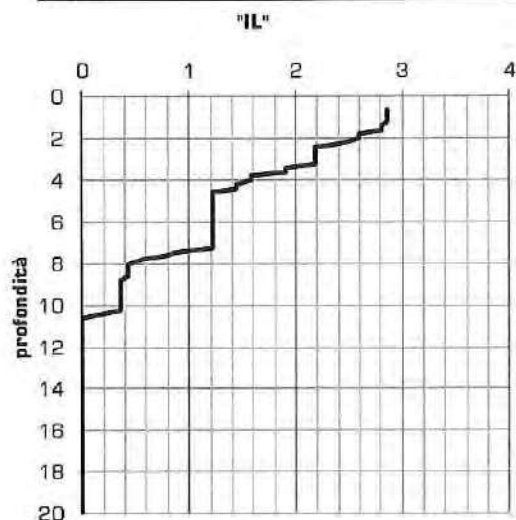
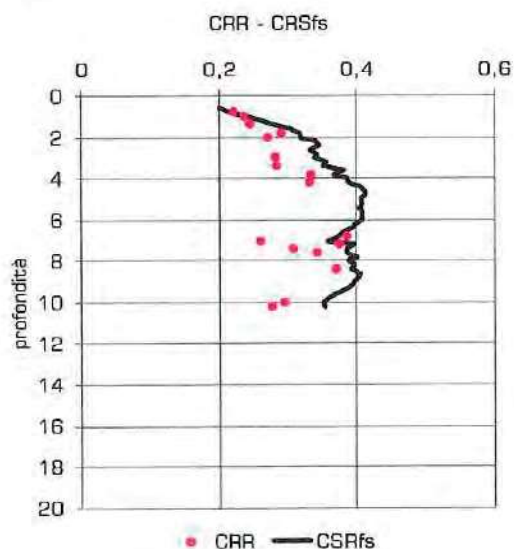


## SONDAGGI 15-16-26

### LIQUEFAZIONE *da Robertson-Wride*

CSRfs = sforzo tangenziale indotto dal sisma  
 CRR = resistenza al taglio del terreno

magnitudo previsto 5  
 amax/g 0,265  
 SONDAGGIO 15  
 Committente cantina carpi  
 Località carpi



### INDICE DEL POTENZIALE LIQUEFAZIONE <IL>

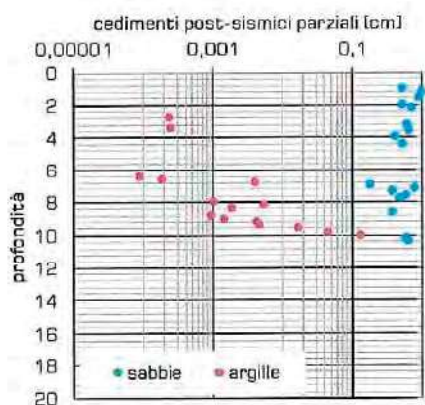
$$\int_0^{15} F(z) * W(z) dz$$

2,86

**RISCHIO  
 MODESTO**

IL = 0 : rischio nullo    0 < IL <= 2 : rischio basso  
 < IL <= 5 : rischio modesto    5 < IL <= 15 :  
 rischio alto    IL > 15 : rischio molto alto

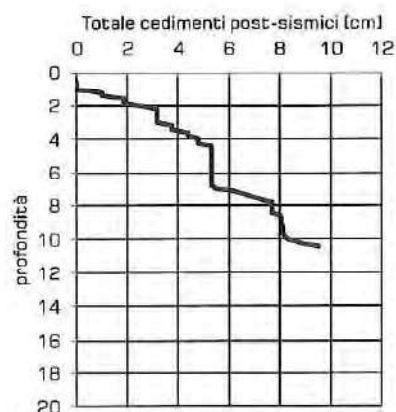
### CEDIMENTI POST-SISMICI



**TOTALE ARGILLE  
 0,22**

**TOTALE SABBIE  
 9,84**

**TOTALE  
 10,06**



da P.K.Robertson : performance based earthquake design using the CPT - 2009

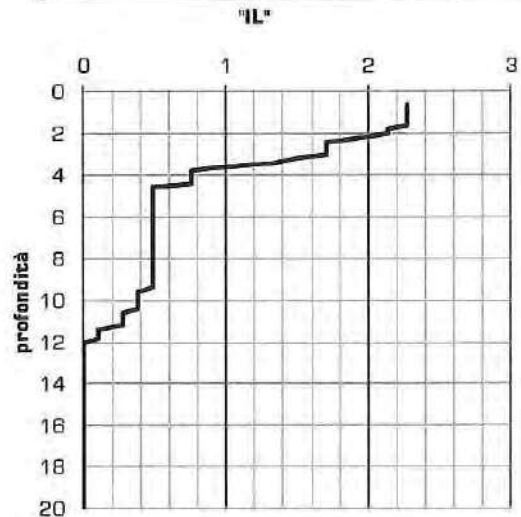
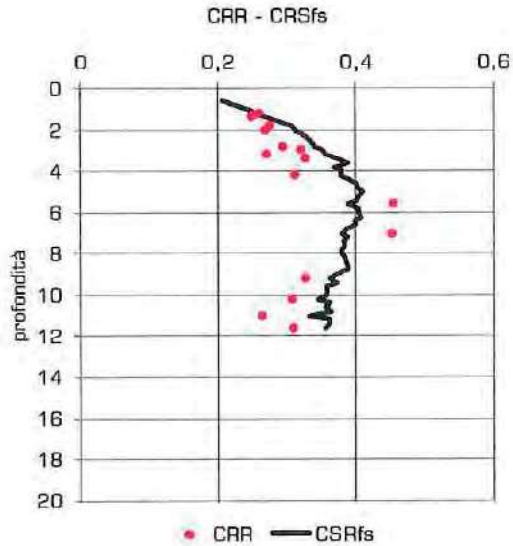
C.Y.Lee: Earthquake induced settlements in saturated sandy soils 1987 -

NIC 2008 per sabbie non sature

**LIQUEFAZIONE** da Robertson-Wride

CSRfs = sforzo tangenziale indotto dal sisma  
 CRR = resistenza al taglio del terreno

magnitudo previsto 5  
 amax/g 0,265  
 SONDAGGIO 16  
 Committente cantina carpi  
 Località carpi



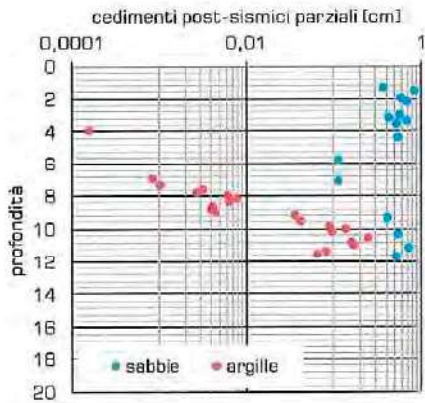
**INDICE DEL POTENZIALE LIQUEFAZIONE <IL>**

$$\int_0^{15} F(z) * W(z) dz$$

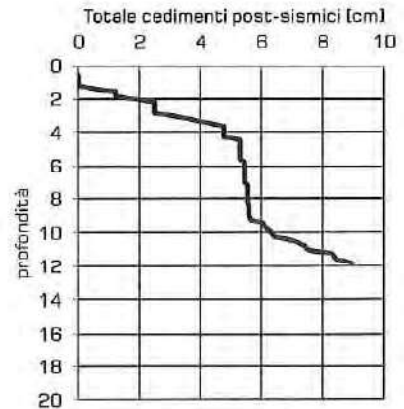
**RISCHIO**  
**MODESTO**  
 2,27

IL = 0 : rischio nullo - 0 < IL <= 2 : rischio basso - 2 < IL <= 5 : rischio modesto - 5 < IL <= 15 : rischio alto - IL > 15 : rischio molto alto

**CEDIMENTI POST-SISMICI**



**TOTALE ARGILLE**  
 1,20  
**TOTALE SABBIE**  
 7,79  
**TOTALE**  
 8,99

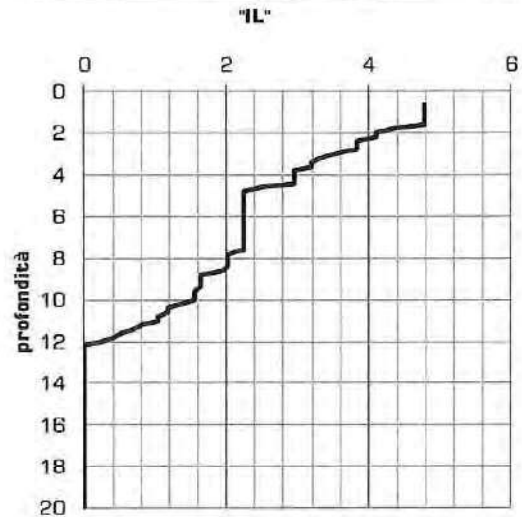
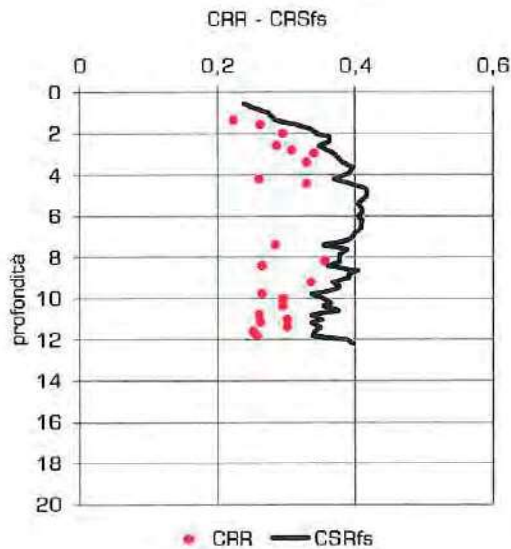


da P.K.Robertson : performance based earthquake design using the CPT - 2009  
 C.Y.Lee: Earthquake induced settlements in saturated sandy soils 1997 -  
 NTC 2008 per sabbie non sature

**LIQUEFAZIONE** da Robertson-Wride

CSRfs = sforzo tangenziale indotto dal sisma  
 CRR = resistenza al taglio del terreno

magnitudo previsto 5  
 amax/g 0,265  
 SONDAGGIO 26  
 Committente cantina carpi  
 Località carpi



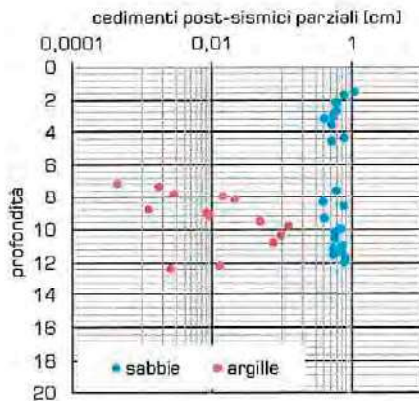
**INDICE DEL POTENZIALE LIQUEFAZIONE <IL>**

$$\int_0^{15} F(z) * W(z) dz$$

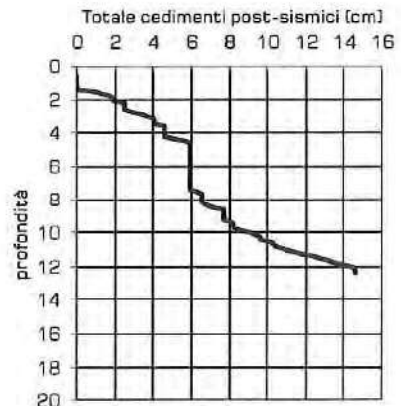
**RISCHIO**  
**MODESTO**  
 4,78

IL = 0 ; rischio nullo - 0 < IL <= 2 ; rischio basso - 2 < IL <= 5 ; rischio modesto - 5 < IL <= 15 ; rischio alto - IL > 15 ; rischio molto alto

**CEDIMENTI POST-SISMICI**



**TOTALE ARGILLE**  
 0,43  
**TOTALE SABBIE**  
 14,13  
**TOTALE**  
 14,56



da P.K.Robertson : performance based earthquake design using the CPT - 2009  
 C.Y.Lee: Earthquake induced settlements in saturated sandy soils 1987 -  
 NTC 2008 per sabbie non sature

In questo gruppo il rischio liquefazione è BASSO/MODESTO.  
 I cedimenti stimati : 8,99 – 14,56 cm.

Dunque, il rischio di avere la liquefazione varia da BASSO a MODESTO. I cedimenti post-sismici raggiungono valori di una certa entità soprattutto per le sabbie che sono poco dense ma anche per le argille che spesso presentano una resistenza modesta.



## QUADRO GEOETCNICO

A questo riguardo, per ogni gruppo di sondaggi, si determinano per strati a resistenza omogenea, le seguenti proprietà geotecniche :

- CU : coesione totale
- C' : coesione efficace
- $\varphi$  = angolo di attrito interno
- P.s. : peso volume
- Eed. : modulo edometrico
- Ey : modulo elastico

I valori riportati nelle tabelle sono già trattati secondo il 5 percentile.

### SONDAGGI 6-7-8

**PARAMETRI GEOTECNICI PER STRATI (valori caratteristici)**

Prof m	ps [t/m <sup>3</sup> ]	Cu [Kg/cm <sup>2</sup> ]	C' [Kg/cm <sup>2</sup> ]	$\varphi$ [°]	Ko [Kg/cm <sup>3</sup> ]	Eed [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ey [Kg/cm <sup>2</sup> ]
1,60	1,66	0,30	0,09	15,90	0,89	76,03	29,11
4,00	1,71	0,52	0,20	20,66	1,26	126,99	74,49
7,00	1,83	1,12	0,38	17,51	2,81	251,69	118,93
10,40	1,70	0,58	0,24	23,91	0,70	121,96	146,37

LOCALITA'	carpi	SONDAGGIO N.	6
-----------	-------	--------------	---

**PARAMETRI GEOTECNICI PER STRATI (valori caratteristici)**

Prof m	ps [t/m <sup>3</sup> ]	Cu [Kg/cm <sup>2</sup> ]	C' [Kg/cm <sup>2</sup> ]	φ [°]	Ko [Kg/cm <sup>3</sup> ]	Eed [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ey [Kg/cm <sup>2</sup> ]
3,00	1,68	0,40	0,16	21,55	1,18	102,66	64,93
4,20	1,77	0,81	0,29	16,81	1,73	163,54	61,79
7,00	1,86	1,12	0,39	17,47	2,81	249,21	115,91
10,40	1,73	0,68	0,29	23,39	0,85	125,09	149,46

---

LOCALITA'                      carpi    SONDAGGIO N.                      7

**PARAMETRI GEOTECNICI PER STRATI (valori caratteristici)**

Prof m	ps [t/m <sup>3</sup> ]	Cu [Kg/cm <sup>2</sup> ]	C' [Kg/cm <sup>2</sup> ]	φ [°]	Ko [Kg/cm <sup>3</sup> ]	Eed [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ey [Kg/cm <sup>2</sup> ]
3,00	1,74	0,70	0,24	22,72	1,56	155,51	96,25
4,20	1,82	0,97	0,29	17,30	2,61	187,33	87,42
6,80	1,86	1,31	0,46	17,61	3,08	278,19	133,37
10,40	1,75	0,68	0,35	21,97	1,43	131,26	90,20

---

LOCALITA'                      carpi    SONDAGGIO N.                      8

SONDAGGI 19 - 20 -21

**PARAMETRI GEOTECNICI PER STRATI (valori caratteristici)**

Prof m	ps [t/m <sup>3</sup> ]	Cu [Kg/cm <sup>2</sup> ]	C' [Kg/cm <sup>2</sup> ]	φ [°]	Ko [Kg/cm <sup>3</sup> ]	Eed [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ey [Kg/cm <sup>2</sup> ]
1,60	1,71	0,51	0,17	21,74	1,39	125,07	74,54
2,20	1,79			35,99	1,58	278,06	221,86
5,80	1,74	0,66	0,24	22,34	1,36	163,68	106,48
7,20	1,86	1,28	0,44	17,27	2,84	276,71	124,89
10,40	1,69	0,56	0,25	21,21	1,04	97,62	97,14

LOCALITA' carpi SONDAGGIO N. 19

**PARAMETRI GEOTECNICI PER STRATI (valori caratteristici)**

Prof m	ps [t/m <sup>3</sup> ]	Cu [Kg/cm <sup>2</sup> ]	C' [Kg/cm <sup>2</sup> ]	φ [°]	Ko [Kg/cm <sup>3</sup> ]	Eed [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ey [Kg/cm <sup>2</sup> ]
4,00	1,72	0,55	0,18	22,60	1,28	135,25	86,28
5,80	1,76	0,74	0,26	19,64	1,36	170,49	85,03
8,00	1,70	0,89	0,36	25,25	0,64	175,24	172,45
10,40	1,70	0,40	0,20	22,48	0,60	83,50	108,63

LOCALITA' carpi SONDAGGIO N. 20





**PARAMETRI GEOTECNICI PER STRATI (valori caratteristici)**

Prof m	ps [t/m <sup>3</sup> ]	Cu [Kg/cm <sup>2</sup> ]	C' [Kg/cm <sup>2</sup> ]	φ [°]	Ko [Kg/cm <sup>3</sup> ]	Eed [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ey [Kg/cm <sup>2</sup> ]
1,80	1,72	0,37	0,12	21,43	1,40	145,06	81,35
3,60	1,74	0,50	0,19	23,45	1,10	143,14	104,40
6,80	1,86	1,18	0,40	17,56	3,05	262,91	126,57
7,80	1,72	0,57	0,18	16,62	1,16	131,20	48,23

---

LOCALITA'                      carpi    SONDAGGIO N.                      10

**PARAMETRI GEOTECNICI PER STRATI (valori caratteristici)**

Prof m	ps [t/m <sup>3</sup> ]	Cu [Kg/cm <sup>2</sup> ]	C' [Kg/cm <sup>2</sup> ]	φ [°]	Ko [Kg/cm <sup>3</sup> ]	Eed [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ey [Kg/cm <sup>2</sup> ]
1,80	1,68	0,45	0,15	15,42	1,17	100,59	39,92
4,40	1,77	0,72	0,25	20,43	1,58	172,51	100,71
7,20	1,87	1,25	0,43	17,54	3,37	273,43	119,69
8,00	1,65	0,18	0,01	14,84	0,48	22,44	16,45
9,80	1,73	0,71	0,27	19,62	1,27	166,06	87,43

---

LOCALITA'                      carpi    SONDAGGIO N.                      14

SONDAGGI 15-16-26

**PARAMETRI GEOTECNICI PER STRATI (valori caratteristici)**

Prof m	ps [t/m <sup>3</sup> ]	Cu [Kg/cm <sup>2</sup> ]	C' [Kg/cm <sup>2</sup> ]	φ [°]	Ko [Kg/cm <sup>3</sup> ]	Eed [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ey [Kg/cm <sup>2</sup> ]
2,40	1,70	0,56	0,19	21,56	1,34	132,13	76,09
4,00	1,69	0,39	0,14	17,22	0,88	93,97	46,90
6,80	1,84	1,18	0,43	18,67	3,23	247,31	116,32
9,00	1,75	0,85	0,35	23,27	0,95	188,44	141,55
10,40	1,65	0,37	0,13	18,51	0,68	42,12	15,36

LOCALITA' carpi SONDAGGIO N. 15

**PARAMETRI GEOTECNICI PER STRATI (valori caratteristici)**

Prof m	ps [t/m <sup>3</sup> ]	Cu [Kg/cm <sup>2</sup> ]	C' [Kg/cm <sup>2</sup> ]	φ [°]	Ko [Kg/cm <sup>3</sup> ]	Eed [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ey [Kg/cm <sup>2</sup> ]
3,00	1,72	0,51	0,19	20,48	1,29	119,27	69,42
4,20	1,74	0,67	0,26	18,52	1,02	156,24	78,11
7,40	1,84	1,17	0,42	18,98	2,71	246,52	127,44
9,00	1,77	0,65	0,29	19,24	1,94	126,65	59,10
11,60	1,65	0,27	0,09	20,04	0,69	24,63	14,59

LOCALITA' carpi SONDAGGIO N. 16



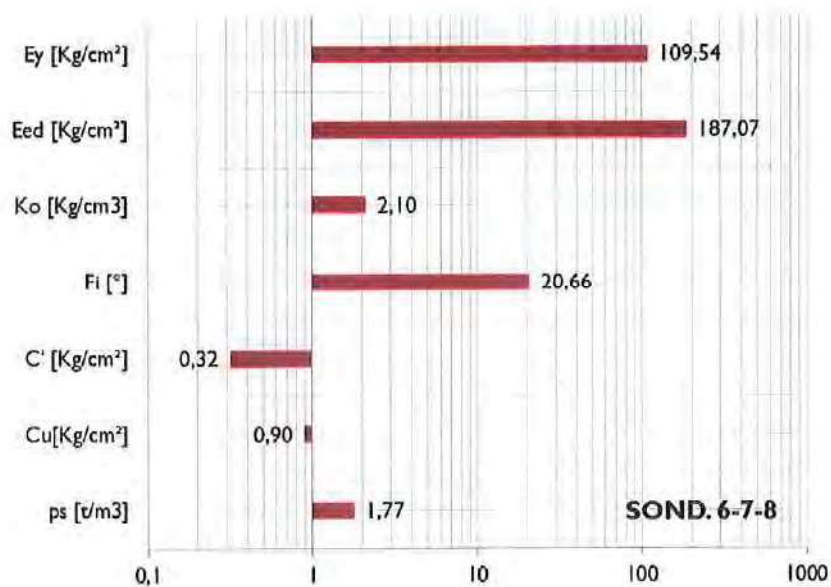
**PARAMETRI GEOTECNICI PER STRATI (valori caratteristici)**

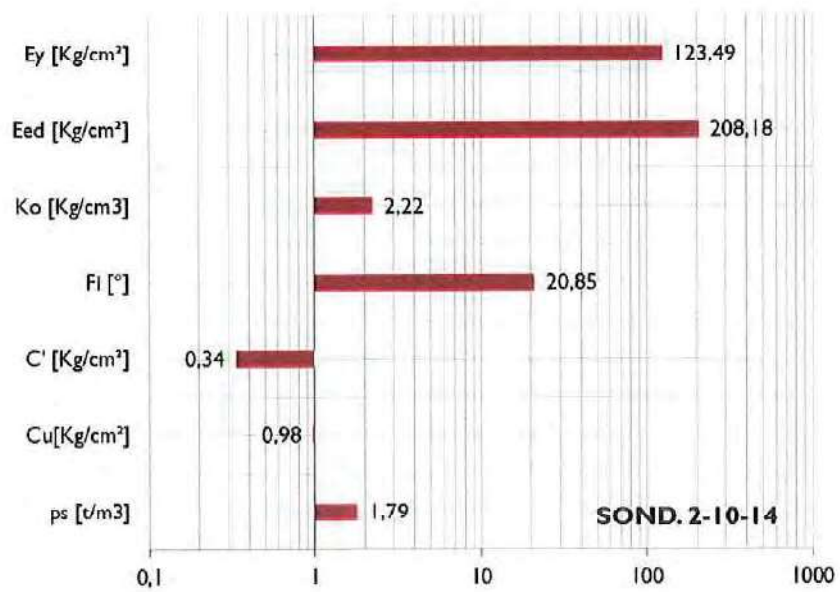
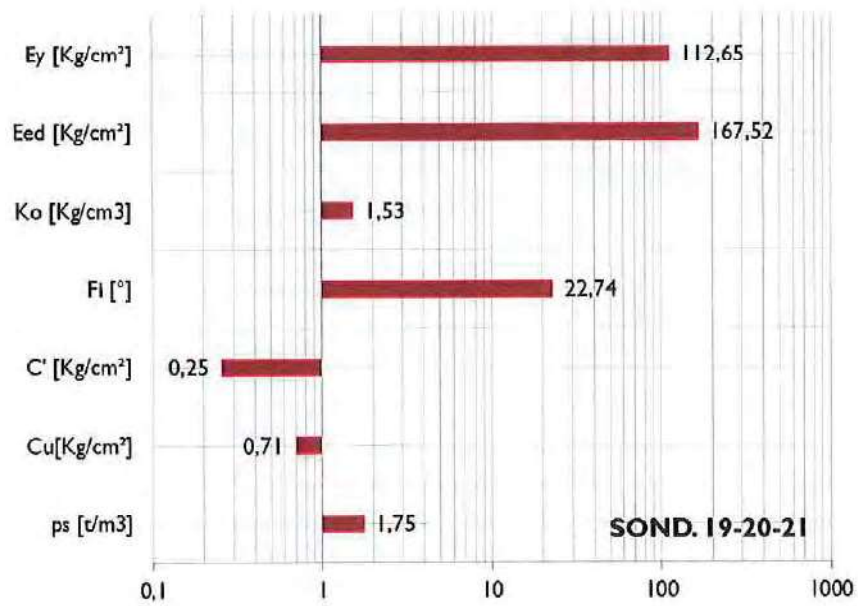
Prof m	ps [t/m <sup>3</sup> ]	Cu [Kg/cm <sup>2</sup> ]	C' [Kg/cm <sup>2</sup> ]	φ [°]	Ko [Kg/cm <sup>3</sup> ]	Eed [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ey [Kg/cm <sup>2</sup> ]
2,00	1,71	0,53	0,18	16,70	1,38	121,67	60,92
4,20	1,77	0,63	0,20	20,14	1,38	164,58	103,36
7,00	1,85	1,31	0,45	18,19	3,19	280,02	135,73
9,00	1,71	0,58	0,24	19,65	1,09	125,95	66,57
11,60	1,60	0,28	0,12	21,46	0,52	30,14	82,02

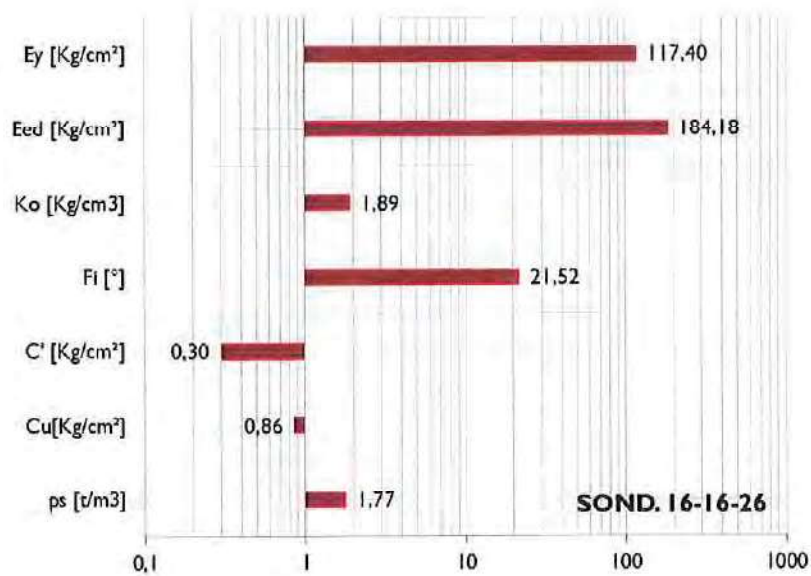
LOCALITA'                      carpi    SONDAGGIO N.                      26

Per quanto concerne la portata limite ultima, non conoscendo ancora i termini ultimi progettuali, è possibile fare solo una previsione ipotizzando fondazioni simili a quelle delle strutture in essere, ossia plinti con B = 3-4.00 3.00 m posti alla profondità di circa 1,50 m dal p.c. attuale.

A queste condizioni lo strato che resiste alle sollecitazione a taglio va da 1,50 sino a 6.00 m circa. Di seguito i grafici che riportano i parametri geotecnici mediati nell'ambito di ciascun gruppo.







La "Q.lim.ult." verrà calcolata con il metodo di Meyerhof-Sarma in condizioni di sforzi totali ed in quelli efficaci tenendo presente che il coefficiente sismico orizzontale  $K_H = 0.28 \cdot 0.265 = 0.074$  mentre quello verticale  $K_V = 0.037$ .

Per entrambe le condizioni si utilizzeranno i parametri minori individuati nell'ambito dei diversi gruppi di sondaggi.

Pertanto:

- Sforzi totali :  $C_U = 0.7 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $p_s = 1.75 \text{ t/m}^3$
- Sforzi efficaci :  $C' = 0.25 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $\varphi = 20.66$ ,  $p_s = 1.75 \text{ t/m}^3$

La condizione peggiore è data dagli sforzi totali per la quale  $Q.lim.ult. = 2.26 \text{ Kg/cm}^2$ .



**Dati**

larghezza fondazione "B" [m]	3	angolo di attrito interno - φ	0
lunghezza fondazione "L" [m]	3	coesione [Kg/cm <sup>2</sup> ]	0,7
profondità incastro [m]	1,4	Kh	0,074
p.s. terreno [t/m <sup>3</sup> ]	1,75	Kv	0,037
		φ matrice	0

**da Meyerhof - Sarma**

<b>Fattori di capacità portante</b>	<b>APP.1-C.1</b>	<b>APP.1 - C.2</b>	<b>APP.2</b>
$Nq = e^{r \tan \varphi} \cdot \tan^2 \left( 45 + \frac{\varphi}{2} \right)$	1,00	1,00	1,00
$Nc = (Nq - 1) C \tan \varphi$	5,14	5,14	5,14
$N\gamma = (Nq - 1) \cdot \tan(1,4\varphi)$	0,00	0,00	0,00
$Sq = 1 + \frac{B}{L} \tan \varphi$	1,00	1,00	1,00
$Sc = 1 + \frac{Nq}{Nc} \cdot \frac{B}{L}$	1,19	1,19	1,19
$S\gamma = 1 - 0,4 \cdot \frac{B}{L}$	0,60	0,60	0,60
$dq = 1 + 2 \tan \varphi \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \frac{D}{B}$	1,00	1,00	1,00
$\text{con}[d] < B: dc = 1 + 0,4 \left( \frac{d}{B} \right); \text{con}[d] > B: dc = 1 + 0,4 \left( \text{Arctan} \frac{d}{B} \right)$	1,19	1,19	1,19
$d\gamma =$	1,00	1,00	1,00
<b>effetto sismico</b>			
$H = \frac{0,5B}{\cos \left( 45 + \frac{\varphi}{2} \right)} \exp \left( \frac{\pi}{2} \tan \varphi \right) + Df$	3,52	3,52	3,52
$D = \frac{C}{\gamma H}$	1,14	0,81	1,14
$h\gamma f = \left( 1 - \frac{2}{3} K\gamma \right) \exp \left[ - \left( \frac{5,3 K h^{1,1}}{1 - K\gamma} \right) \right]$	0,71	0,71	0,71
$hc f = \exp(-4,3 \cdot K h^{1,2})$	0,98	0,96	0,98
$hq f = (1 - K\gamma) \exp \left[ - \left( \frac{5,3 K h^{1,2}}{1 - K\gamma} \right) \right]$	0,76	0,76	0,76
<b>Coefficienti di sicurezza</b>	1,00	1,80	2,30
<b>Coazione/angolo di attrito</b>			
CU	0,70	0,50	0,70
φ	0,00	0,00	0,00
<b>Carico limite ultimo</b>			
$Q_{lim. ult} = \frac{C(CU) \cdot Nc \cdot Sc \cdot dc \cdot hc f + \gamma H \cdot Nq \cdot Sq \cdot dq \cdot hq f + 0,5 \cdot B \cdot N\gamma \cdot S\gamma \cdot d\gamma \cdot h\gamma f}{R}$			
Q.lim.ult. [Kg/cm <sup>2</sup> ]	5,20	2,05	2,26
penalizzazione per la matrice	1,00	1,00	1,00
Q.lim.ult. [Kg/cm <sup>2</sup> ]	5,20	2,05	2,26

"Q" definita in condizioni di sforzi **TOTALI**

**Dati**

larghezza fondazione "B" [m]	3	angolo di attrito interno - $\varphi$	20,66
lunghezza fondazione "L" [m]	3	coesione [Kg/cm <sup>2</sup> ]	0,25
profondità incastro [m]	1,4	Kh	0,074
p.s. terreno [t/m <sup>3</sup> ]	1,75	Kv	0,037
		$\varphi$ matrice	0

**da Meyerhof - Sarma**

Fattori di capacità portante	APP.1-C.1	APP.1 - C.2	APP.2
$Nq = e^{r \tan \varphi} \cdot \tan^2 \left( 45 + \frac{\varphi}{2} \right)$	6,81	4,66	6,81
$Nc = (Nq - 1) \cdot Ct \cdot g \varphi$	15,42	12,14	15,42
$N\gamma = (Nq - 1) \cdot \tan(L, 4\varphi)$	3,21	1,59	3,21
$Sq = 1 + \frac{B}{L} \cdot T \cdot g \varphi$	1,38	1,30	1,38
$Sc = 1 + \frac{Nq}{Nc} \cdot \frac{B}{L}$	1,44	1,38	1,44
$S\gamma = 1 - 0,4 \cdot \frac{B}{L}$	0,60	0,60	0,60
$dq = 1 + 2Tg\varphi \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot \frac{D}{B}$	1,23	1,20	1,23
$\text{con}[d] < B : dc = 1 + 0,4 \left( \frac{d}{B} \right); \text{con}[d] > B : dc = 1 + 0,4 \left( \text{Arctan} \frac{d}{B} \right)$	1,19	1,19	1,19
$dy =$	1,00	1,00	1,00
<b>effetto sismico</b>			
$H = \frac{0,5B}{\cos \left( 45 + \frac{\varphi}{2} \right)} \exp \left( \frac{\pi}{2} \cdot t g \varphi \right) + Df$	6,16	5,44	6,16
$D = \frac{C}{\gamma H}$	0,23	0,21	0,23
$h_{yf} = \left( 1 - \frac{2}{3} K_v \right) \exp \left[ - \left( \frac{5,3 K_h^{1,4}}{1 - K_v} \right) \right]$	0,71	0,71	0,71
$h_{cf} = \exp(-4,3 \cdot K_h^{1,4})$	0,84	0,83	0,84
$h_{qf} = (1 - K_v) \exp \left[ - \left( \frac{5,3 K_h^{1,4}}{1 - K_v} \right) \right]$	0,76	0,76	0,76
<b>Coefficienti di sicurezza</b>	1,00	1,80	2,30
<b>Coazione/angolo di attrito</b>			
C	0,25	0,20	0,25
$\varphi$	20,66	16,79	20,66
<b>Carico limite ultimo</b>			
$Q_{lim. ult} = \frac{C(CU) \cdot Nc \cdot Sc \cdot dc \cdot h_{cf} + \gamma H \cdot Nq \cdot Sq \cdot dq \cdot h_{qf} + 0,5 \cdot B \cdot N\gamma \cdot S\gamma \cdot dy \cdot h_{yf}}{R}$			
Q.lim.ult. [Kg/cm <sup>2</sup> ]	7,88	2,65	3,43
penalizzazione per la matrice	1,00	1,00	1,00
Q.lim.ult. [Kg/cm <sup>2</sup> ]	7,88	2,65	3,43

"Q" definita in condizioni di sforzi EFFICACI

## CONCLUSIONI

La presente documentazione viene allegata al piano particolareggiato che prevede l'ampliamento delle attuali strutture della cantina.

Si basa sui sondaggi che lo scrivente ha fatto nel 2003 allorché si costruì la nuova cantina e su due stendi-menti sismici ReMi disposti ortogonalmente fra loro.

I risultati:

1. Il sottosuolo è caratterizzato da alternanze fra facies argillose e facies sabbiose. Le prime [ escluso i primi metri leggermente consolidati per essiccazione si tratta di materiale normalconsolidato] sono dominati le seconde costituiscono straterelli [densità relativa variabile fra il 20 e il 30%] immersi nella matrice coerente.

Non formano degli orizzonti veri e propri ma possono costituire spesse lenti di posizione variabile nell'ambito delle verticali.

2. La falda è stata trovata mediamente a 1.40 – 1.60 m dal p.c.

3. Sismicamente il sito è così caratterizzato:

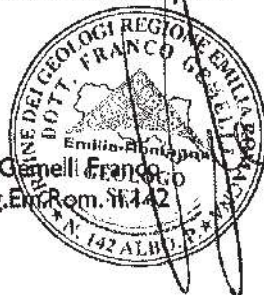
- $V_{s30} = 212 - 268$  m/s; Classe di appartenenza "C"
- Magnitudo atteso: 5.00
- Coefficiente di amplificazione stratigrafico : 1.5
- $a(g)$  al suolo attesa : 0.265
- Liquefazione

Le verifiche hanno messo in evidenza che nell'ambito delle varie verticali considerate vi sono diversi casi in cui il rapporto "CRR/CSRfs" è minore dell'unità, tuttavia l'indice del potenziale liquefazione "IL", che esprime il quadro cumulativo dell'intera verticale, restituisce un rischio alla liquefazione BASSO/MODESTO.

Tenendo però conto delle caratteristiche lenticolari delle sabbie i cui spessori complessivi variano da pochi centimetri al metro e le cui posizioni cambiano nell'ambito delle verticali, per gli ampliamenti collocati un po' al margine rispetto ai sondaggi fatti risulta di fondamentale importanza procedere con un'indagine dettagliata e mirata alle future fondazioni.

4. Relativamente alla portata limite ultima si fornisce il valore di 2,26 Kg/cm<sup>2</sup>. Quest'ultimo, però, va considerato solo come riferimento in quanto dovrà essere confermato dopo l'indagine specifica che si farà e dopo che il progetto sarà noto in tutte le sue parti.

Dott. Geol. **Genelli Franco**  
Iscr. Albo Reg. Em. Rom. n. 142





# **ALLEGATI RELATIVI ALLE PROVE PENETROMETRICHE ESEGUITE NEL 2003**

