

# COMUNE DI CREMA

PROVINCIA DI CREMONA

## VARIANTE PIANO ATTUATIVO VIA CARDUCCI

IL SINDACO

IL SEGRETARIO

IL PROGETTISTA

ARCH. ROBERTO FLORIAN

LA PROPRIETA'

IMMOBILIARE PARCO S.R.L.

**ARS**  
ENGINEERING  
26013 Crema (Cremona)  
Via Piacenza 12  
Tel. 0373/256136-Fax 0373/81221  
e-mail: info@arseng.it www.arseng.it

TITOLO

RELAZIONE  
GEOLOGICA E GEOTECNICA

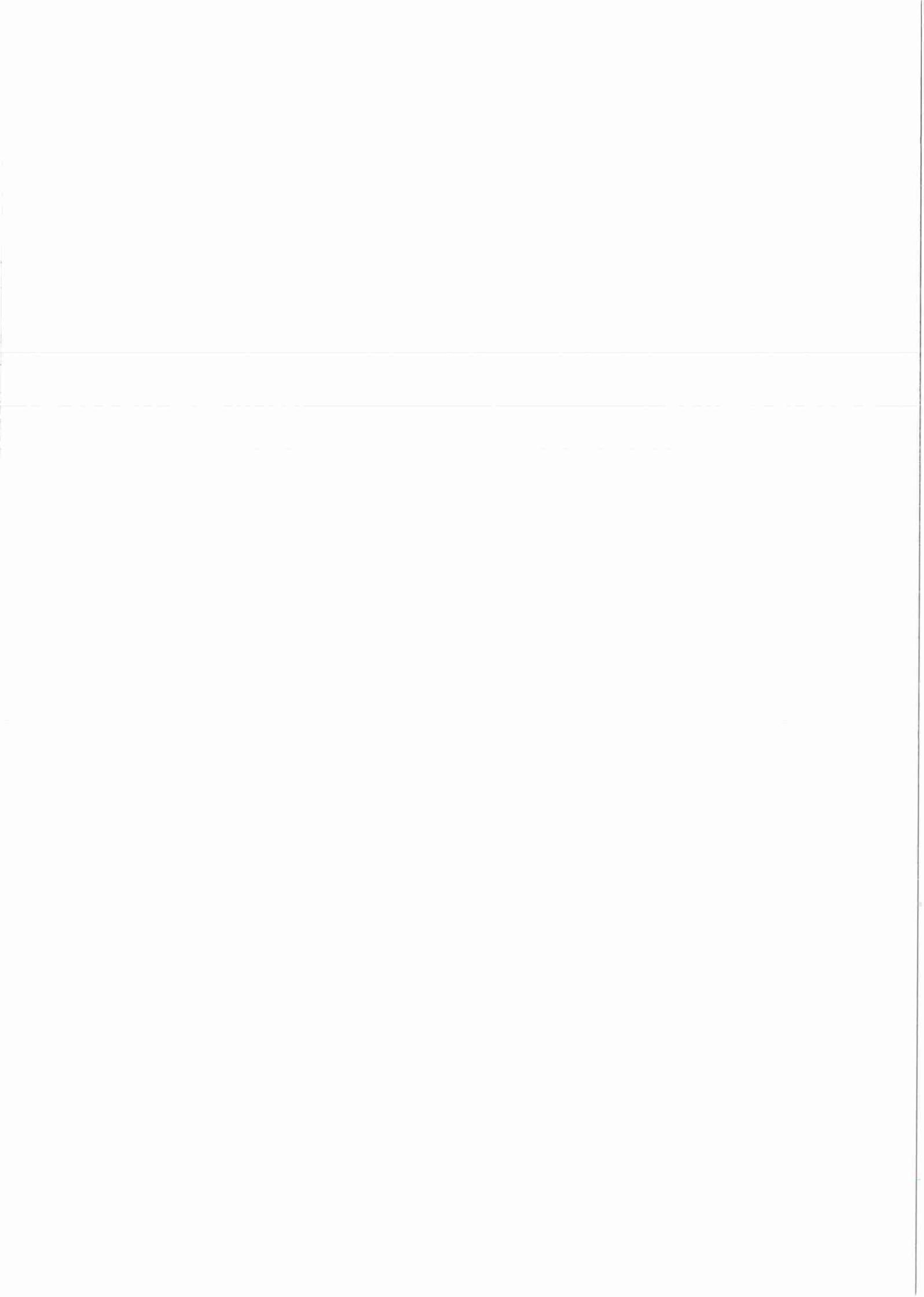
ELABORATO

ALL.  
E

DATA  
OTTOBRE 2016

AGG.

PROT.  
P.09-16



**COMUNE DI CREMA**  
*Provincia di Cremona*

LOCALITA' OMBRIANO  
VIA CARDUCCI

NUOVA LOTTIZZAZIONE RESIDENZIALE

**RELAZIONE GEOLOGICA E  
GEOTECNICA**



**IL GEOLOGO**  
**dott. GIOVANNI BASSI**  
LUGLIO 2005

## PREMESSA

Nella zona occidentale della città di Crema in località Ombriano è in progetto una nuova lottizzazione residenziale, in via Carducci, che occupa la posizione indicata in Allegato 1- "Corografia", scala 1:10.000.

La seguente relazione geologica è eseguita ai sensi del D.M. 11.3.88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".

Al fine di determinare le caratteristiche dei terreni di fondazione, sono state eseguite, il 20/07/05, una prova penetrometrica statiche (CPT) e 4 prove dinamiche (SCPT).

L'ubicazione delle prove è riportata in Allegato 2 Estratto di mappa, alla scala 1:500 modificata; sono inoltre allegati i 5 diagrammi di delle penetrometriche e le caratteristiche del penetrometro utilizzato.

La relazione che qui segue contiene l'indicazione della tipologia e delle dimensioni delle fondazioni; sono stati inoltre eseguiti i calcoli della capacità portante del terreno e la stima dei cedimenti assoluti e differenziali attesi.

## 1. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI, GEOLOGICI

Le condizioni geologiche dell'intorno sono compendiate come segue.

### A1 Inquadramento regionale

La geologia di superficie di questo tratto di pianura cremasca è strettamente influenzata dall'alternanza delle azioni di deposito ed erosione dei corsi d'acqua, connessi ai complessi fenomeni climatici che si sono susseguiti dal Pleistocene ai nostri giorni.

Nella pianura cremasca sono attualmente riconoscibili una serie di terrazzi fluviali la cui successione altimetrica risponde ad una precisa regola: la quota è tanto maggiore quanto più antica è l'età del terrazzo; inoltre tanto più antica è l'età del terrazzo più ridotta sarà la sua estensione areale, in quanto sottoposto all'azione erosiva negli stadi interglaciali successivi.

La successione dei terrazzi nella pianura cremasca è la seguente:

Fluviale Mindel: superfici più antiche e poste a quote maggiori,

Fluviale Riss: superfici intermedie per quota ed età,

Fluviale Würm : superfici più recenti e disposte a quote inferiori.

Quest'ultima costituisce il "Livello fondamentale della pianura o piano generale terrazzato (PGT)", risultato dell'ultima fase di esteso colmamento della pianura. Successivamente a tale colmamento alluvionale, nel corso del cataglaciale (fase di ripresa termica dopo il periodo freddo) würmiano, ha avuto inizio un ciclo prevalentemente erosivo protrattosi nell'Olocene, che ha determinato la formazione delle alte scarpate morfologiche che, incidendo il PGT, delimitano le valli dei principali fiumi occupate, a loro volta, dai successivi depositi alluvionali medio recenti.

La porzione del territorio del Comune di Crema in cui si interverrà, presenta caratteri geologici tipici della pianura cremasca che è costituita esclusivamente e fino a profondità di 200 m circa, da depositi di presunta facies continentale, pleistocenici.

## 2. INTERPRETAZIONE DELLE CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E GEOTECNICHE DEI TERRENI INDAGATI

Per un puntuale dettaglio si forniscono qui di seguito le interpretazioni di ogni singola verticale di prova e, conseguentemente, la verifica dei parametri di fondazione che si ritiene opportuno adottare.

S.C.P.T. n° 1

Profondità da p.c. in m	Litologia	N <sub>scpt</sub>
0.00 - 0.60	Terreno di riporto	6
0.60 - 1.50	Sabbia	9
1.50 - 4.50	Sabbia limosa	5/6
4.50 - 7.20	Sabbia con ghiaietto	9/11

S.C.P.T. n° 2

Profondità da p.c. in m	Litologia	N <sub>scpt</sub>
0.00 - 0.60	Terreno di riporto	6
0.60 - 1.20	Sabbia	11
1.20 - 2.70	Sabbia limosa	6
2.70 - 7.20	Sabbia con ghiaietto	8/11

S.C.P.T. n° 3

Profondità da p.c. in m	Litologia	N <sub>scpt</sub>
0.00 - 0.60	Terreno di riporto	6
0.60 - 1.50	Sabbia medio fine	7/9
1.50 - 3.00	Sabbia limosa	4/6
3.00 - 7.20	Sabbia variamente addensata, raramente con limo	6/10

S.C.P.T. n° 4

Profondità dal p.c. in m	Litologia	N <sub>scpt</sub>
0.00 - 0.60	Terreno di riporto	6
0.60 - 3.90	Sabbia	8/11
3.90 - 5.10	Sabbia con limo	6/7
5.10 - 7.20	Sabbia	8/10

C.P.T. n° 5

Profondità da p.c. in m	Litologia	R <sub>pm</sub>
0.00 - 0.60	Terreno di riporto	-
0.60 - 2.40	Sabbia limosa e limo sabbioso	50/75
2.40 - 4.40	Sabbia addensata talvolta con ghiaietto	65/80
4.40 - 6.00	Sabbia e ghiaia	>120

Dall'analisi delle 5 verticali di prova emerge una situazione sostanzialmente omogenea dove, al disotto di un primo strato di riporto, potente circa 0,60 m, sono presenti terreni granulari prevalentemente sabbiosi con buone qualità geotecniche. Talvolta sono presenti intercalazioni a sabbie limose o limi sabbiosi meno addensati con caratteristiche geotecniche inferiori alle precedenti, ma pur sempre accettabili in relazioni ai nuovi edifici di progetto.

Il livello della falda non è stato rilevato dalle prove eseguite, che si sono spinte fino alla massima profondità di 7,20 m da p.c..

### 3. VERIFICA IPOTESI DI FONDAZIONE

Sono in progetto nuovi edifici residenziali, della tipologia case a schiera, composti da 2 piani fuori terra e privi di locali cantinati (caso A), mentre i tre condomini, siti nella zona occidentale, sono previsti con tre piani fuori terra e cantina (caso B).

Il piano di posa delle fondazioni può essere uniformemente individuato a  $-1,0$  m da p.c. per le case a schiera e a  $-3,0$  m per i condomini.

Si riporta qui di seguito la verifica del carico massimo ammissibile dei terreni sede della fondazione.

#### **CASO A ) fondazione a trave rovescia continua, in terreno a dominante litologica GRANULARE (piano fondazione $-1,0$ m da p.c.), $B=1,0$ M, $D= 0,70$ M**

Il carico ammissibile,  $Q_a$ , calcolato con l'equazione di Terzaghi in terreni granulari risulta: adottando valore medio  $N_{scpt} = 9$  ed il corrispondente valore stimato di angolo di attrito interno, per terreni granulari,  $\varphi = 30^\circ$

$$Q_a = (B/2 \times \gamma_{t2} \times N_\gamma + \gamma_{t1} \times D_f \times N_q) / F =$$

dove:  $\gamma_{t1}$  -  $\gamma_{t2}$  = peso specifico del terreno sopra la fondazione e sotto la fondazione (entrambi considerati fuori falda)

$D_f = 0,70$  m incastro della fondazione sopra falda

$B = 1,0$  m larghezza minima della fondazione

$N_\gamma$  -  $N_q$  = fattori di capacità portante  $f(\varphi)$

$F = 3$  fattore di sicurezza

si calcola:

$$= (0,5 \times 1,75 \times 20 + 1,75 \times 0,70 \times 21) / 3 = (17,5 + 25,72) / 3 =$$
$$= 43,22 / 3 = 14,40 \text{ t/mq} \sim 1,4 \text{ Kg/cm}^2$$

In tali condizioni la fondazione ha portata complessiva, compreso il peso proprio, di:

$$\underline{14,0 \times \text{Lung} \times \text{Larg}}$$

#### **CASO B ) fondazione a trave rovescia continua, in terreno a dominante litologica GRANULARE (piano fondazione $-3,0$ m da p.c.), $B=1,20$ M, $D= 0,80$ M**

Il carico ammissibile,  $Q_a$ , calcolato con l'equazione di Terzaghi in terreni granulari risulta: adottando valore medio di  $N_{scpt} = 6$ , il corrispondente valore stimato di angolo di attrito interno, per terreni granulari,  $\varphi = 28,0^\circ$

$$Q_a = (B/2 \times \gamma_{t2} \times N_\gamma + \gamma_{t1} \times D_f \times N_q) / F =$$

dove:  $\gamma_{t1}$  -  $\gamma_{t2}$  = peso specifico rispettivamente del terreno sopra la fondazione e sotto la fondazione (entrambi considerati fuori falda)

$D_f = 0,80$  m incastro della fondazione

$B = 1,2$  m larghezza minima della fondazione

$N_\gamma$  -  $N_q$  = fattori di capacità portante  $f(\varphi)$

$F = 3$  fattore di sicurezza

si calcola:

$$= (0,6 \times 1,75 \times 17 + 1,85 \times 0,8 \times 18) / 3 = (17,85 + 26,64) / 3 =$$
$$= 44,49 / 3 = 14,83 \text{ t/m}^2 \sim 1,45 \text{ Kg/cm}^2$$

In tali condizioni la fondazione ha portata complessiva, compreso il peso proprio, di:

$$\underline{14,5 \times \text{Lung} \times \text{Larg}}$$

**4. STIMA DEI CEDIMENTI**

Il calcolo, qui di seguito riportato, è relativo ai carichi ed alle verticali delle prove penetrometriche statiche e dinamiche eseguite e descritte in precedenza ed ha valore indicativo non essendo le CPT e le SCPT standardizzate.

**CASO B****S.C.P.T. 1**

Strato (m)	h comp. (cm)	$R_{pm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\alpha$	Mv (Kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup>	$\Delta p$ (kg/cmq)	$\Delta h$ (cm)
3.00 - 4.50	150	22	4.0	0,011	0.23	0.38
4.50 - 7.20	270	40	2.4	0,0104	0,188	0,53

**Tot. cm. 0,92****S.C.P.T. 2**

Strato (m)	h comp. (cm)	$R_{pm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\alpha$	Mv (Kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup>	$\Delta p$ (kg/cmq)	$\Delta h$ (cm)
3.00 - 7.20	420	39	2.5	0,0103	0.188	0.81

**Tot. cm. 0,81****S.C.P.T. 3**

Strato (m)	h comp. (cm)	$R_{pm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\alpha$	Mv (Kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup>	$\Delta p$ (kg/cmq)	$\Delta h$ (cm)
3.00 - 7.20	420	36	2.6	0,0107	0.188	0.84

**Tot. cm. 0,84****CASO A****S.C.P.T. 4**

Strato (m)	h comp. (cm)	$R_{pm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\alpha$	Mv (Kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup>	$\Delta p$ (kg/cmq)	$\Delta h$ (cm)
1.00 - 3.90	290	38	2.4	0,0109	0.35	1.10
3.90 - 5.10	120	28	3.3	0,0108	0,21	0,27
5.10 - 7.20	210	36	2.6	0,0107	0,154	0,34

**Tot. cm. 1,71**

**C.P.T. 5**

Strato (m)	h comp. (cm)	R <sub>pm</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	α	Mv (Kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup>	Δp (kg/cmq)	Δh (cm)
1.00 - 2.40	140	50/75	1.9	0,008	0.43	0.48
2.40 - 4.40	200	65/80	1.8	0,0079	0,266	0,42
4.40 - 6.00	160	>120	1.7	0,005	0,168	0,13

**Tot. cm. 1,03**

Il cedimento assoluto maggiore, pari a 1,71 cm, risulta accettabile, come anche quelli differenziali, che raggiungono il valore di 0,68 cm (CASO A); tale valore, rapportato alla distanza minima tra C.P.T. 5 e S.C.P.T 4, permette di verificare le differenze di spostamento della struttura tra i due punti indagati.

Il corrispondente valore di distorsione angolare Δ/L calcolato è ampiamente compatibile con le strutture in progetto.

**5. AZIONE SISMICA**

La stima della azione sismica, che qui segue, è finalizzata alla determinazione della categoria di terreno di fondazione come richiesta dall' Ordinanza P.C.M. 25/03/03 N. 3274.

In rapporto al caso analizzato  $N_{SPT} = N_{SCPT} \times 1,2^1 = 6 \times 1,2 = 7,2$

Stima di  $v_s$  (velocità delle onde di taglio) proposta da Otha e Goto (1978)<sup>2</sup>:

$$v_s = 54,33 \times (N_{spt})^{0,173} \times \alpha \times \beta \times \left( \frac{z}{0,303} \right)^{0,193}$$

α = coefficiente che dipende dall'età del deposito: 1,0 per depositi olocenici e 1,3 per depositi pleistocenici.

β = coefficiente che dipende dalla composizione granulometrica: 1,15 per sabbie e ghiaia e 1,45 per ghiaie.

z = profondità media dello strato dove insistono le fondazioni

$$v_s = 54,33 \times (7,2)^{0,173} \times 1,1 \times 1,1 \times (3,0/0,303)^{0,193} = 143,98 \text{ m/s}$$

I risultati ottenuti classificano il terreno di fondazione in **categoria D**, (depositi di terreni granulari, da sciolti a poco a addensati, caratterizzati da valori di  $V_s$  30 < 180 m/sec,  $N_{SPT}$  < 15,  $C_u$  < 70 K<sub>pa</sub>).

<sup>1</sup> Coefficiente di correlazione tra SCPT E SPT, caratteristico del penetrometro superfesante utilizzato e fornito dal costruttore, pari a 1,141 in terreni sabbioso ghiaiosi. Vedi anche: Cestari F. 1996, Prove geotecniche in sito, Geograf, Segrate, pag. 275-276-277 e Cestari F.-Studio Geotecnica Italiano, 2004, Geotecnica delle fondazioni, Univ. degli Studi di Pavia, Dip. Scienze della terra, Ordine dei Geologi della Lombardia, modulo 1, 11.6.04, Prove geotecniche in sito, dispensa.

<sup>2</sup> Da Colleselli F., 2005, Univ. Degli Studi di Brescia, Corso di aggiornamento professionale dell'Ordine degli Ingegneri della prov. di Cremona, relazione del 1.3.05, dispensa pag.11.

Il comune di Crema è inserito, dalla Regione Lombardia, D.G.R. 7.11.03 N.7/14964, in classe 4 a bassa sismicità.

## 6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il terreno di fondazione su cui si interverrà non presenta particolari ostacoli all'esecuzione delle opere di progetto, fino a raggiungere la quota di imposta delle fondazioni, tuttavia, poiché si prevede di sbancare fino a 3 m circa da p.c., in corrispondenza dei condomini, si ricorda che:

- Il terreno di riporto dovrà essere accantonato qualora presenti resti di lavorazioni o di trattamento per perdita di oli o di altre sostanze.
- le sabbie che si scaveranno hanno un angolo di riposo non elevato, si stima di 30° e pertanto lo scavo potrà franare soprattutto con tempo piovoso; si consiglia pertanto l'esecuzione di un primo sbancamento generale della profondità di circa 1,5 m cui dovrà dare luogo, in rapida successione, l'ulteriore approfondimento fino alla quota di imposta fondazione.

Il geologo  
dr Giovanni Bassi  
luglio 2005



### ALLEGATI:

1. COROGRAFIA,
2. ESTRATTO DI MAPPA,
3. N.5 DIAGRAMMI DI PROVA PENETROMETRICA,
4. CARATTERISTICHE DEL PENETROMETRO

# COMUNE DI CREMA

Provincia di Cremona

## COROGRAFIA

scala 1:10.000

ALLEGATO 1

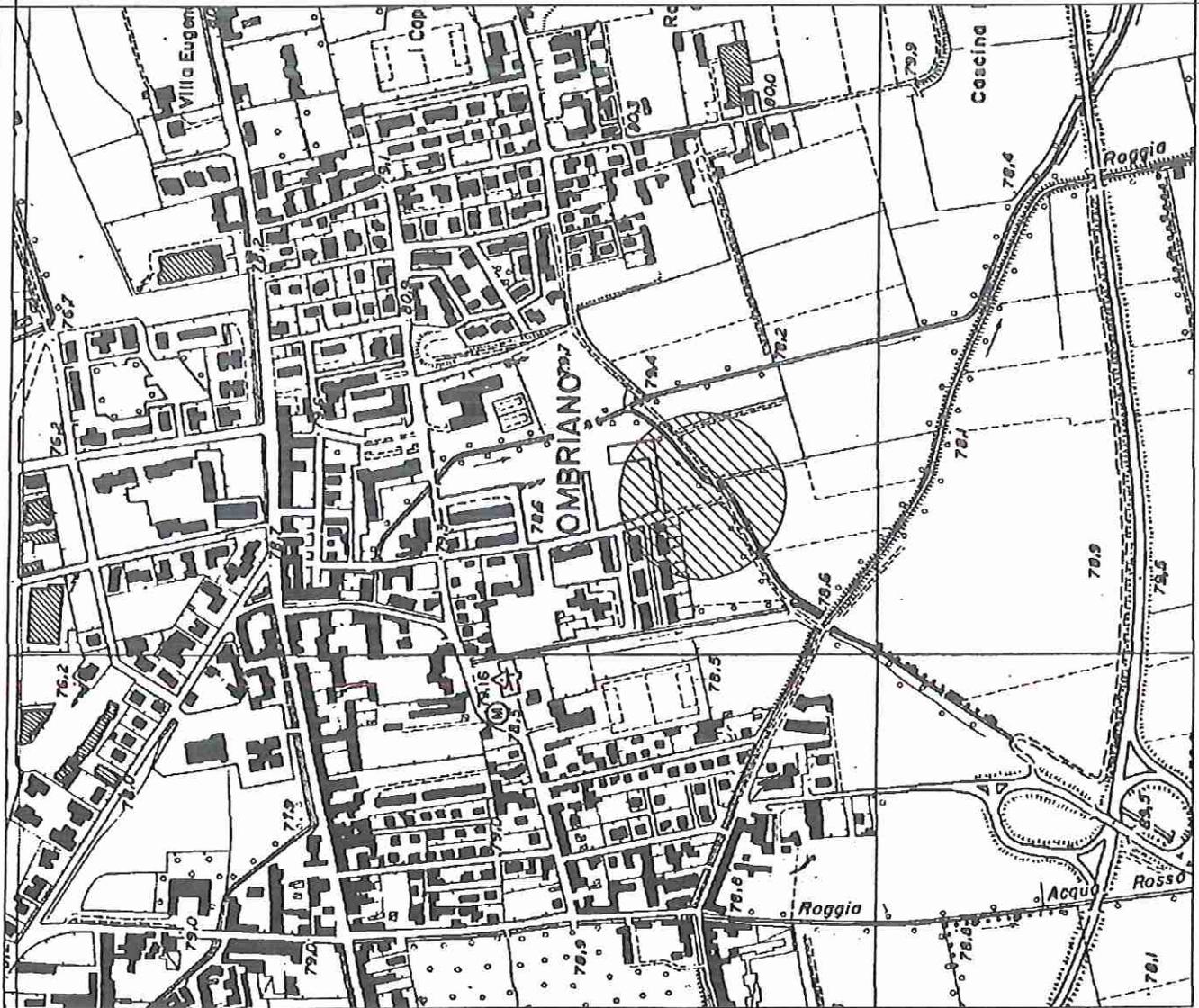
### LEGENDA



ubicazione dell'intervento



dott. Giovanni Bassi  
Ric-39-05



COMUNE DI CREMA

NUOVA LOTTIZZAZIONE RESIDENZIALE

UBICAZIONE: VIA CARDUCCI

ALL. 2

Scala 1:500  
modificata  
quota 78,5 ms.l.m.

UBICAZIONE DELLE PROVE



Legenda:

- Prova SCPT
- ▲ Prova C.P.T.



## PENETROMETRO DINAMICO IN USO : TG 63-100 M-AC

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

### CARATTERISTICHE TECNICHE : TG 63-100 M-AC

PESO MASSA BATTENTE	M = 73,00 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 0,63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 51,00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,43 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 6,31 kg
PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA	P1 = 0,30 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,30$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(30) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 30 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A $\delta$ ) = 8,93 kg/cm <sup>2</sup> ( prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> )
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta t = Q/Qspt = 1,141$ ( teoricamente : Nspt = $\beta t N$ )

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / A \cdot e \cdot (MP) = M^2 H N / A \cdot \delta (MP)$$

Rpd = resistenza dinamica punta [ area A]  
e = infissione per colpo =  $\delta / N$

M = peso massa battente (altezza caduta H)  
P = peso totale aste e sistema battuta

#### UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm<sup>2</sup> = 0.098067 MPa  $\approx$  0,1 MPa  
1 MPa = 1 MN/m<sup>2</sup> = 10.197 kg/cm<sup>2</sup>  
1 bar = 1.0197 kg/cm<sup>2</sup> = 0.1 MPa  
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

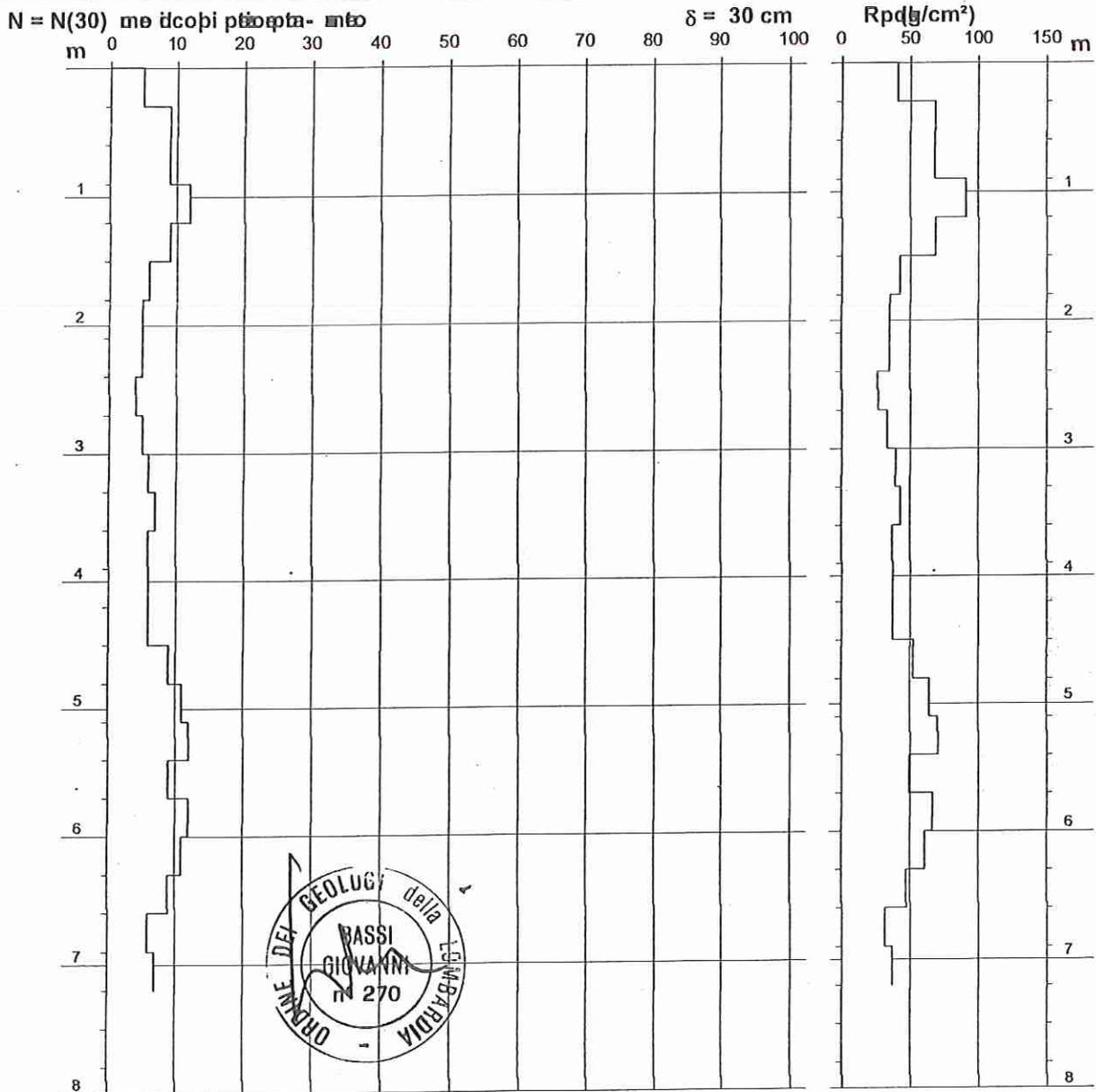
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 50

- committente : IMMOBILIARE PARCO Srl  
- lavoro : LOTTIZZAZIONE DI VIA CARDUCCI  
- località : OMBRIANO DI CREMA  
- note :

- data : 20/07/2005  
- quota inizio : p.c.  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1



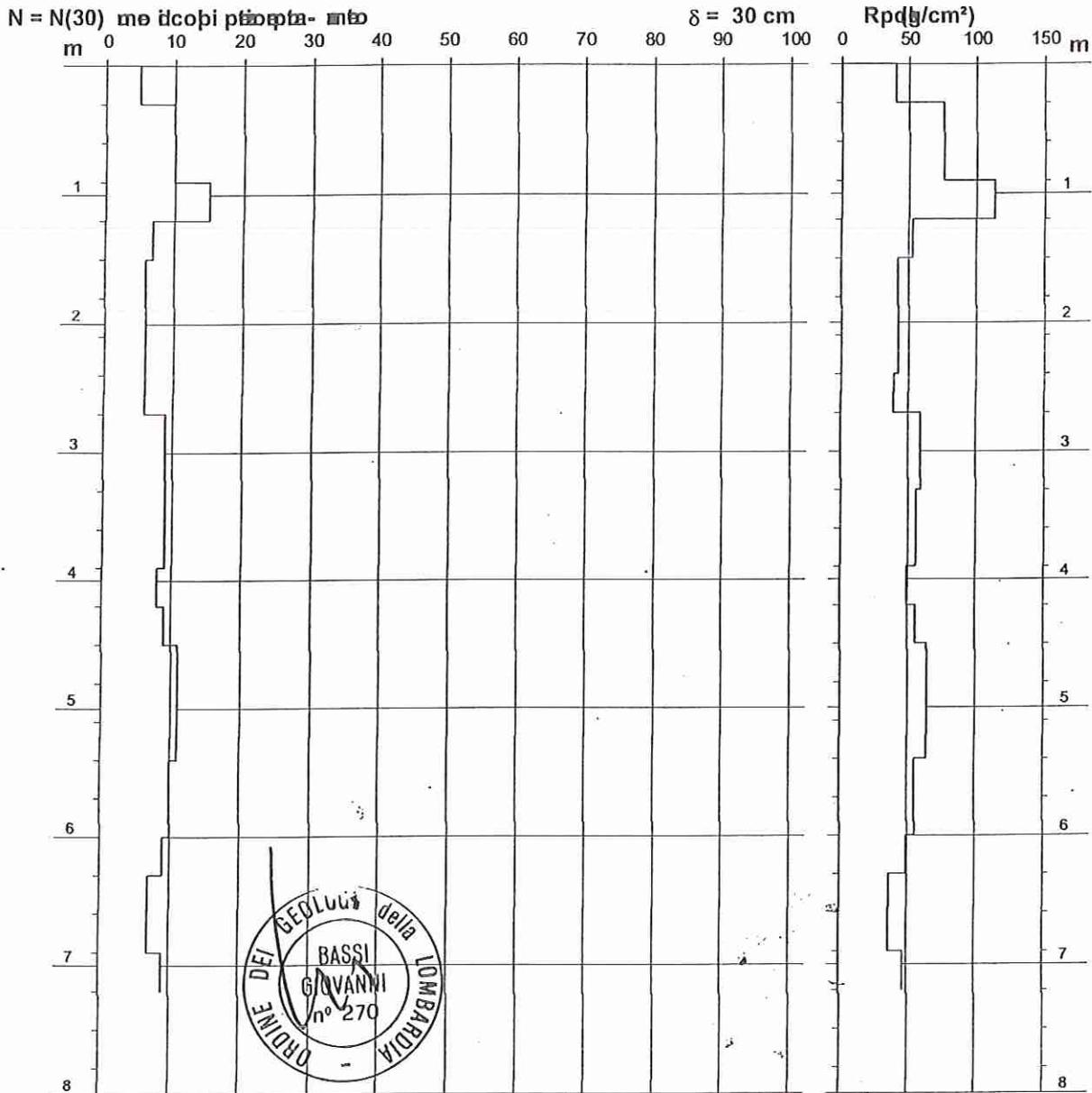
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

Scala 1: 50

- committente : IMMOBILIARE PARCO SH  
- lavoro : LOTTIZZAZIONE DI VIA CARDUCCI  
- località : OMBRIANO DI CREMA  
- note :

- data : 19/07/2005  
- quota inizio : p.c.  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1



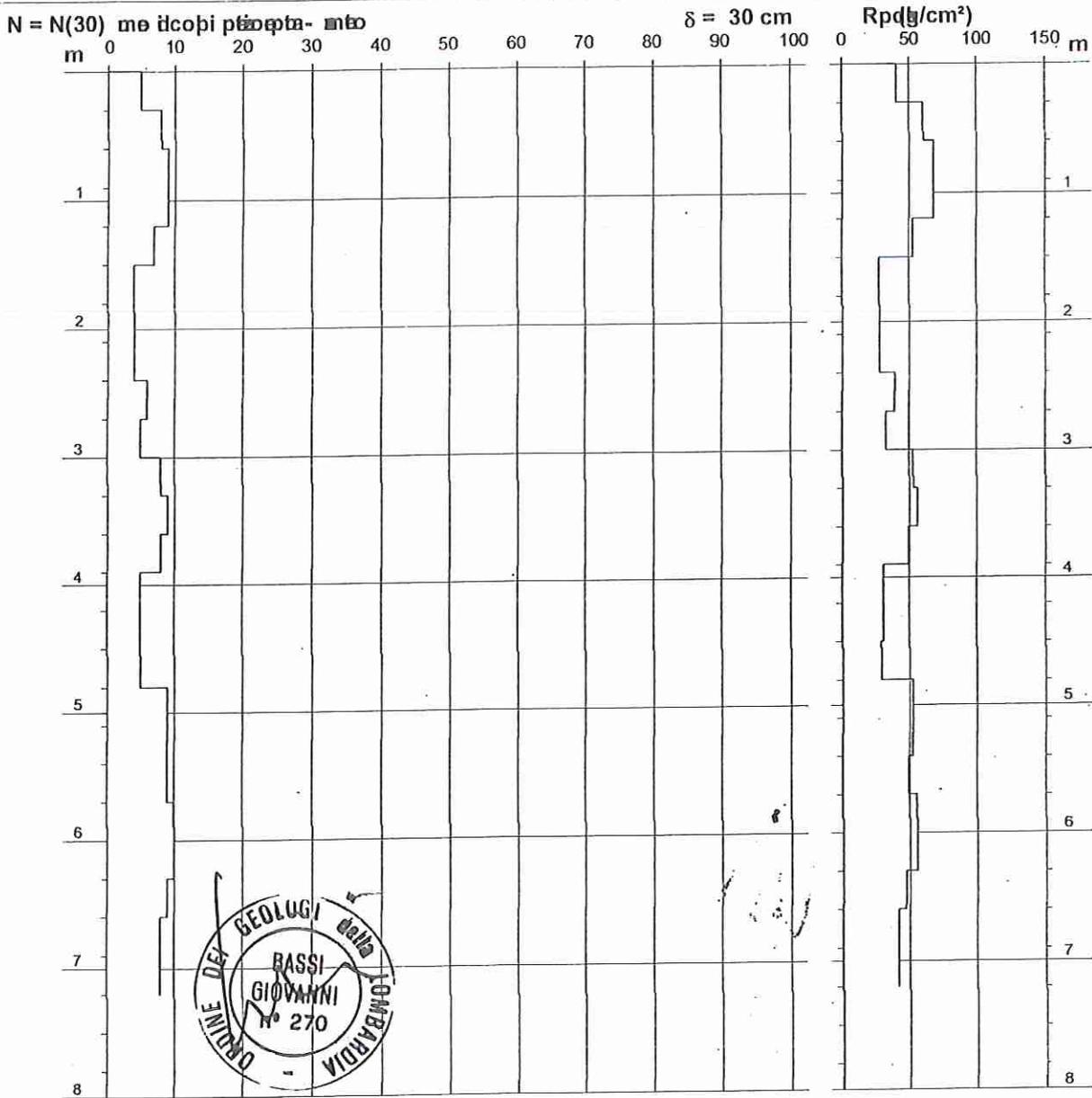
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 3

Scala 1: 50

- committente : IMMOBILIARE PARCO Srl  
- lavoro : LOTTIZZAZIONE DI VIA CARDUCCI  
- località : OMBRIANO DI CREMA  
- note :

- data : 20/07/2005  
- quota inizio : p.c.  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1



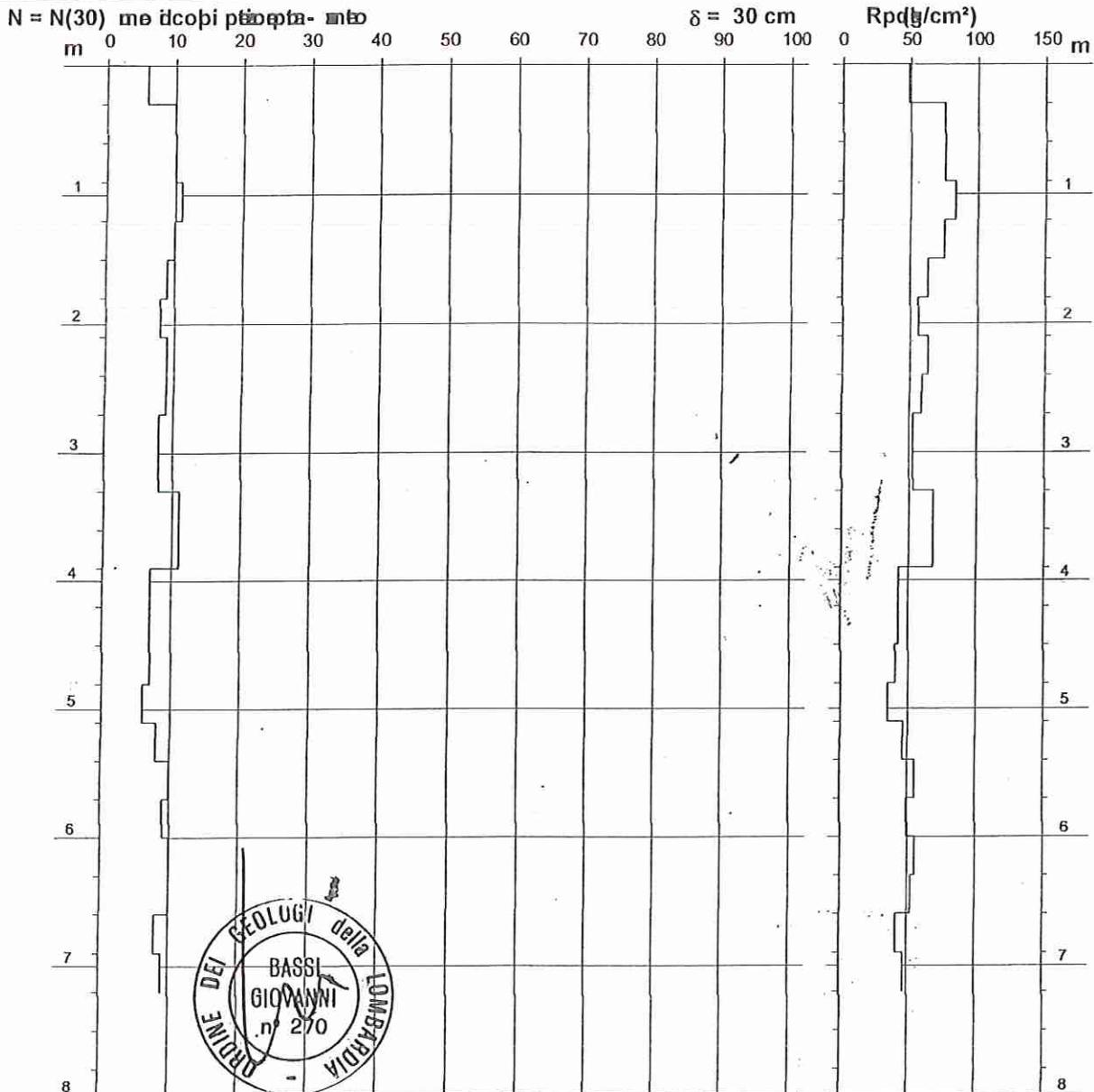
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 4

Scala 1: 50

- committente : IMMOBILIARE PARCO Srl  
- lavoro : LOTTIZZAZIONE DI VIA CARDUCCI  
- località : OMBRIANO DI CREMA  
- note :

- data : 20/07/2005  
- quota inizio : p.c.  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1



# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 5

2.010496-073

- committente : IMMOBILIARE PARCO Srl  
- lavoro : PIANO LOTTIZZAZIONE DI VIA CARDUCCI  
- località : OMBRIANO DI CREMA

- data : 19/07/2005  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- scala vert.: 1 : 100

