

ECO GEO ENGINEERING s.r.l.

Geologia ed Ingegneria ambientale

Via S. Angelo, 65

06032 Trevi (PG)

Tel. e fax 0742/381170

0742/780584

Trevi 15/12/2009

COMUNE DI FOLIGNO

Provincia di Perugia

PIANO DI INIZIATIVA PRIVATA – LOTTIZZAZIONE IGN

VIA BIANCA – ZONA IND. S. ERACLIO

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Committenza : Sig. Antonio Galuppo, Isotermica s.r.l., Sig. Nanni Emanuele

Il geologo
Dott. Claudio Bernetti

PREMESSA

Su commissione e per conto del sig. Antonio Galuppo, del sig. Nanni Emanuele e della società Isotermica s.r.l., è stata eseguita un'indagine geologica a corredo della richiesta di piano attuativo che interessa una area sita nella zona industriale di S. Eraclio ove è in progetto la realizzazione di tre fabbricati ad uso industriale ed artigianale.

Il complesso si trova in loc. ed è censito nel NCT del Comune di Assisi al foglio n° 251 con le particelle 16 parte, 151 parte, 174, 222, 916.

L'area di studio è individuabile nella tavoletta IGM alla scala 1:25.000 FOLIGNO I° quadrante N.O. del F.° 131 della Carta d'Italia.

Scopo del lavoro è stato quello di accertare ed analizzare in prospettiva sismica:

- gli aspetti idrologici e morfologici del territorio;
- le condizioni litologiche locali;
- i parametri geotecnici delle terre in situ.

Inoltre, trattandosi di un intervento di attuazione indiretta, si è tenuto conto dei dettami della D.G.R. n°226 del 14/03/2001 e s.m.i.

In allegato si presentano i seguenti elaborati:

- Corografia in scala 1:10.000;
- Sezione litologica in scala 1:1000;
- Carta Geologica in scala 1 : 10.000;
- Carta Litotecnica in scala 1 : 10.000;
- Carta delle zone suscettibili d'amplificazioni sismiche locali, in scala 1 : 10.000;
- Stralcio della cartografia di rischio da esondazione;
- Rapporto indagini sismiche M.A.S.W.;
- Rapporto delle prove penetrometriche DPSH.

Riguardo la problematica legata alle rocce e terre di scavo, anche in considerazione delle quote assolute del lotto oggetto di intervento, che necessitano di essere leggermente rialzate ai fini progettuali, **si prevede di riutilizzare totalmente i terreni di sbancamento.**

DESCRIZIONE MORFOLOGICA ED IDROLOGICA

La zona in esame risulta inserita in un contesto pianeggiante e più precisamente a valle del tracciato della nuova S.S.3 Flaminia.

La pendenza del territorio è talmente modesta, dell'ordine di 1.5° – 2°, da far escludere ogni ipotesi di instabilità.

Tuttavia la debolissima inclinazione, ricavabile cartograficamente dalle quote dell'alveo del Rio Fontanella è dell'ordine dell'1%.

Tale inclinazione, per quanto modesta è sufficiente a far defluire le acque piovane che scorrono in fossi superficiali ed anche nelle infrastrutture pubbliche deputate alla regimazione delle acque (nella zona industriale in questione è presente una fognatura deputata alle sole acque piovane), e nell'area non si denotano segni di ristagno idrico.

Sulla scorta di quanto sopra, secondo i criteri della D.G.R. 226 del 14/marzo/2001 e s.m.i. il sito è classificabile come “**Zona 7 – zona di fondovalle**”.

Dal punto di vista idrologico, la zona industriale di S. Eraclio è compresa tra la strada Flaminia a monte ed il rilevato ferroviario a valle.

E' indubbio che il rilevato ferroviario costituisca un ostacolo considerevole al libero deflusso delle acque ma occorre ricordare che il rilevato stesso è munito delle opportune opere di regimazione idrica compresi i sottoattraversamenti.

Inoltre le quote dei terreni in prossimità del rilevato sono di 211.5-213.0 m s.l.m. mentre il lotto di intervento si trova a 219.0 m s.l.m.

E' evidente pertanto che non si evidenziano particolari rischi legati al ristagno in superficie delle acque meteoriche che se opportunamente e correttamente regimate sono in grado di defluire regolarmente.

Infine non sono rilevabili fenomeni erosivi in atto o potenziali legati al ruscellamento.

Dal punto di vista idrogeologico, si segnala la presenza di una un acquifero sotterraneo alla profondità di circa 10-12 m: tale livello può subire durante i periodi di intensa pioggia innalzamenti dell'ordine dei 0.5-1.0 m.

CONDIZIONI LITOLOGICHE E STRATIGRAFIA LOCALE

In generale nell'area sono rilevabili sedimenti alluvionali di età olocenica costituiti da ghiaie in matrice sabbioso limosa con occasionali depositi lenticolari sabbiosi.

Nel caso specifico occorre rilevare come praticamente nella totalità dell'area da lottizzare sia presente una antica cava colmata con terreni di riporto (sigla - ant) con uno spessore massimo rilevato di circa 9 m dal p.c.

Le indagini effettuate pertanto hanno avuto l'obiettivo di definire spessori e caratteristiche di tali terreni.

Gli spessori registrati per il riporto antropico variano da un minimo di 3.8 m della prova penetrometrica P5, ad un massimo di 9.0 m della prova penetrometrica P3.

Tuttavia, poiché sarà necessario ricorrere a fondazioni indirette, per quanto attiene la suscettibilità sismica dell'area, tale coltre di riporto antropico non verrà considerata in quanto non influente sulle fondazioni degli edifici e sugli edifici medesimi in quanto le azioni sismiche si trasmetteranno agli stessi attraverso i pali di fondazione.

Al di sotto della coltre superficiale di riporto sono presenti depositi alluvionali ghiaiosi in matrice limoso-sabbiosa i quali nella zona oggetto di studio, raggiungono spessori superiori ai 60 m.

Stante la situazione stratigrafica descritta, il sito ricade nella tipologia (E7Dy), zona di fondovalle con terreni fluviolacustri ghiaiosi aventi spessori superiori ai 30 m.

Sotto il profilo della pericolosità sismica l'area è stata soggetta a Microzonazione Sismica Specifica che ha fornito valori del fattore di amplificazione sismica $F_a=1$.

DATI E PARAMETRI DI RIFERIMENTO – CATEGORIA DI SUOLO

Si premette che per quanto riguarda gli spettri sismici di riferimento essi verranno definiti nelle relazioni geologiche relative alla successiva fase di progettazione definitiva ed esecutiva dei fabbricati.

Le classificazioni dell'Ordinanza n.3274/2003, sono state riprese nel D.M. del 14/09/05 "Norme tecniche per le costruzioni" e nell'ultimo D.M. 14/01/2008 "nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".

In base alla citata Ordinanza, il territorio del Comune di Foligno ricade in "Zona 1", con grado di sismicità $S = 12$, con un coefficiente d'intensità sismica $C = 0,1$ e con accelerazione orizzontale che, all'epoca, era attribuita come $ag/g = 0,35 g$.

In riferimento alle azioni sismiche di progetto, la suddetta Ordinanza suddivide i terreni di fondazione in cinque categorie principali (A, B, C, D ed E), che sono individuate dai valori:

-della velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m del sottosuolo (VS30);

-della resistenza penetrometrica (NSPT);

-della coesione non drenata (C_u).

Per VS30 s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione, calcolata secondo la seguente relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

Le cinque categorie di profilo stratigrafico sono così definite:

A) Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m;

B) Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza

penetrometrica media NSPT > 50, o coesione non drenata media $c_u > 250$ kPa);

C) Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di VS30 compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < \text{NSPT} < 50$, $70 < c_u < 250$ kPa);

D) Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di VS30 < 180 m/s ($\text{NSPT} < 15$, $c_u < 70$ kPa);

E) Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di VS30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con VS30 > 800 m/s.

Inoltre, per i terreni di seguito illustrati si renderanno necessari ulteriori studi speciali per la definizione dell'azione sismica:

S1) Terreni che includono uno strato di almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($I_p > 40$) e contenuto di acqua, con $10 < c_u < 20$ kPa e caratterizzati da valori di VS30 < 100 m/s;

S2) Terreni soggetti a liquefazione, argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Nel nostro caso, i terreni presenti nel sottosuolo rientrano nella categoria "B", in funzione dei risultati sia della indagine sismica MASW sia delle prove penetrometriche DPHS delle quali si riportano in allegato alla presente relazione, i relativi report.

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Occorre ricordare che, come già sopra espresso, l'area da lottizzare è stata interessata, in passato, dalla estrazione di ghiaia e successivamente colmata con terreni di riporto.

Proprio per questo motivo sarà necessario, per i fabbricati da edificare nell'area, ricorrere a fondazioni indirette su pali.

Pertanto la caratteristiche geotecniche di riferimento, da considerare per i calcoli geotecnici, sono quelle del banco di ghiaie sottostante i terreni di riporto.

Di seguito si riportano le caratteristiche di tali materiali desunte dalle prove penetrometriche dinamiche DPHS effettuate nei lotti, riferimenti che dovranno essere confermati ed approfonditi (in particolare per quanto attiene la profondità del banco ghiaioso) nella fase di progettazione definitiva ed esecutiva dei fabbricati.

TABELLE GEOTECNICHE

UNITA' LITOSTRATIGRAFICA: SEDIMENTI FLUVIALI GHIAIOSI

Tabella parametri fisici

	γ (Kn/mc)	W %	Sr %	e	Dr (%)	LL %	IP	D 10	U
N.									
v. medio									
Dev. Std.									
Min	19				65				
Max.	20				95				

Tabella parametri meccanici

	OCR	C'p	Φ 'p	C'r	Φ 'r	C'	Φ	Cu	
N.									
v. medio									
Dev. Std.									
Min			30°			0.0 kg/cmq			
Max.			38°			0.0 kg/cmq			

N.: numero di valori
 OCR: grado di sovraconsolidazione
 C'p: coesione efficace di picco (Kpa)
 Φ 'p: angolo d'attrito efficace (°)
 C'r: coesione efficace residua (Kpa)
 Φ 'r: angolo d'attrito efficace
 C: coesione in termini di tensioni totali (Kpa)
 Φ : angolo d'attrito in termini di tensioni totali (°)
 Cu: coesione non drenata (Kpa)

γ : peso di volume naturale
 W: contenuto in acqua naturale
 Sr: grado di saturazione
 E: indice dei vuoti
 Dr: densità relativa
 LL: limite di liquidità
 IP: Indice di plasticità
 D10: diametro efficace (passante al 10%)
 U: coeff. di uniformità (rapporto passanti 60 e 10% = D60/D10)

CONCLUSIONI

Alla luce di quanto sopra, possiamo concludere che il progetto di lottizzazione previsto è compatibile con il sito e nulla osta alla sua realizzazione.

Sotto l'aspetto geomorfologico, infatti, l'area risulta stabile e non soggetta all'azione delle acque di superficie.

Ovviamente le opere di regimazione delle acque dovranno essere progettate ed eseguite a regola d'arte per evitare possibili ristagni idrici nell'area.

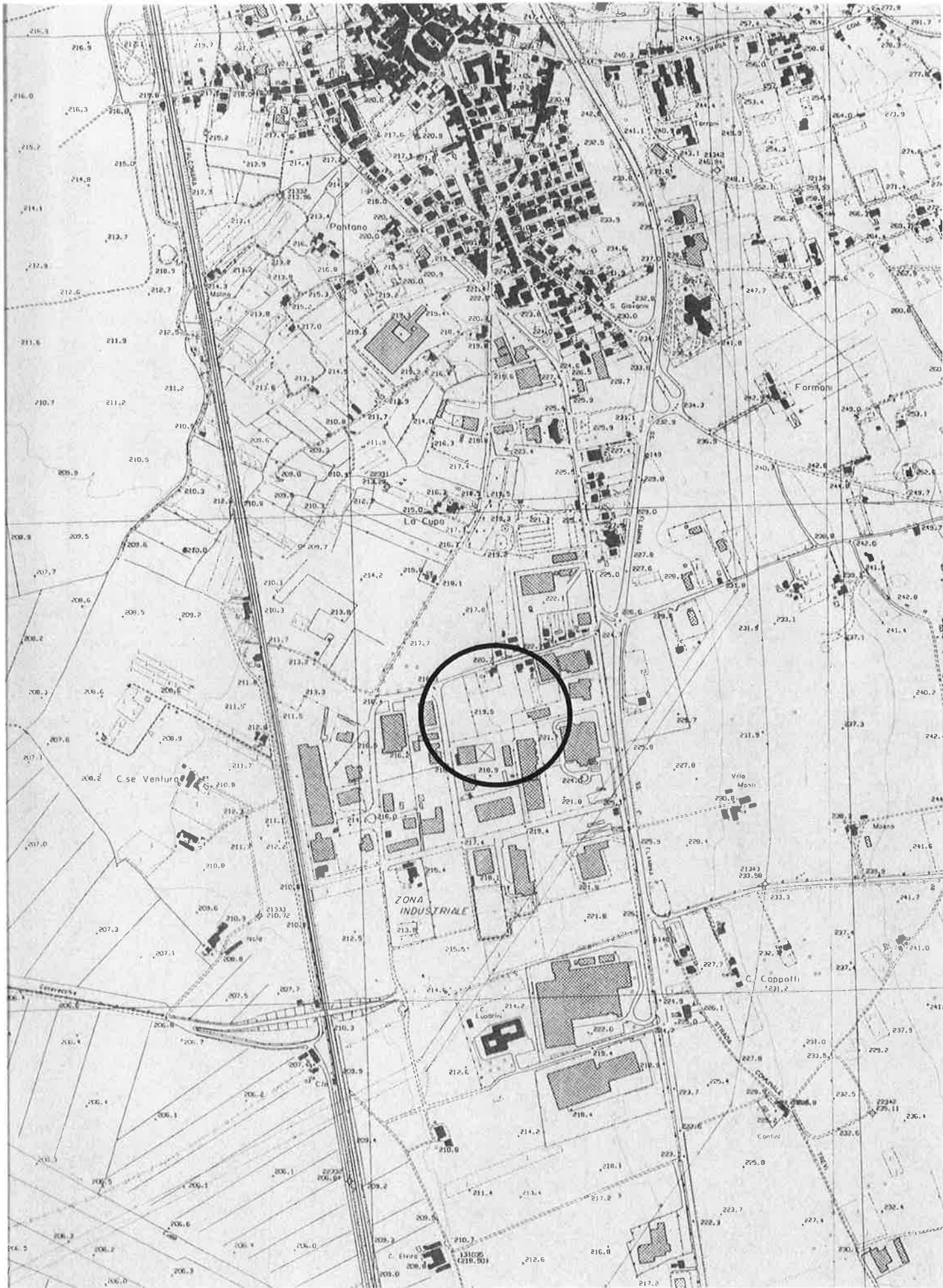
Dal punto di vista litologico, le terre interessate dalle future costruzioni, per le quali sarà necessario ricorrere a fondazioni su pali, sono dotate di buone caratteristiche geotecniche.

Sotto il profilo del rischio sismico la micro zonazione sperimentale che è stata eseguita per il territorio di Foligno, non ha evidenziato condizioni di amplificazione sismica locale ($F_a=1$) ed inoltre in base alla nuova normativa il sito in oggetto presenta una categoria di suolo di tipo "B".

Infine si ritiene che la falda acquifera presente, alla profondità di circa 10 m dal p.c., non sia in grado di influenzare le opere di progetto.

Si resta a disposizione per ulteriori ed eventuali chiarimenti.

COROGRAFIA TOPOGRAFICA
Sezione n°324 050 - Scala 1: 10.000



TRACCIA DELLA SEZIONE LITOLOGICA A-B



Particella: 16 (Dati cartografici e censuari non allineati o non registrati)

E=-13600

SEZIONE LITOLOGICA

SCALA 1:1000



A

B



LEGENDA



DEPOSITI ANTROPICI



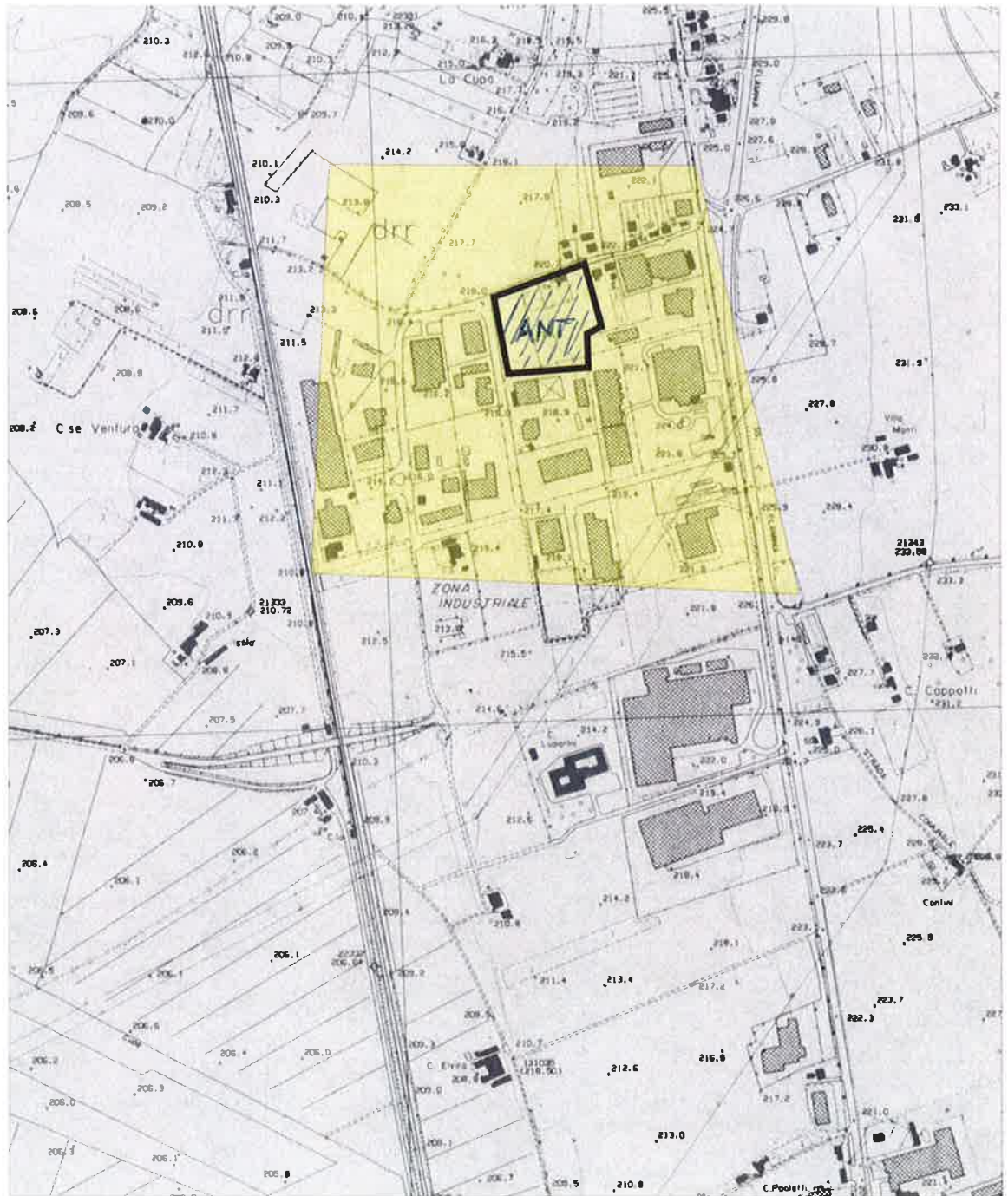
GHIAIE SABBIOSE



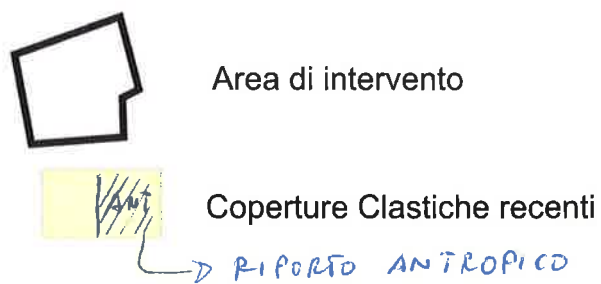
LENTI DI LIMI SABBIOSI

CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Scala 1: 5.000

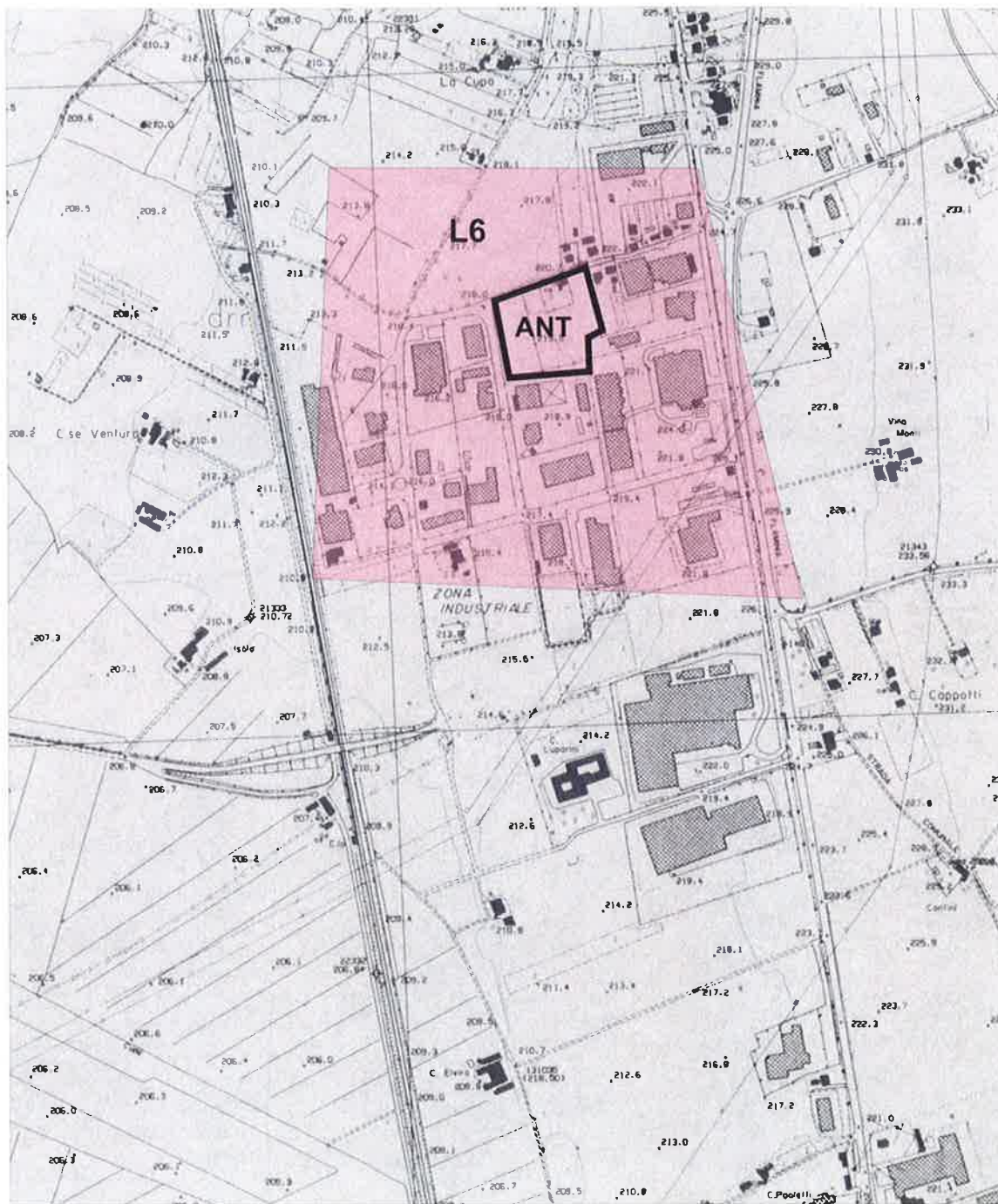


Carta Tecnica Regionale - "Sant'Eraclio" - Sezione 324 050

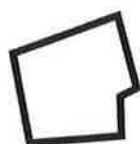


CARTA LITOTECNICA

Scala 1: 5.000



Carta Tecnica Regionale - "Sant'Eraclio" - Sezione 324 050



Area di intervento

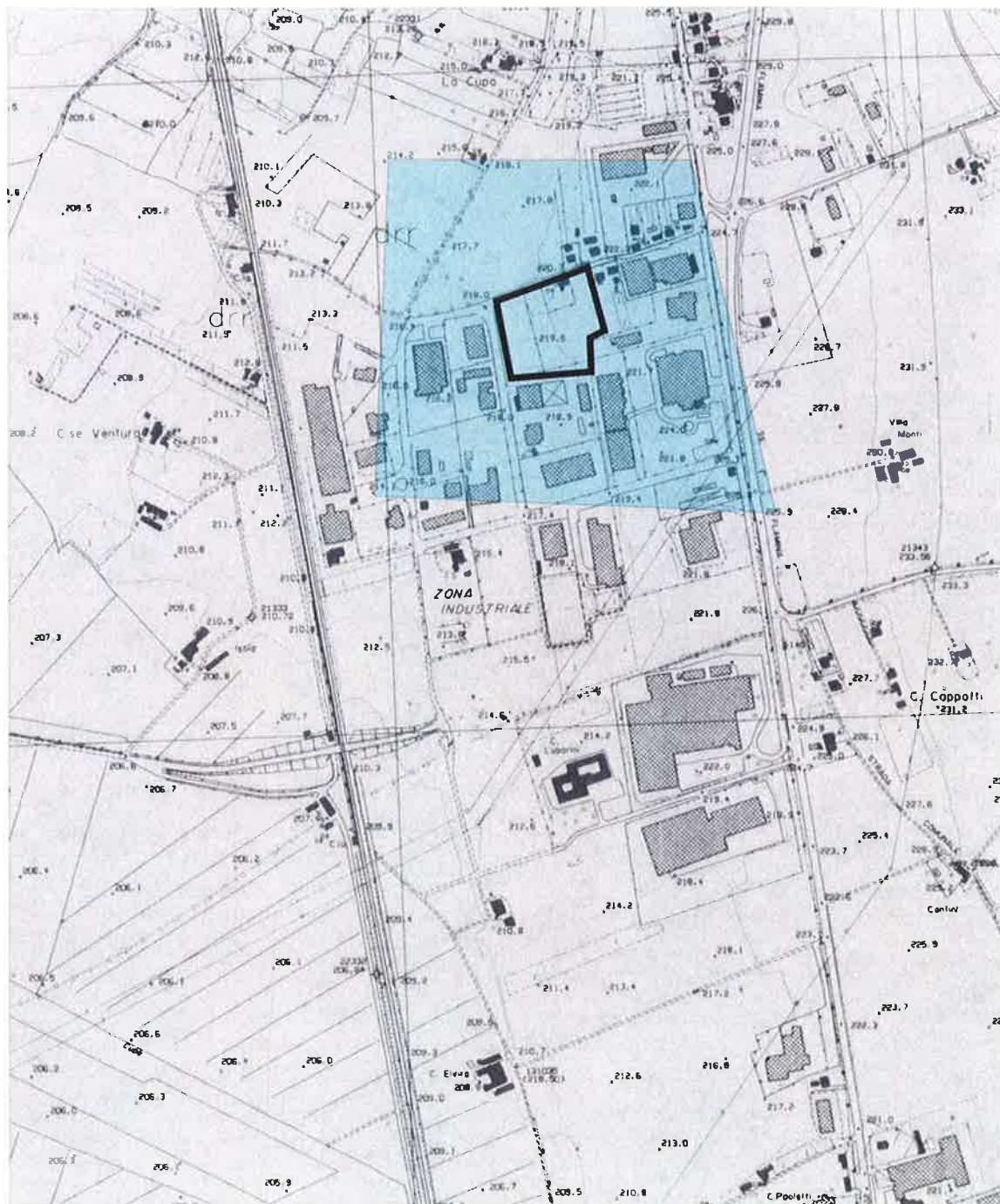


L6

Zona di Fondovalle (ANT= depositi antropici)

CARTA DELLE AMPLIFICAZIONI SISMICHE LOCALI

Scala 1: 5.000
ai sensi delle N.T.C. 2008



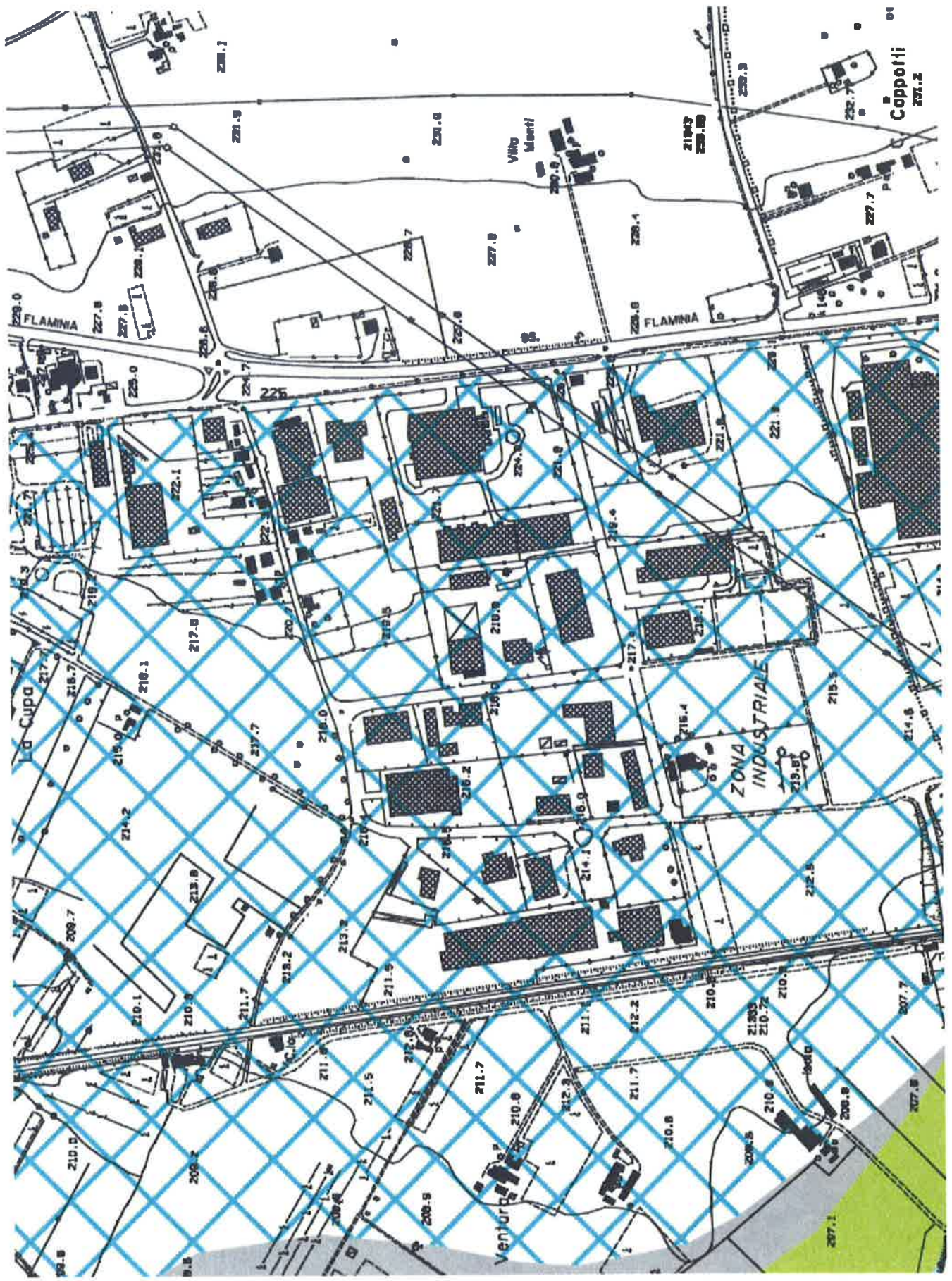
Carta Tecnica Regionale - "Sant'Eraclio" - Sezione 324 050



Area di intervento



CATEGORIA DI SOTTOSUOLO B CON $386 \text{ m/s} < V_{s30} < 541 \text{ m/s}$



FLAMINIA

Vila Manfr

FLAMINIA

Cappotti

ZONA INDUSTRIALE

Ventura

La Cupa

228.1

227.8

228.0

227.7

228.6

227.7

222.1

219.7

218.7

218.0

217.8

218.1

214.2

216.0

217.7

213.7

218.2

211.7

210.1

210.9

221.9

221.8

221.7

221.6

221.5

221.4

221.3

221.2

221.1

221.0

220.9

220.8

220.7

220.6

220.5

220.4

220.3

220.2

220.1

219.9

221.8

221.7

221.6

221.5

221.4

221.3

221.2

221.1

221.0

220.9

220.8

220.7

220.6

220.5

220.4

220.3

220.2

220.1

219.9

219.8

221.8

221.7

221.6

221.5

221.4

221.3

221.2

221.1

221.0

220.9

220.8

220.7

220.6

220.5

220.4

220.3

220.2

220.1

219.9

219.8

221.8

221.7

221.6

221.5

221.4

221.3

221.2

221.1

221.0

220.9

220.8

220.7

220.6

220.5

220.4

220.3

220.2

220.1

219.9

219.8

221.8

221.7

221.6

221.5

221.4

221.3

221.2

221.1

221.0

220.9

220.8

220.7

220.6

220.5

220.4

220.3

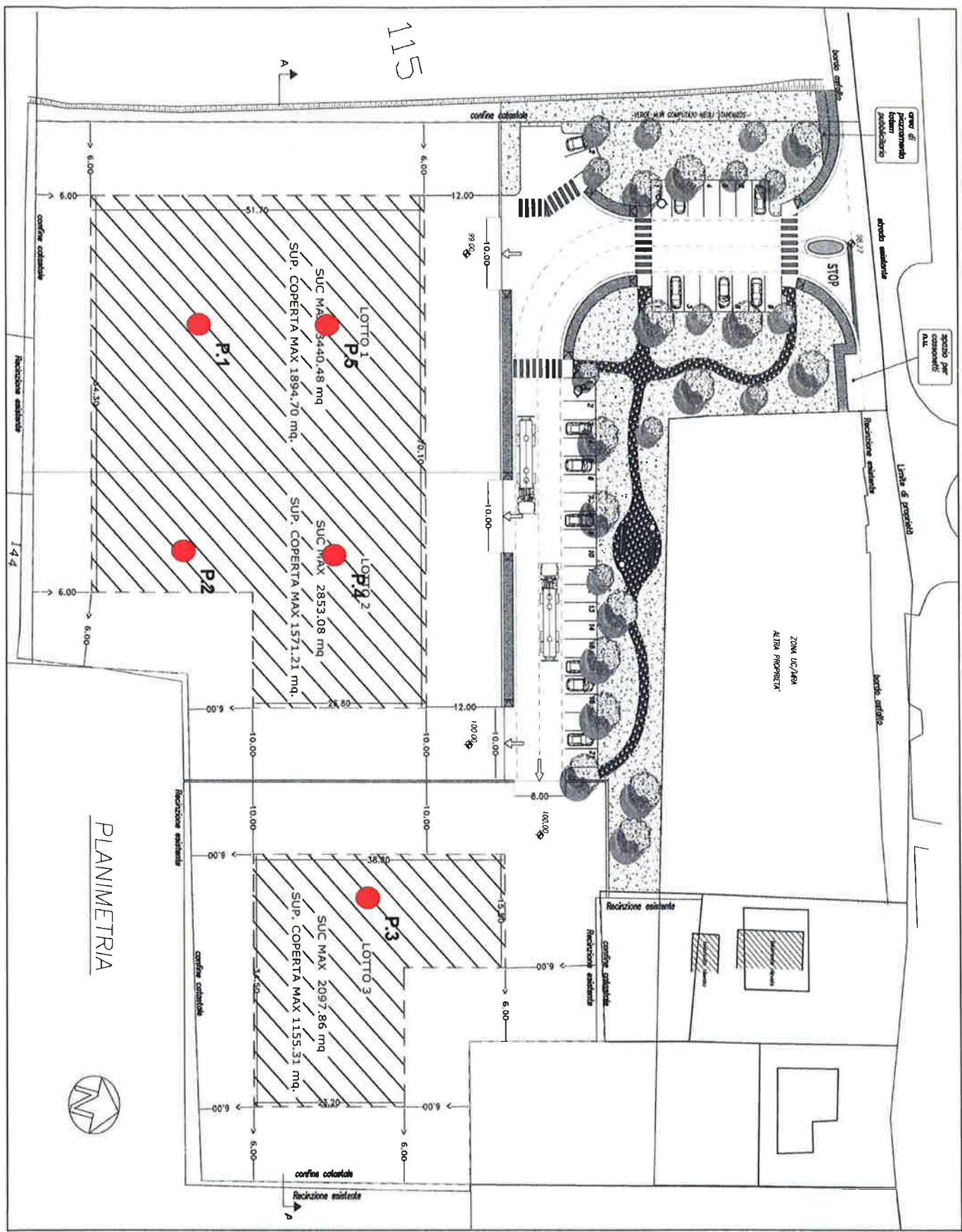
220.2

220.1

219.9

219.8

PLANIMETRIA DELL'AREA DI INTERVENTO CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI (Fuori scala)



LEGENDA:

 AREA ALLAGABILE per $Tr = 50$ anni

 AREA ALLAGABILE per $Tr = 200$ anni

 AREA ALLAGABILE per $Tr = 500$ anni

 zone di ACCUMULO

 aree soggette a RISTAGNO

 ARGINI con indicazione dell'altezza massima sul p.c. [m]

 deflussi extra alveo probabili (da definire con il completamento dei rilievi a terra e/o dell'analisi idraulica)

 confini comunali

Tr = 50 anni

 SEZIONI FLUVIALI rilevate
ROSSO: ESONDAZIONE
ARANCIO: FRANCO IDRAULICO

 altre SEZIONI FLUVIALI RICOSTRUITE e utilizzate nella modellazione idraulica

 PONTI e TOMBINI - condizioni di
VERDE: in SICUREZZA
ARANCIO: con FRANCO IDRAULICO
ROSSO: in PRESSIONE

 LINEE DI DEFLUSSO principali e velocità massima della corrente in m/s

 LINEE DI DEFLUSSO di connessione

 TIRANTE IDRICO [m]

* franco idraulico di sicurezza: ≥ 1.0 m

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : DPSH (S. Heavy)

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 : DPSH (S. Heavy)

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 30,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50,50 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,00 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 8,00 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 11,91 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,521$ (teoricamente : Nspt = β_t N)

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

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

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

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa
1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

DIN 1

- committente : Sig. Bernetti
- lavoro : Realizzazione capannone
- località : Sant'Eraclio di Foligno (PG)
- note :

- data : 12/12/2009
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r) asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r) asta
0,00 - 0,20	1	7,4	---	3,60 - 3,80	1	6,0	---
0,20 - 0,40	1	7,4	---	3,80 - 4,00	1	5,7	---
0,40 - 0,60	3	22,3	---	4,00 - 4,20	1	5,7	---
0,60 - 0,80	2	14,9	---	4,20 - 4,40	1	5,7	---
0,80 - 1,00	3	20,7	---	4,40 - 4,60	1	5,7	---
1,00 - 1,20	3	20,7	---	4,60 - 4,80	1	5,7	---
1,20 - 1,40	4	27,6	---	4,80 - 5,00	1	5,3	---
1,40 - 1,60	4	27,6	---	5,00 - 5,20	7	37,4	---
1,60 - 1,80	6	41,4	---	5,20 - 5,40	9	48,1	---
1,80 - 2,00	5	32,2	---	5,40 - 5,60	12	64,1	---
2,00 - 2,20	3	19,3	---	5,60 - 5,80	13	69,5	---
2,20 - 2,40	3	19,3	---	5,80 - 6,00	15	75,9	---
2,40 - 2,60	1	6,4	---	6,00 - 6,20	25	126,4	---
2,60 - 2,80	2	12,9	---	6,20 - 6,40	23	116,3	---
2,80 - 3,00	2	12,0	---	6,40 - 6,60	16	80,9	---
3,00 - 3,20	2	12,0	---	6,60 - 6,80	17	86,0	---
3,20 - 3,40	1	6,0	---	6,80 - 7,00	18	86,4	---
3,40 - 3,60	1	6,0	---	7,00 - 7,20	22	105,6	---

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,00 cm²** - D(diam. punta)= **50,50 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

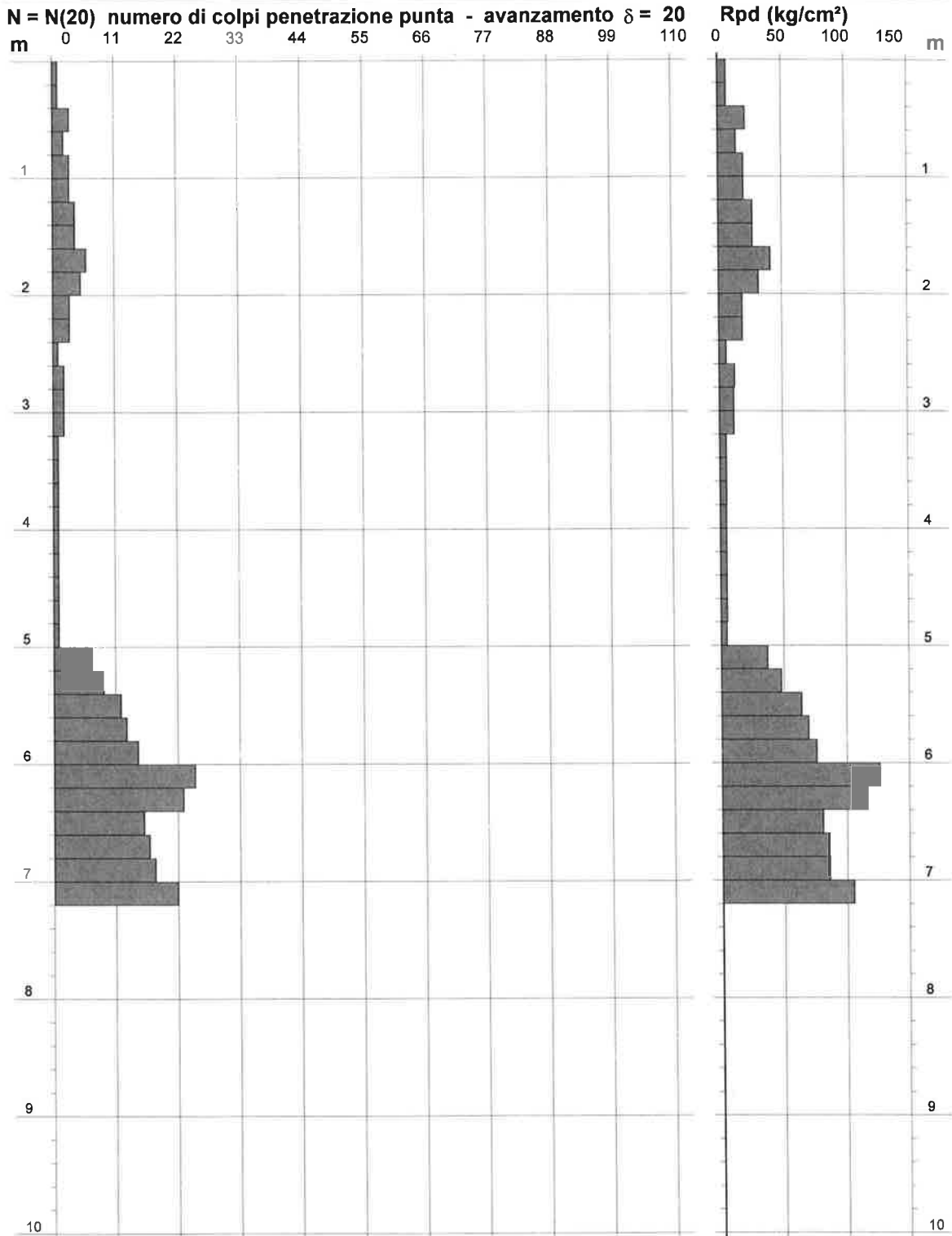
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 50

- committente : Sig. Bernetti
- lavoro : Realizzazione capannone
- località : Sant'Eraclio di Foligno (PG)
- note :

- data : 12/12/2009
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

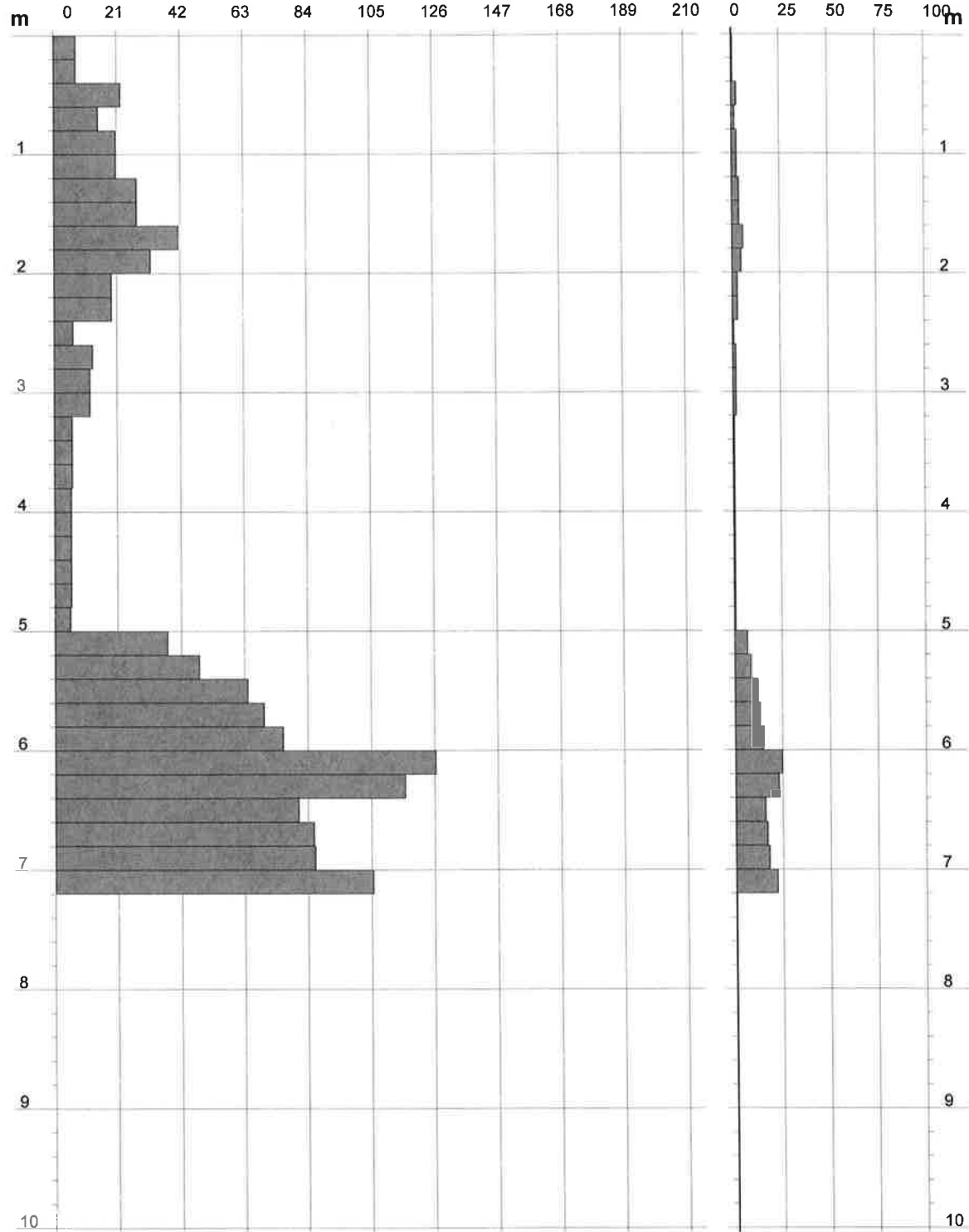
DIN 1
 Scala 1: 50

- committente : Sig. Bernetti
 - lavoro : Realizzazione capannone
 - località : Sant'Eraclio di Foligno (PG)

- data : 12/12/2009
 - quota inizio : Piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"

N = N(20) n° colpi $\delta = 20$



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- committente : Sig. Bernetti
- lavoro : Realizzazione capannone
- località : Sant'Eraclio di Foligno (PG)
- note :

- data : 12/12/2009
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00	5,00	N	2,2	1	6	1,6	1,4	---	3,6	2	1,52	3
			Rpd	14,2	5	41	9,8	10,1	4,2	24,3			
2	5,00	5,80	N	10,3	7	13	8,6	---	---	---	10	1,52	15
			Rpd	54,8	37	70	46,1	---	---	---			
3	5,80	7,20	N	19,4	15	25	17,2	3,9	15,6	23,3	19	1,52	29
			Rpd	96,8	76	126	86,3	19,4	77,4	116,2			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,52$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 20$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	5.00		3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
2	5.00	5.80		15	42.5	31.5	307	1.96	1.54	0.94	1.96	29	0.773
3	5.80	7.20		29	63.5	35.7	415	2.05	1.68	1.81	2.13	19	0.506

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

DIN 2

- committente : Sig. Bernetti
- lavoro : Realizzazione capannone
- località : Sant'Eraclio di Foligno (PG)
- note :

- data : 12/12/2009
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	1	7,4	---	1	4,00 - 4,20	6	34,0	---	5
0,20 - 0,40	2	14,9	---	1	4,20 - 4,40	5	28,3	---	5
0,40 - 0,60	2	14,9	---	1	4,40 - 4,60	6	34,0	---	5
0,60 - 0,80	4	29,8	---	1	4,60 - 4,80	6	34,0	---	5
0,80 - 1,00	3	20,7	---	2	4,80 - 5,00	5	26,7	---	6
1,00 - 1,20	3	20,7	---	2	5,00 - 5,20	5	26,7	---	6
1,20 - 1,40	3	20,7	---	2	5,20 - 5,40	5	26,7	---	6
1,40 - 1,60	2	13,8	---	2	5,40 - 5,60	4	21,4	---	6
1,60 - 1,80	2	13,8	---	2	5,60 - 5,80	5	26,7	---	6
1,80 - 2,00	2	12,9	---	3	5,80 - 6,00	7	35,4	---	7
2,00 - 2,20	1	6,4	---	3	6,00 - 6,20	6	30,3	---	7
2,20 - 2,40	3	19,3	---	3	6,20 - 6,40	7	35,4	---	7
2,40 - 2,60	1	6,4	---	3	6,40 - 6,60	6	30,3	---	7
2,60 - 2,80	36	231,6	---	3	6,60 - 6,80	6	30,3	---	7
2,80 - 3,00	69	415,7	---	4	6,80 - 7,00	6	28,8	---	8
3,00 - 3,20	37	222,9	---	4	7,00 - 7,20	8	38,4	---	8
3,20 - 3,40	9	54,2	---	4	7,20 - 7,40	7	33,6	---	8
3,40 - 3,60	7	42,2	---	4	7,40 - 7,60	6	28,8	---	8
3,60 - 3,80	6	36,1	---	4	7,60 - 7,80	52	249,6	---	8
3,80 - 4,00	6	34,0	---	5	7,80 - 8,00	51	233,0	---	9

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,00 cm²** - D(diam. punta)= **50,50 mm**

- Numero Colpi Punta N = **N(20)** [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

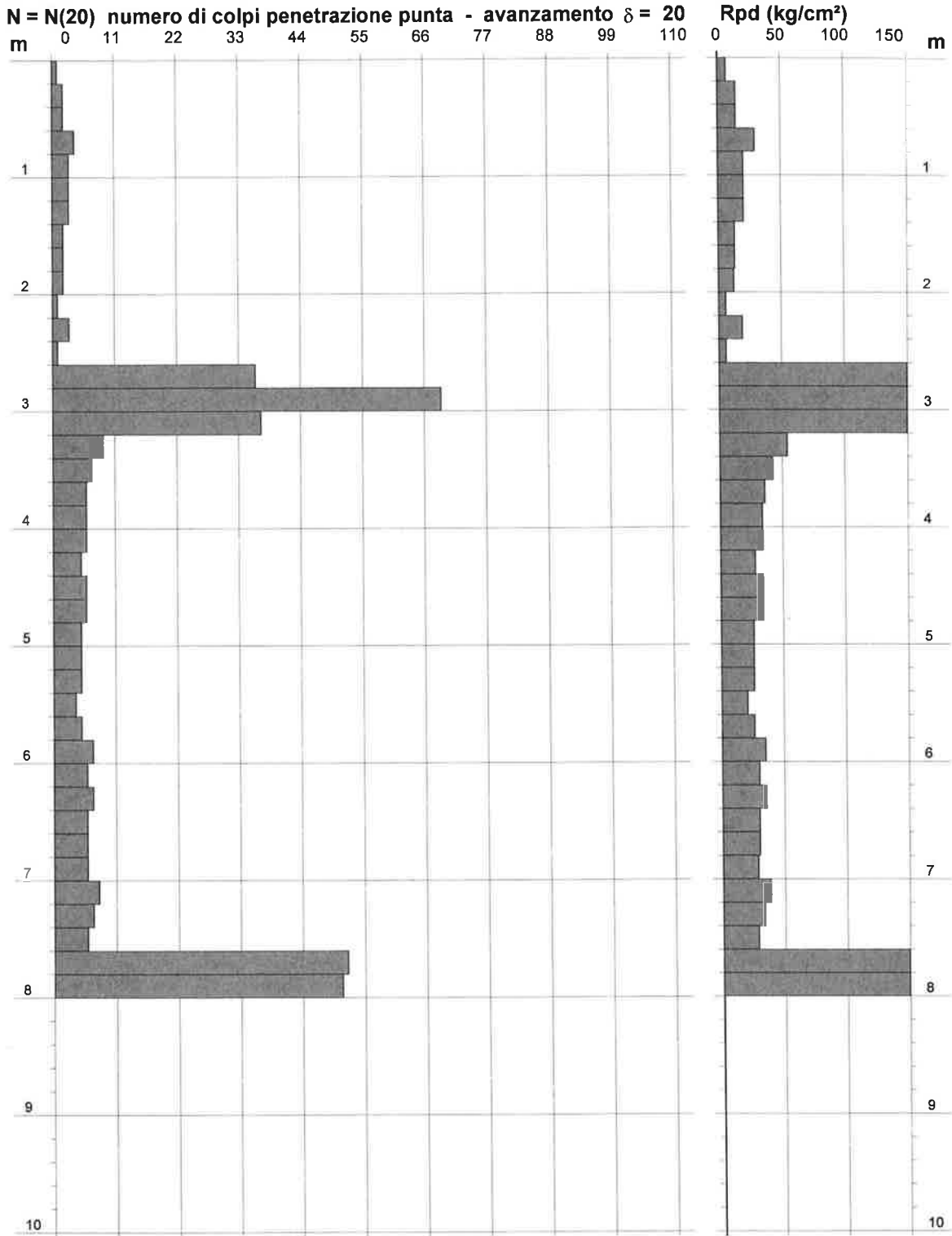
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

Scala 1: 50

- committente : Sig. Bernetti
- lavoro : Realizzazione capannone
- localit  : Sant'Eraclio di Foligno (PG)
- note :

- data : 12/12/2009
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

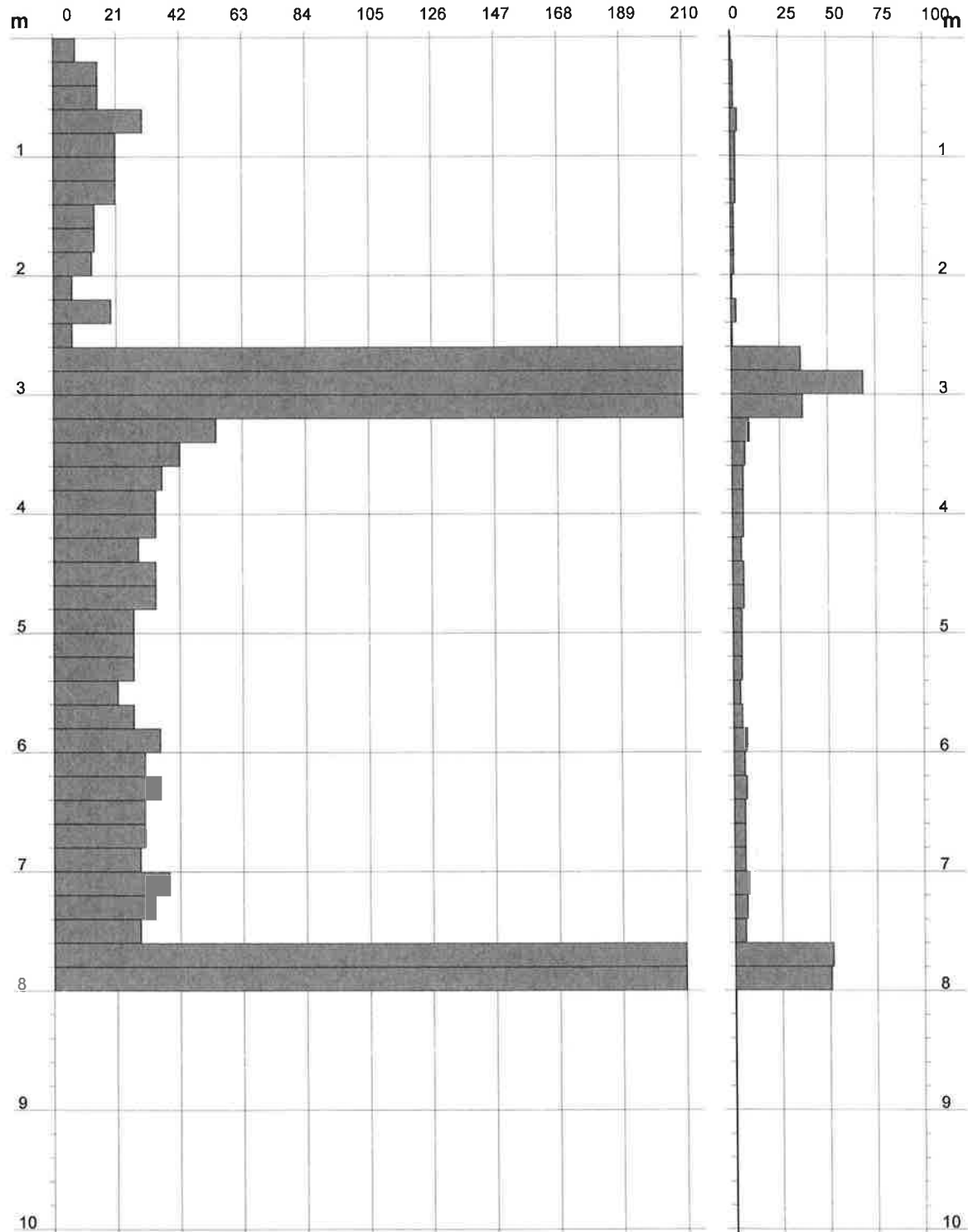
DIN 2
 Scala 1: 50

- committente : Sig. Bernetti
 - lavoro : Realizzazione capannone
 - località : Sant'Eraclio di Foligno (PG)

- data : 12/12/2009
 - quota inizio : Piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"

N = N(20) n° colpi $\delta = 20$



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
ELABORAZIONE STATISTICA**

DIN 2

- committente : Sig. Bernetti
- lavoro : Realizzazione capannone
- località : Sant'Eraclio di Foligno (PG)
- note :

- data : 12/12/2009
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA								VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s				
1	0,00 2,60	N	2,2	1	4	1,6	---	1,3	3,2	2	1,52	3	
		Rpd	15,5	6	30	11,0	6,7	8,8	22,3	14			
2	2,60 3,20	N	47,3	36	69	41,7	---	---	---	47	1,52	71	
		Rpd	290,1	223	416	256,5	---	---	---	288			
3	3,20 7,60	N	6,1	4	9	5,0	1,1	5,0	7,2	6	1,52	9	
		Rpd	32,6	21	54	27,0	6,7	25,8	39,3	32			
4	7,60 8,00	N	51,5	51	52	51,3	---	---	---	52	1,52	79	
		Rpd	241,3	233	250	237,1	---	---	---	244			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta^t = 1,52$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 20$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 2.60		3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
2	2.60 3.20		71	92.9	44.1	739	2.19	1.92	4.44	2.64	01	0.038
3	3.20 7.60		9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918
4	7.60 8.00		79	95.9	44.5	800	2.21	1.95	4.94	2.73	-01	-0.020

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

DIN 3

- committente : Sig. Bernetti
- lavoro : Realizzazione capannone
- località : Sant'Eraclio di Foligno (PG)
- note :

- data : 12/12/2009
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	1	7,4	---	1	5,20 - 5,40	3	16,0	---	6
0,20 - 0,40	1	7,4	---	1	5,40 - 5,60	3	16,0	---	6
0,40 - 0,60	1	7,4	---	1	5,60 - 5,80	2	10,7	---	6
0,60 - 0,80	1	7,4	---	1	5,80 - 6,00	2	10,1	---	7
0,80 - 1,00	1	6,9	---	2	6,00 - 6,20	2	10,1	---	7
1,00 - 1,20	1	6,9	---	2	6,20 - 6,40	1	5,1	---	7
1,20 - 1,40	2	13,8	---	2	6,40 - 6,60	1	5,1	---	7
1,40 - 1,60	2	13,8	---	2	6,60 - 6,80	1	5,1	---	7
1,60 - 1,80	4	27,6	---	2	6,80 - 7,00	1	4,8	---	8
1,80 - 2,00	4	25,7	---	3	7,00 - 7,20	2	9,6	---	8
2,00 - 2,20	3	19,3	---	3	7,20 - 7,40	2	9,6	---	8
2,20 - 2,40	5	32,2	---	3	7,40 - 7,60	1	4,8	---	8
2,40 - 2,60	4	25,7	---	3	7,60 - 7,80	2	9,6	---	8
2,60 - 2,80	4	25,7	---	3	7,80 - 8,00	3	13,7	---	9
2,80 - 3,00	4	24,1	---	4	8,00 - 8,20	2	9,1	---	9
3,00 - 3,20	4	24,1	---	4	8,20 - 8,40	2	9,1	---	9
3,20 - 3,40	4	24,1	---	4	8,40 - 8,60	4	18,3	---	9
3,40 - 3,60	3	18,1	---	4	8,60 - 8,80	8	36,5	---	9
3,60 - 3,80	4	24,1	---	4	8,80 - 9,00	8	34,9	---	10
3,80 - 4,00	4	22,7	---	5	9,00 - 9,20	33	143,8	---	10
4,00 - 4,20	4	22,7	---	5	9,20 - 9,40	27	117,7	---	10
4,20 - 4,40	6	34,0	---	5	9,40 - 9,60	30	130,7	---	10
4,40 - 4,60	3	17,0	---	5	9,60 - 9,80	29	126,4	---	10
4,60 - 4,80	4	22,7	---	5	9,80 - 10,00	29	120,8	---	11
4,80 - 5,00	3	16,0	---	6	10,00 - 10,20	28	116,6	---	11
5,00 - 5,20	4	21,4	---	6					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,00 cm²** - D(diam. punta)= **50,50 mm**

- Numero Colpi Punta N = **N(20)** [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

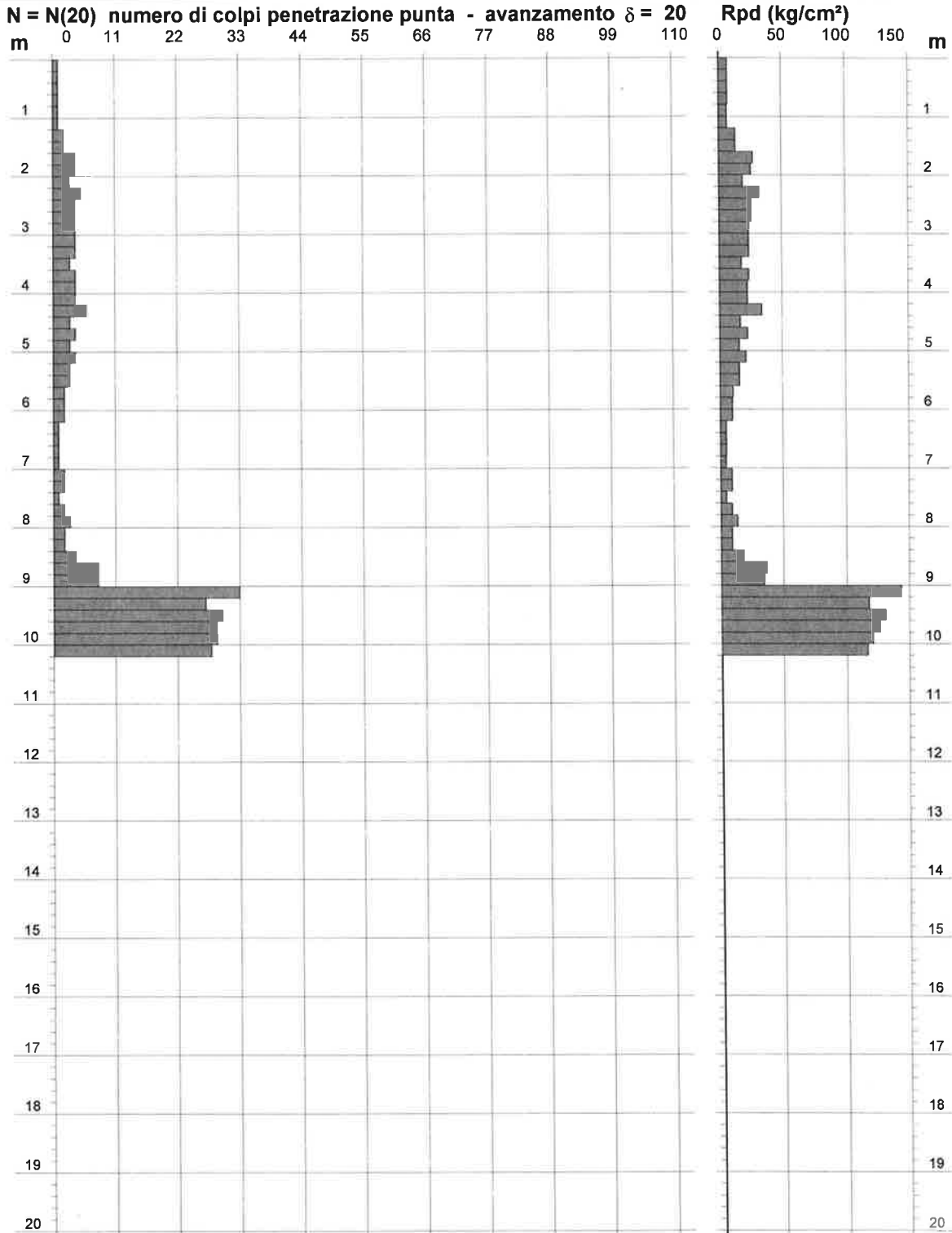
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 3

Scala 1: 100

- committente : Sig. Bernetti
- lavoro : Realizzazione capannone
- località : Sant'Eraclio di Foligno (PG)
- note :

- data : 12/12/2009
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

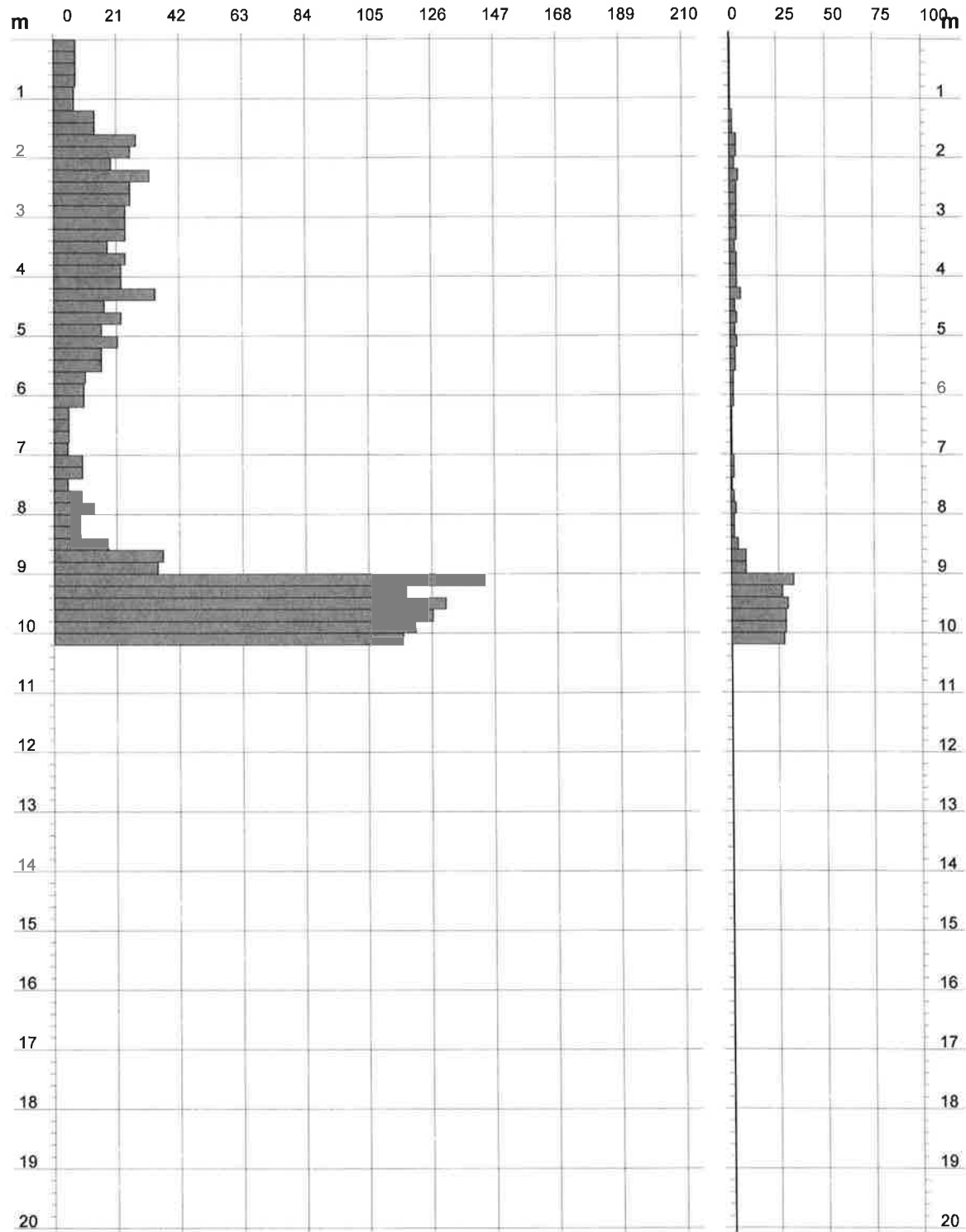
DIN 3
Scala 1: 100

- committente : Sig. Bernetti
- lavoro : Realizzazione capannone
- località : Sant'Eraclio di Foligno (PG)

- data : 12/12/2009
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"

N = N(20) n° colpi $\delta = 20$



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
ELABORAZIONE STATISTICA**

DIN 3

- committente : Sig. Bernetti
- lavoro : Realizzazione capannone
- località : Sant'Eraclio di Foligno (PG)
- note :

- data : 12/12/2009
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00	9,00	N	2,9	1	8	2,0	1,7	1,2	4,6	3	1,52	5
			Rpd	16,4	5	37	10,6	9,1	7,3	25,4			
2	9,00	10,20	N	29,3	27	33	28,2	2,1	27,3	31,4	29	1,52	44
			Rpd	126,0	117	144	121,3	10,2	115,8	136,2			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,52$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 20$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE				NATURA COESIVA				
					DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	9.00		5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
2	9.00	10.20		44	79.0	39.5	531	2.12	1.80	2.75	2.31	11	0.297

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

DIN 4

- committente : Sig. Bernetti
- lavoro : Realizzazione capannone
- località : Sant'Eraclio di Foligno (PG)
- note :

- data : 12/12/2009
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	1	7,4	---	1	5,20 - 5,40	1	5,3	---	6
0,20 - 0,40	2	14,9	---	1	5,40 - 5,60	1	5,3	---	6
0,40 - 0,60	3	22,3	---	1	5,60 - 5,80	1	5,3	---	6
0,60 - 0,80	3	22,3	---	1	5,80 - 6,00	1	5,1	---	7
0,80 - 1,00	3	20,7	---	2	6,00 - 6,20	1	5,1	---	7
1,00 - 1,20	2	13,8	---	2	6,20 - 6,40	1	5,1	---	7
1,20 - 1,40	1	6,9	---	2	6,40 - 6,60	1	5,1	---	7
1,40 - 1,60	1	6,9	---	2	6,60 - 6,80	1	5,1	---	7
1,60 - 1,80	1	6,9	---	2	6,80 - 7,00	1	4,8	---	8
1,80 - 2,00	3	19,3	---	3	7,00 - 7,20	1	4,8	---	8
2,00 - 2,20	2	12,9	---	3	7,20 - 7,40	3	14,4	---	8
2,20 - 2,40	1	6,4	---	3	7,40 - 7,60	3	14,4	---	8
2,40 - 2,60	2	12,9	---	3	7,60 - 7,80	2	9,6	---	8
2,60 - 2,80	1	6,4	---	3	7,80 - 8,00	4	18,3	---	9
2,80 - 3,00	1	6,0	---	4	8,00 - 8,20	13	59,4	---	9
3,00 - 3,20	2	12,0	---	4	8,20 - 8,40	22	100,5	---	9
3,20 - 3,40	1	6,0	---	4	8,40 - 8,60	17	77,7	---	9
3,40 - 3,60	1	6,0	---	4	8,60 - 8,80	21	95,9	---	9
3,60 - 3,80	1	6,0	---	4	8,80 - 9,00	12	52,3	---	10
3,80 - 4,00	1	5,7	---	5	9,00 - 9,20	23	100,2	---	10
4,00 - 4,20	1	5,7	---	5	9,20 - 9,40	27	117,7	---	10
4,20 - 4,40	2	11,3	---	5	9,40 - 9,60	29	126,4	---	10
4,40 - 4,60	1	5,7	---	5	9,60 - 9,80	30	130,7	---	10
4,60 - 4,80	1	5,7	---	5	9,80 - 10,00	30	125,0	---	11
4,80 - 5,00	1	5,3	---	6	10,00 - 10,20	32	133,3	---	11
5,00 - 5,20	1	5,3	---	6					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,00 cm²** - D(diam. punta)= **50,50 mm**

- Numero Colpi Punta N = **N(20)** [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

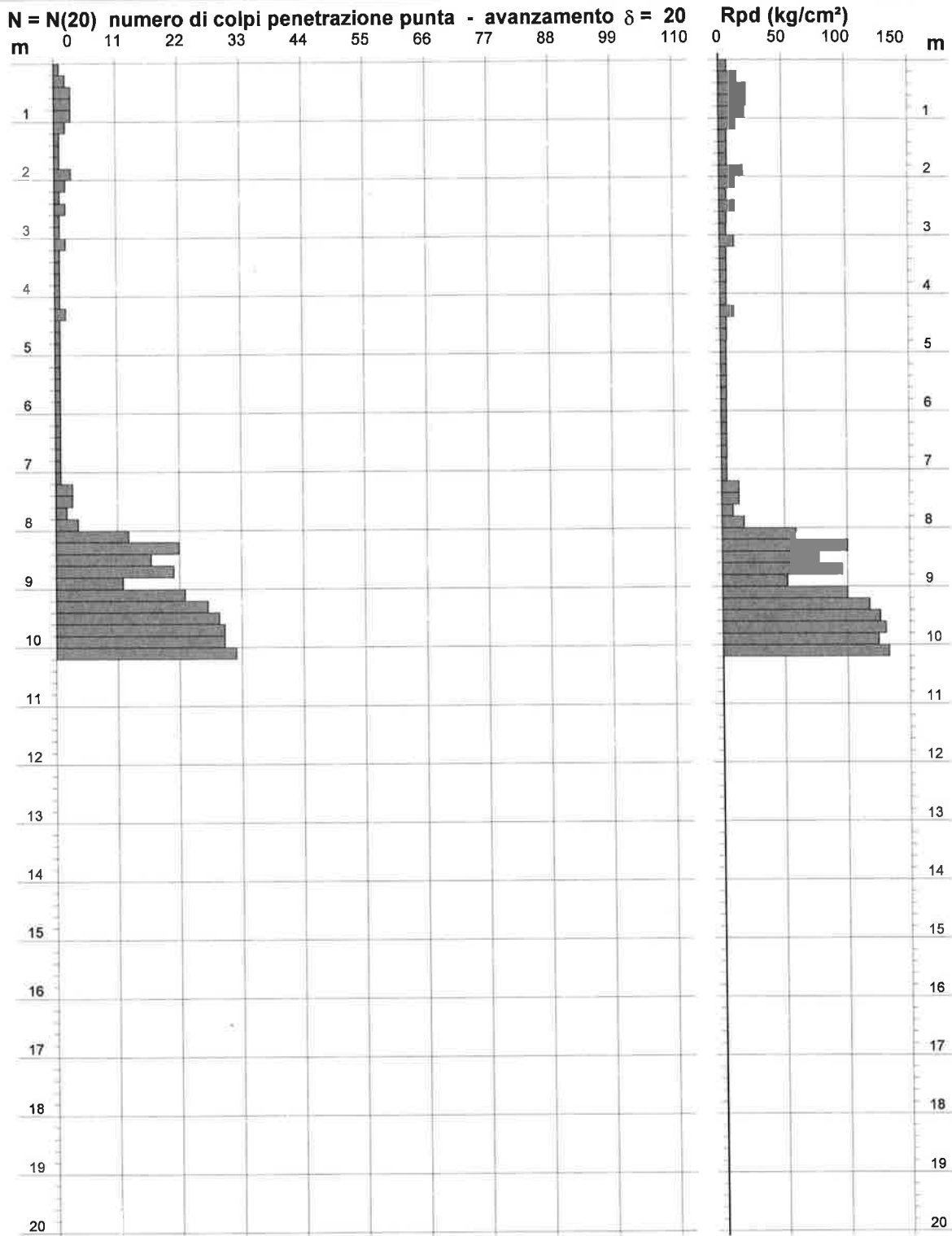
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 4

Scala 1: 100

- committente : Sig. Bernetti
- lavoro : Realizzazione capannone
- localit  : Sant'Eracleo di Foligno (PG)
- note :

- data : 12/12/2009
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

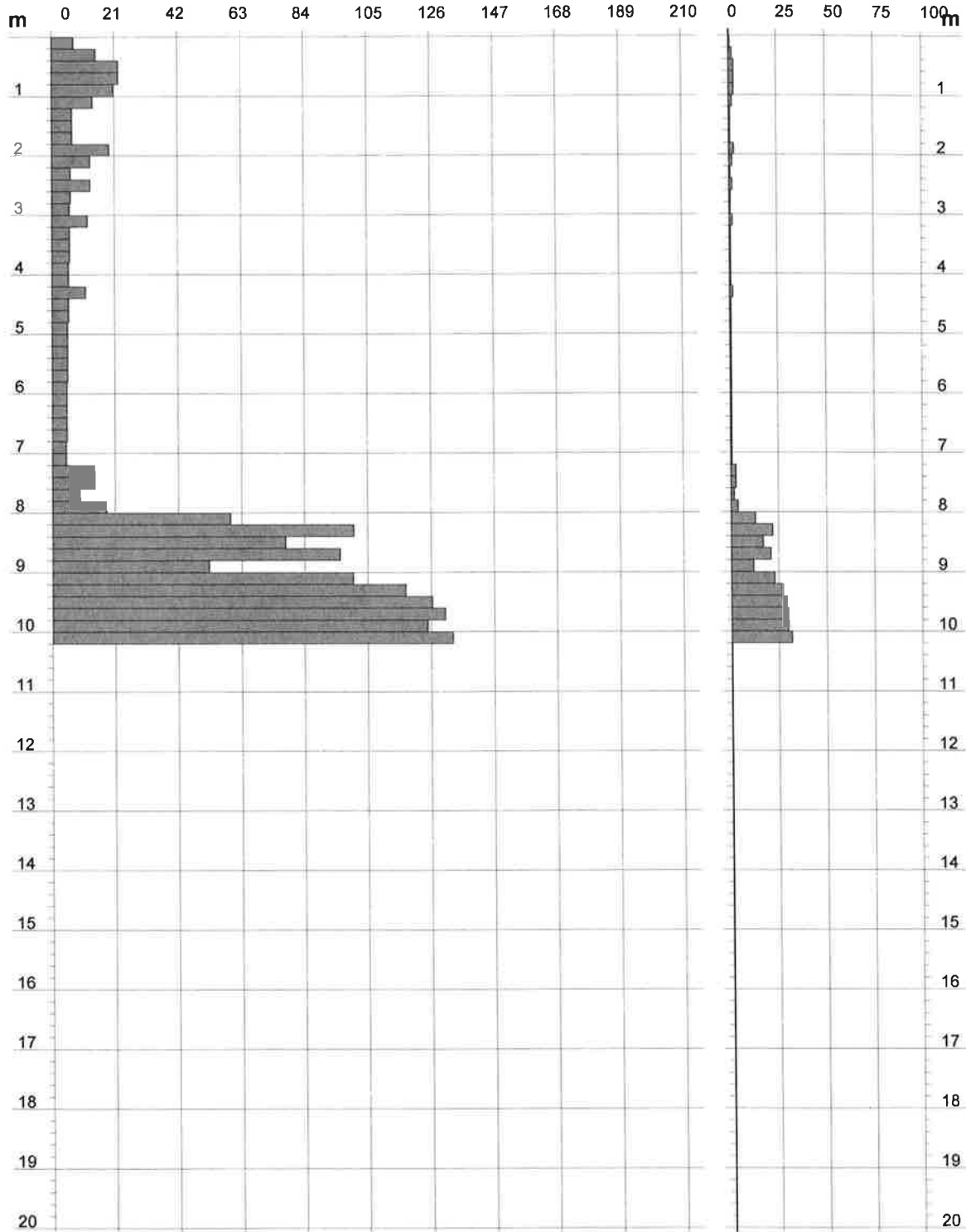
DIN 4
Scala 1: 100

- committente : Sig. Bernetti
- lavoro : Realizzazione capannone
- località : Sant'Eraclio di Foligno (PG)

- data : 12/12/2009
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"

N = N(20) n° colpi δ = 20



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 4

- committente : Sig. Bernetti
- lavoro : Realizzazione capannone
- località : Sant'Eraclio di Foligno (PG)
- note :

- data : 12/12/2009
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA								VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s	M+s				
1	0,00 8,00	N	1,6	1	4	1,3	---	---	2,4	2	1,52	3	
		Rpd	9,2	5	22	7,0	5,4	3,8	14,6				12
2	8,00 10,20	N	23,3	12	32	17,6	7,0	16,3	30,3	23	1,52	35	
		Rpd	101,7	52	133	77,0	28,4	73,3	130,2				100

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,52$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 20$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 8.00		3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
2	8.00 10.20		35	70.0	37.3	461	2.08	1.73	2.19	2.20	15	0.415

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

DIN 5

- committente : Sig. Bernetti
- lavoro : Realizzazione capannone
- località : Sant'Eraclio di Foligno (PG)
- note :

- data : 12/12/2009
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	1	7,4	---	1	3,80 - 4,00	23	130,3	---	5
0,20 - 0,40	1	7,4	---	1	4,00 - 4,20	23	130,3	---	5
0,40 - 0,60	4	29,8	---	1	4,20 - 4,40	14	79,3	---	5
0,60 - 0,80	4	29,8	---	1	4,40 - 4,60	14	79,3	---	5
0,80 - 1,00	3	20,7	---	2	4,60 - 4,80	12	68,0	---	5
1,00 - 1,20	3	20,7	---	2	4,80 - 5,00	19	101,5	---	6
1,20 - 1,40	2	13,8	---	2	5,00 - 5,20	21	112,2	---	6
1,40 - 1,60	3	20,7	---	2	5,20 - 5,40	20	106,9	---	6
1,60 - 1,80	3	20,7	---	2	5,40 - 5,60	21	112,2	---	6
1,80 - 2,00	2	12,9	---	3	5,60 - 5,80	18	96,2	---	6
2,00 - 2,20	3	19,3	---	3	5,80 - 6,00	11	55,6	---	7
2,20 - 2,40	2	12,9	---	3	6,00 - 6,20	22	111,3	---	7
2,40 - 2,60	3	19,3	---	3	6,20 - 6,40	17	86,0	---	7
2,60 - 2,80	2	12,9	---	3	6,40 - 6,60	15	75,9	---	7
2,80 - 3,00	2	12,0	---	4	6,60 - 6,80	23	116,3	---	7
3,00 - 3,20	3	18,1	---	4	6,80 - 7,00	29	139,2	---	8
3,20 - 3,40	3	18,1	---	4	7,00 - 7,20	21	100,8	---	8
3,40 - 3,60	5	30,1	---	4	7,20 - 7,40	24	115,2	---	8
3,60 - 3,80	16	96,4	---	4	7,40 - 7,60	22	105,6	---	8

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,00 cm²** - D(diam. punta)= **50,50 mm**

- Numero Colpi Punta N = **N(20)** [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

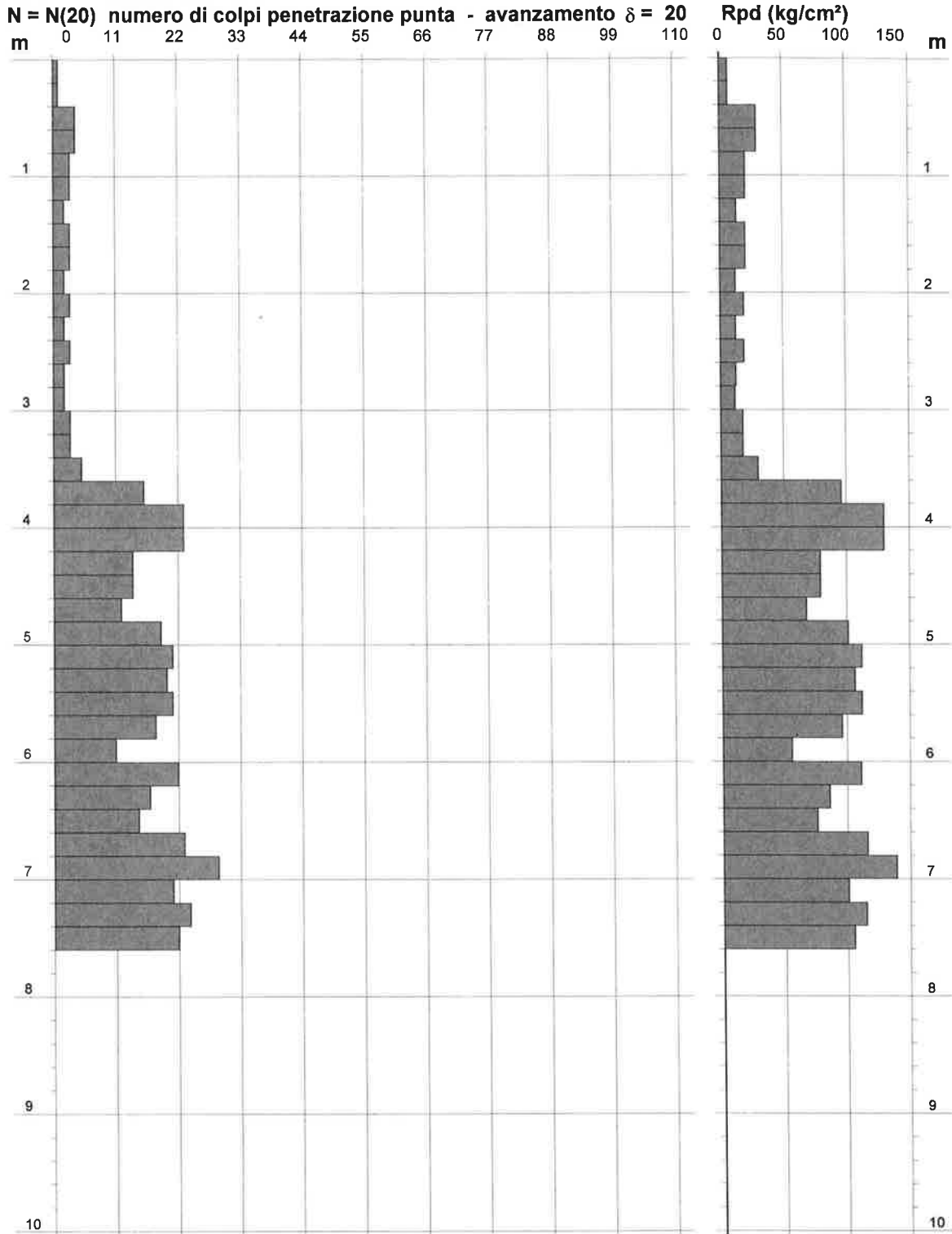
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 5

Scala 1: 50

- committente : Sig. Bernetti
- lavoro : Realizzazione capannone
- località : Sant'Eraclio di Foligno (PG)
- note :

- data : 12/12/2009
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

DIN 5

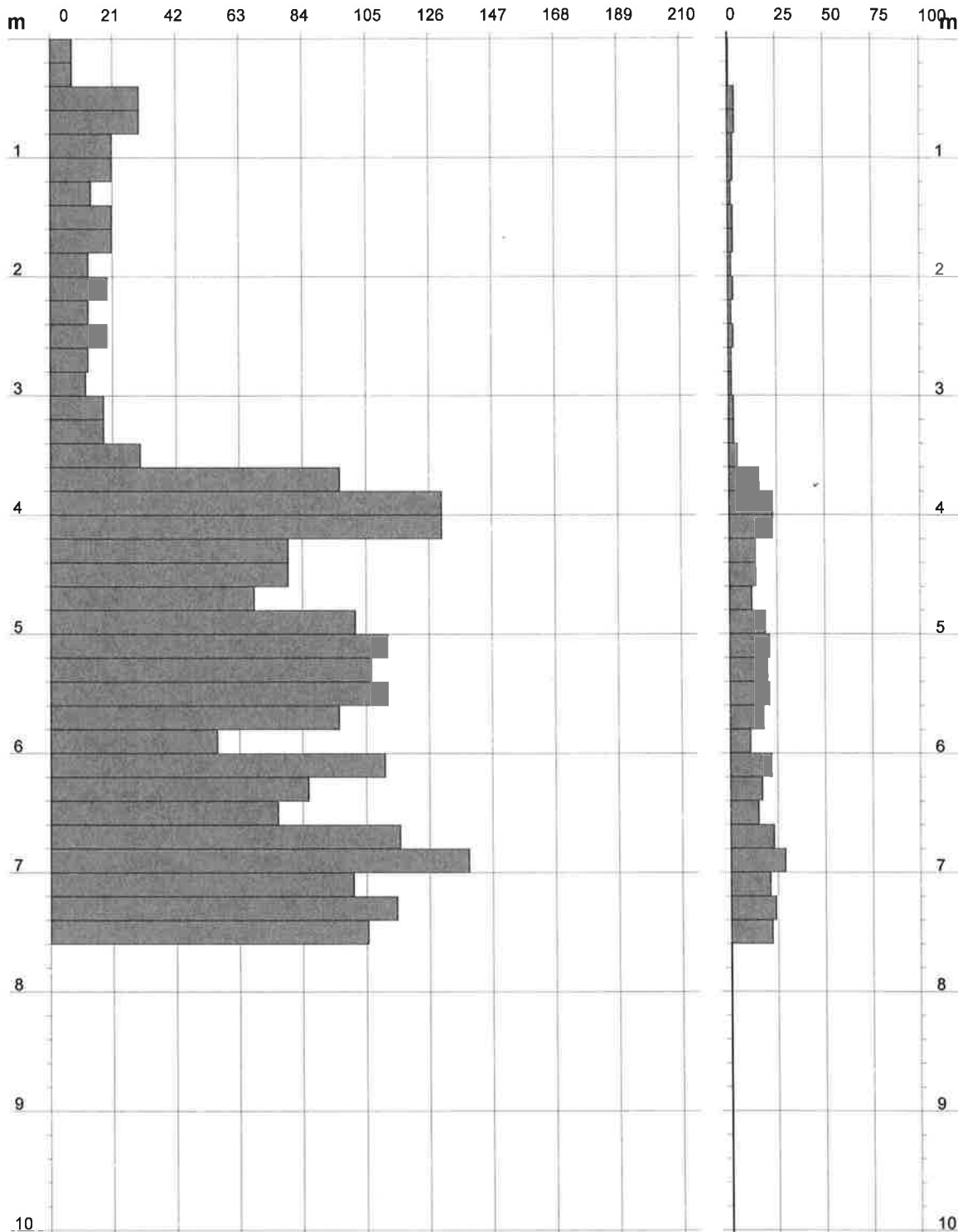
Scala 1: 50

- committente : Sig. Bernetti
- lavoro : Realizzazione capannone
- località : Sant'Eraclio di Foligno (PG)

- data : 12/12/2009
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"

N = N(20) n° colpi $\delta = 20$



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
ELABORAZIONE STATISTICA**

DIN 5

- committente : Sig. Bernetti
- lavoro : Realizzazione capannone
- località : Sant'Eraclio di Foligno (PG)
- note :

- data : 12/12/2009
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00	3,60	N	2,7	1	5	1,9	1,0	1,7	3,7	3	1,52	5
			Rpd	18,1	7	30	12,8	6,9	11,2	25,1			
2	3,60	7,60	N	19,3	11	29	15,1	4,6	14,7	23,8	19	1,52	29
			Rpd	100,9	56	139	78,3	21,8	79,1	122,7			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,52$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 20$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE				NATURA COESIVA				
					DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	3.60		5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
2	3.60	7.60		29	63.5	35.7	415	2.05	1.68	1.81	2.13	19	0.506

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno



A.G.M. Service S.r.l.
PROSPEZIONI GEOFISICHE

*Via XVII Settembre, 4
SPOLETO (PG)
Tel & Fax: 0743.224856
e-mail: agmservice@libero.it*

COMUNE DI FOLIGNO

Provincia di Perugia

**Lottizzazione Bernetti Massimo, Galuppo Antonio,
Impresa Nanni, in località Sant'Eraclio - Foligno (PG)**

INDAGINE SISMICA MASW

Committente:

Geo Eco Test S.n.c.

RELAZIONE GEOFISICA

Dicembre 2009

INDICE

	<i>pagina</i>
PREMESSA	1
1. SISMICA MASW	2
1.1. PARAMETRO V_{s30}	3
1.2. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA	5
1.3. METODOLOGIA OPERATIVA	6
1.4. METODOLOGIA INTERPRETATIVA.....	7
1.5. ESAME DEI RISULTATI	9

ALLEGATI:

PROFILO MASW 1

PROFILO MASW 2

PROFILO MASW 3

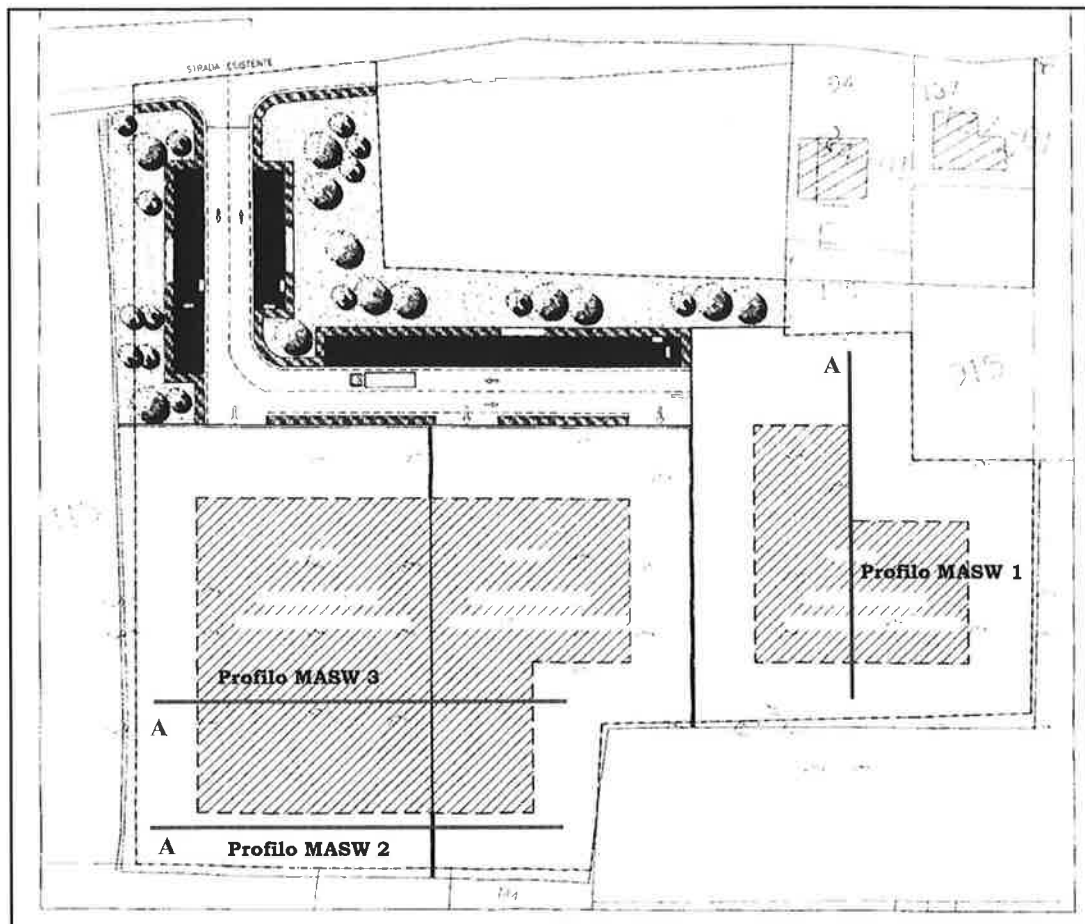
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PREMESSA

Dietro richiesta del *Dott. Geologo Claudio Bernetti* e per conto dei *Sig.ri Massimo Bernetti, Antonio Galuppo* e dell'*Impresa Nanni*, sono state eseguite delle indagini geofisiche in località Sant'Eraclio, nel Comune di Foligno.

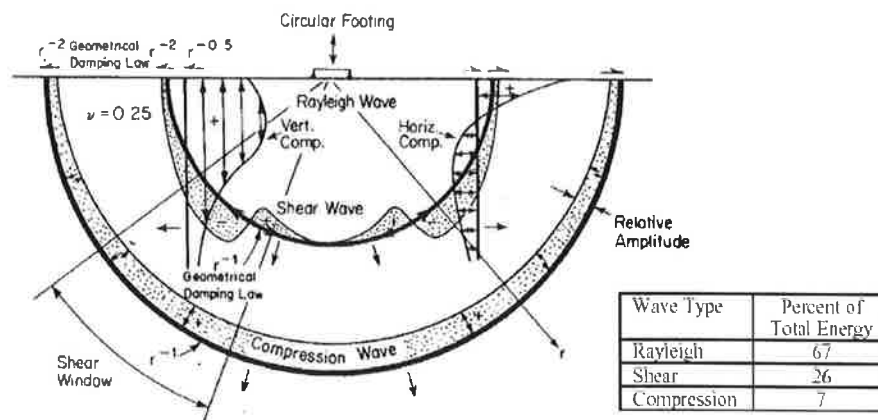
Come richiesto dalla committenza, sono stati eseguiti 3 profili sismici *MASW*, al fine di caratterizzare da un punto di vista sismico il sottosuolo dell'area su cui è in corso uno studio geologico, a corredo di un progetto di lottizzazione.

L'ubicazione delle indagini è riportata nella figura sottostante.



1. SISMICA MASW

Il rilievo geofisico è basato sull'impiego della tecnica MASW (multichannel analysis of surface waves), per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio (V_S), tramite l'inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con *algoritmi genetici*.



I vantaggi dell'uso di questa metodologia geofisica rispetto ai metodi tradizionali sono:

1. Particolarmente indicato per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi;
2. Non limitato (a differenza del metodo a rifrazione) dalla presenza di inversioni di velocità in profondità;
3. Buona risoluzione (a differenza del metodo a riflessione);
4. Permette la ricostruzione della distribuzione verticale della velocità delle onde di taglio (S), fondamentale per la caratterizzazione geotecnica del sito.

Inoltre:

- La percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%);
- L'ampiezza delle *surface waves* dipende da \sqrt{r} e non da r come per le *body waves*.

1.1. PARAMETRO V_{S30}

È il parametro geofisico che rappresenta meglio la variabilità geotecnica dei materiali geologici presenti nel sottosuolo

Il parametro V_{S30} rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S entro 30 metri di profondità.

È calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

Dove:

V_i : velocità delle onde S dello strato i -esimo

h_i : spessore in metri dello strato i -esimo

N : numero di strati presenti nei primi 30 metri

In base al valore della V_{S30} si identificano le seguenti 5 categorie del suolo di fondazione:

A - Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V_{S30} **superiori a 800 m/s**, comprendenti eventuali strati d'alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 metri.

B - Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} **compresi tra 360 e 800 m/s** (ovvero resistenza penetrometrica media $N_{SPT} > 50$, o coesione non drenata media $c_u > 250$ kPa).

C - Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{S30} **compresi tra 180 e 360 m/s** ($15 < N_{SPT} < 50$; $70 < c_u < 250$ kPa).

D - Depositi di terreni granulari, da sciolti a poco addensati oppure coesivi, da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{S30} < 180 \text{ m/s}$ ($N_{SPT} < 15$; $c_u < 70 \text{ kPa}$).

E - Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di V_S simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_S > 800 \text{ m/s}$.

Il parametro V_{S30} può essere acquisito mediante:

- Prove in foro (down-hole, cross-hole);
- Profili sismici (riflessione o rifrazione);
- Modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh (Profili MASW, SASW, ReMi).

1.2. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

L'indagine è stata eseguita utilizzando un sismografo a 24 canali della PASI di Torino, modello 16S24, con processore Pentium IV, display VGA a colori in LCD-TFT 10.4" Touch Screen, trattamento del segnale a 16 bit, trattamento di dati Floating Point 32 bit, supporto di memorizzazione mediante Hard-Disk da 40 Gb, con funzione di incremento multiplo del segnale ed opzione per l'inversione di polarità, attivazione di filtri "passa alto", "passa basso" e "notch" in acquisizione o post-acquisizione.

I guadagni sono selezionabili da software manualmente per ogni canale o in modo automatico e le acquisizioni sono automaticamente registrate sullo strumento.

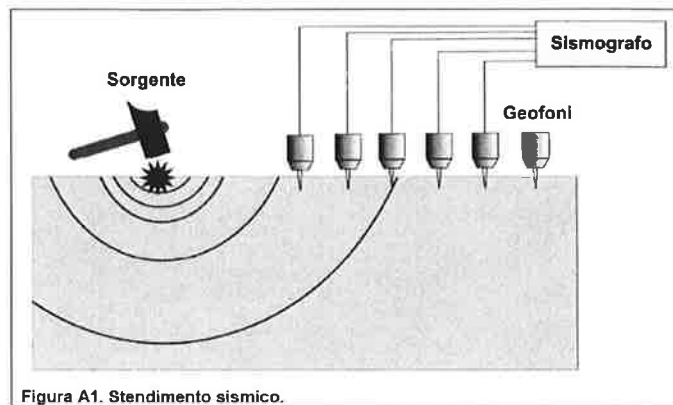


Sismografo PASI 16S24

Il trigger è dato da un geofono starter esterno, con possibilità di pre-trigger (0-10 ms); per la prova sono stati utilizzati 24 geofoni da 4,5 Hz ed una sorgente energizzante costituita da una massa battente da 10 Kg.

1.3. METODOLOGIA OPERATIVA

Per acquisire un set di dati per l'indagine MASW è necessario effettuare uno stendimento di geofoni, allineati con una sorgente ad impatto verticale (massa battente o esploditore minibang).



I profili **Masw 1** e **Masw 3** sono stati eseguiti utilizzando 24 geofoni allineati sul terreno con un'interdistanza di 2,0 metri.

I punti di battuta sono stati posizionati ad una delle estremità del profilo (Punto A), a distanze rispettivamente di 4,0 e 8,0 m dal geofono n° 1.

Il profilo **Masw 2** è stato eseguito invece utilizzando 24 geofoni allineati sul terreno con un'interdistanza di 1,5 metri.

I punti di battuta sono stati posizionati ad una delle estremità del profilo (Punto A), a distanze rispettivamente di 3,0 e 6,0 m dal geofono n° 1.

La scelta delle 2 battute per ogni profilo è stata effettuata per avere la certezza di generare la dispersione delle onde superficiali, a prescindere dai differenti litotipi presenti nel sottosuolo dell'area investigata.

1.4. METODOLOGIA INTERPRETATIVA

Il software *WinMASW* consente di analizzare dati sismici (*common-shot gathers*) acquisiti in campagna, in modo tale da poter ricavare il profilo verticale delle Vs (velocità delle onde di taglio).

Tale risultato è ottenuto tramite l'inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).

La procedura si sviluppa in due operazioni svolte in successione:

- 1) determinazione dello spettro di velocità;
- 2) inversione della curva di dispersione attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici.

Gli algoritmi evolutivi rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche *global-search methods* o *soft computing*).

Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare, basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.

I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza, che l'utente deve necessariamente fornire.

Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta necessariamente ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale, che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale).

In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale; in caso contrario, il rischio è quello di fornire soluzioni erranee.

Gli algoritmi evolutivi offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni.

A differenza dei metodi lineari non è necessario fornire alcun modello di partenza.

E' invece necessario definire uno "spazio di ricerca" (*search space*) all'interno del quale vengono valutate diverse possibili soluzioni.

Quella finale viene infine proposta, con una stima della sua attendibilità (*deviazioni standard*), attenuata grazie all'impiego di tecniche statistiche.

Il principale punto di forza del software utilizzato è quindi proprio quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli ottenibili con altre metodologie, arricchiti da una stima dell'attendibilità.

1.5 ESAME DEI RISULTATI

I profili indicanti gli spessori dei litotipi e le velocità riscontrate nel sito, sono riportati in allegato; in particolare, elaborando i dati acquisiti, è stato possibile individuare i seguenti sismostrati:

PROFILO MASW 1

Strato	1	2	3	4
Profondità (m)	da 0,0 a 2,1	da 2,1 a 5,5	da 5,5 a 9,7	da 9,7 a 30,0
Spessore (m)	2,1	3,4	4,2	20,3
Vs (m/sec)	219	342	424	690

PROFILO MASW 2

Strato	1	2	3	4
Profondità (m)	da 0,0 a 2,6	da 2,6 a 5,7	da 5,7 a 10,1	da 10,1 a 30,0
Spessore (m)	2,6	3,1	4,4	19,9
Vs (m/sec)	321	430	421	670

PROFILO MASW 3

Strato	1	2	3	4
Profondità (m)	da 0,0 a 3,2	da 3,2 a 5,8	da 5,8 a 10,7	da 10,7 a 30,0
Spessore (m)	3,2	2,6	4,9	19,3
Vs (m/sec)	139	220	365	656

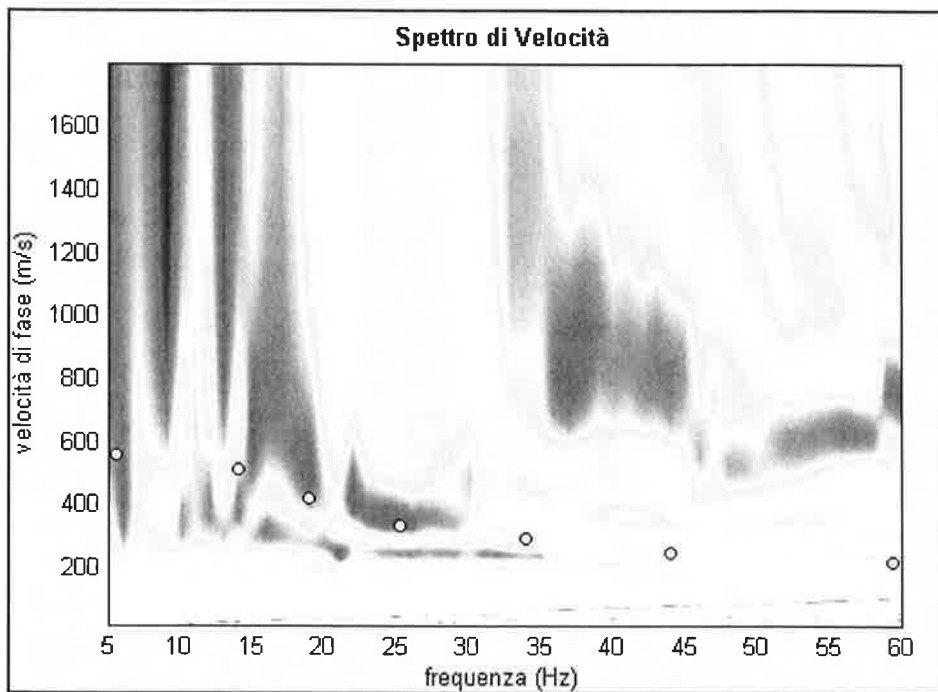
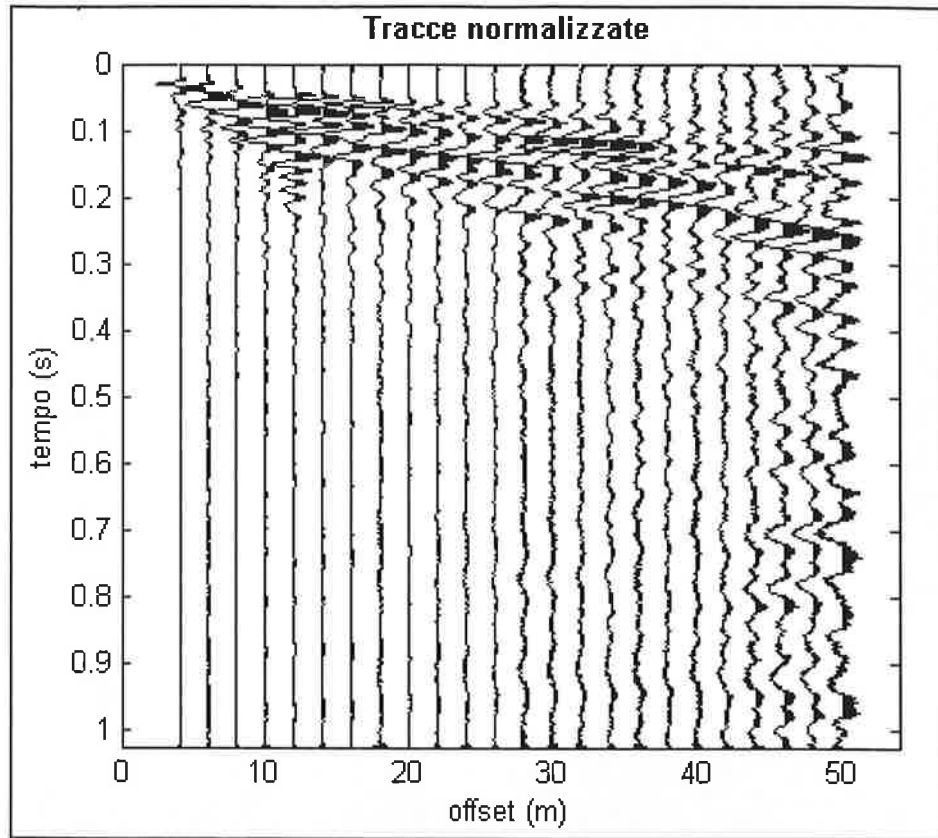
Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S portano rispettivamente alla determinazione di un $V_{s30} = 510, 541 \text{ e } 386 \text{ m/sec}$ (calcolato a partire dalla quota del piano campagna), indicando per l'area in esame un **Suolo di Tipo B**.

Si resta a disposizione per eventuali o ulteriori chiarimenti.

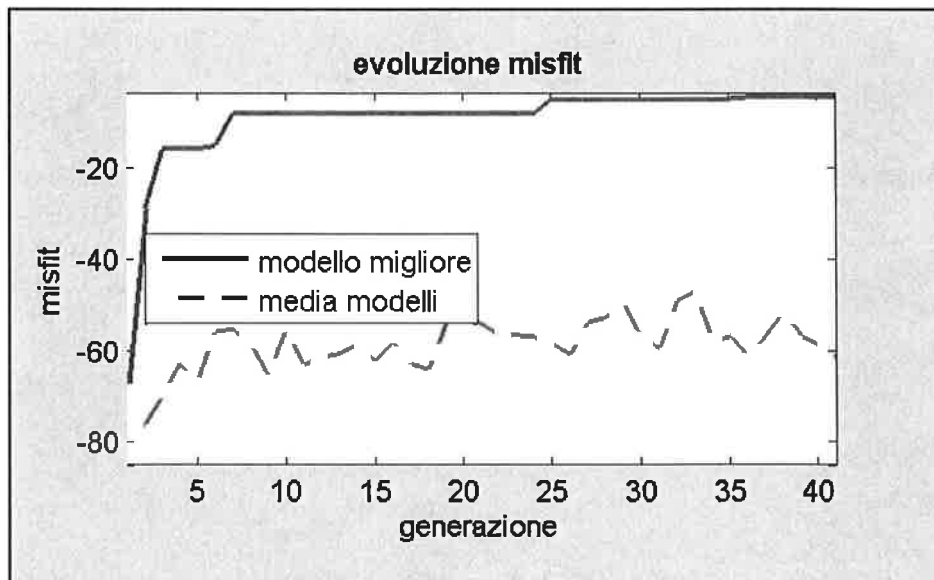
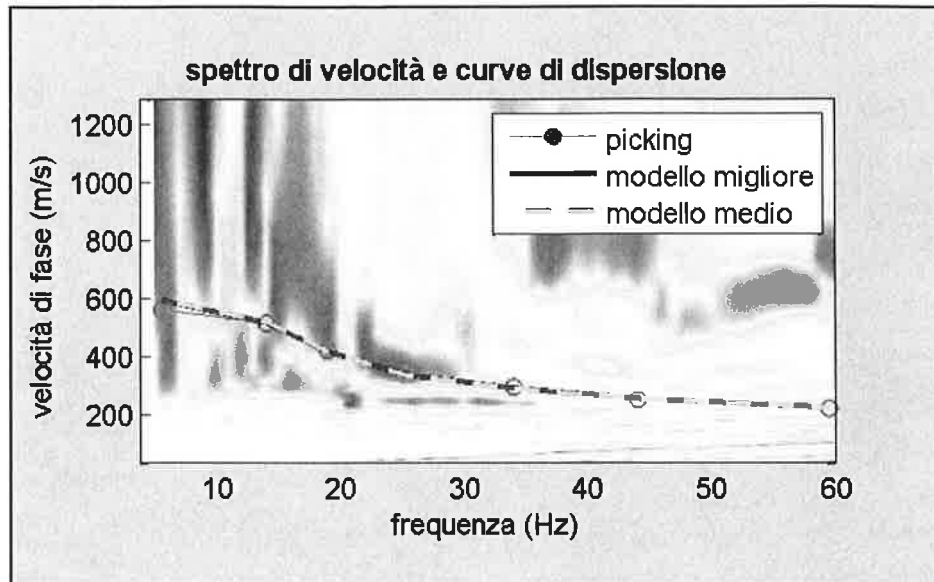
Spoleto, Dicembre 2009

Per A.G.M. Service S.r.l.
Dott. Geologo Marco Tulli

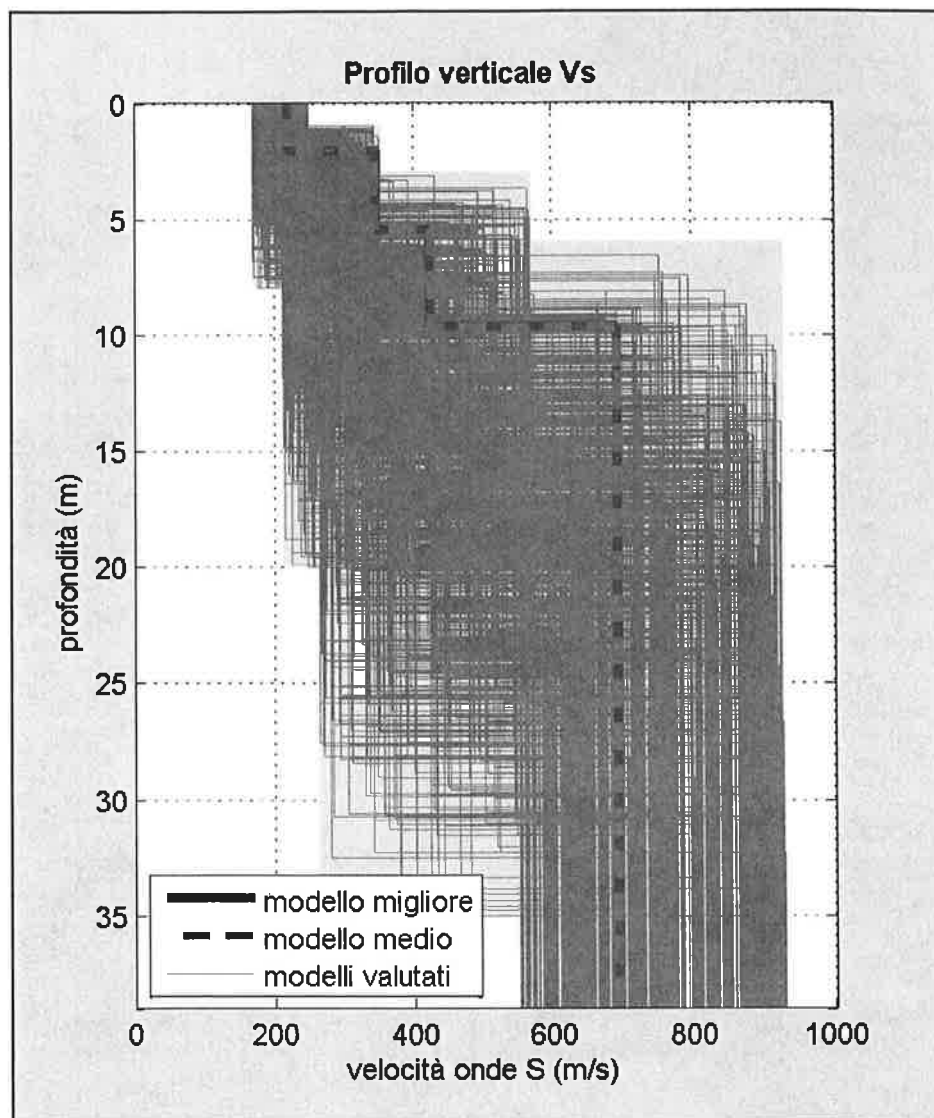
PROFILO SISMICO MASW 1



PROFILO SISMICO MASW 1



PROFILO SISMICO MASW 1

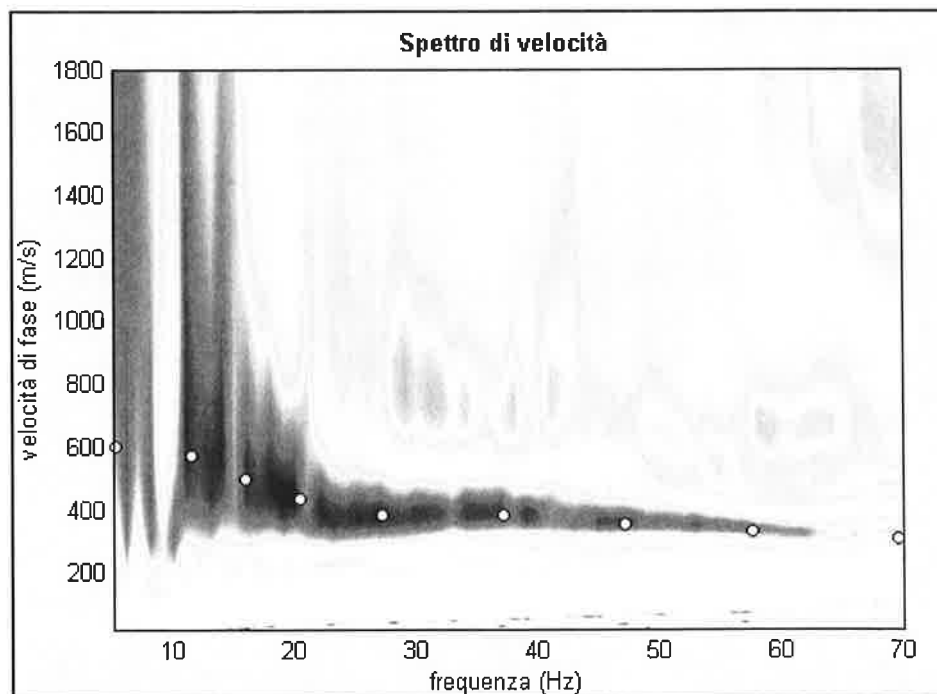
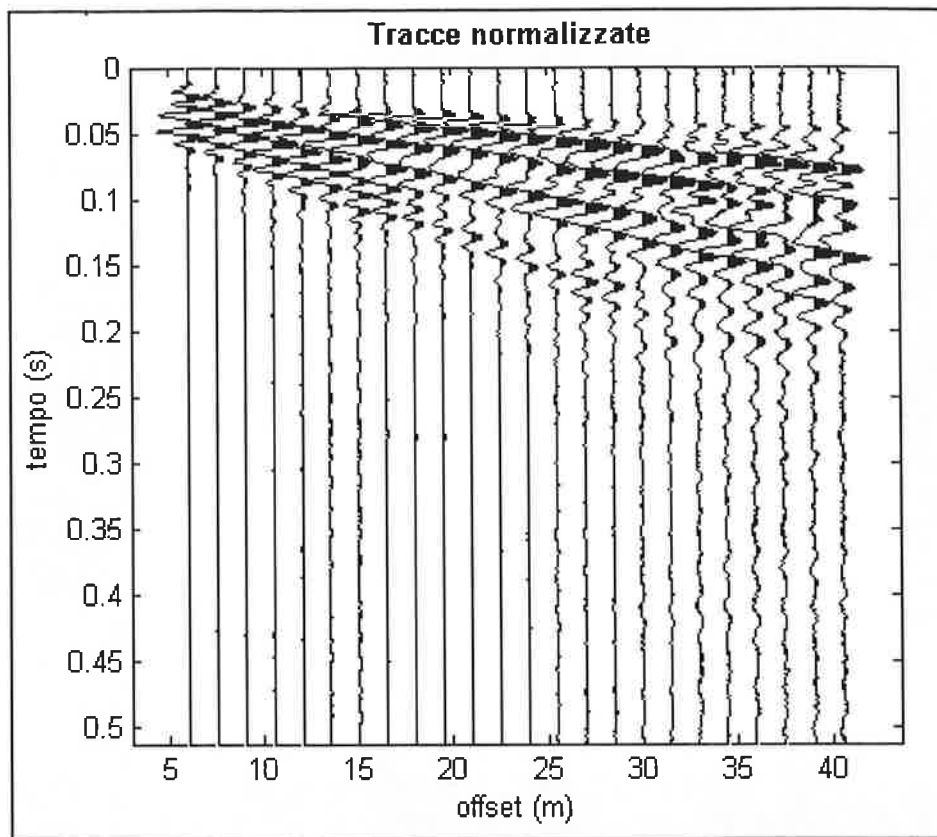


Strato	1	2	3	4
Profondità (m)	da 0,0 a 2,1	da 2,1 a 5,5	da 5,5 a 9,7	da 9,7 a 30,0
Spessore (m)	2,1	3,4	4,2	20,3
Vs (m/sec)	219	342	424	690

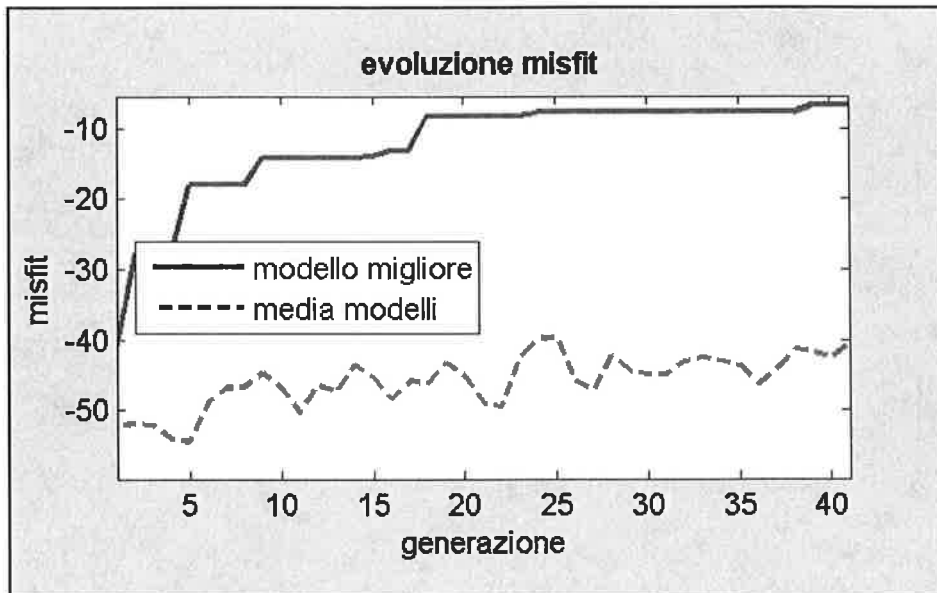
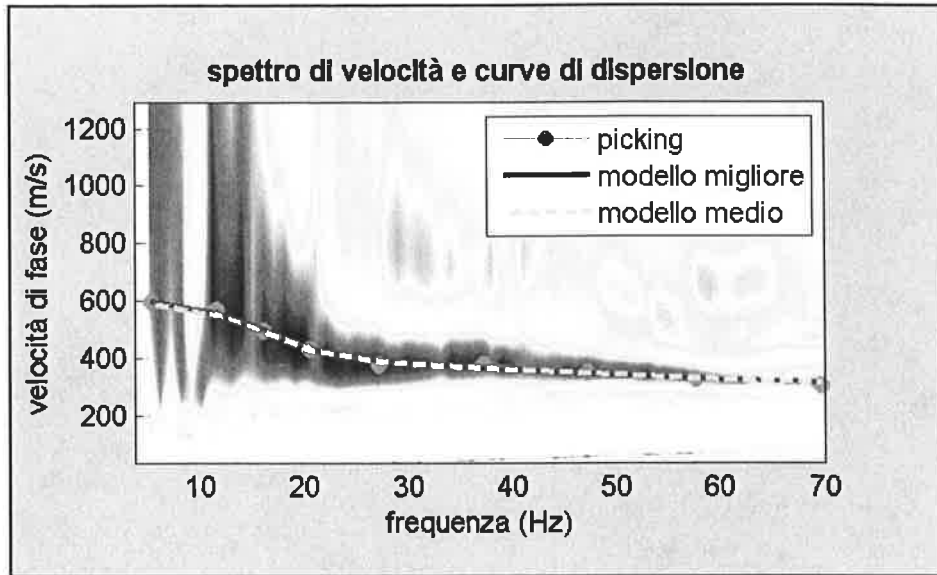
Parametro **Vs 30 = 510 m/sec**
 (sulla base del modello medio)

Possibile suolo: **Suolo Tipo B**

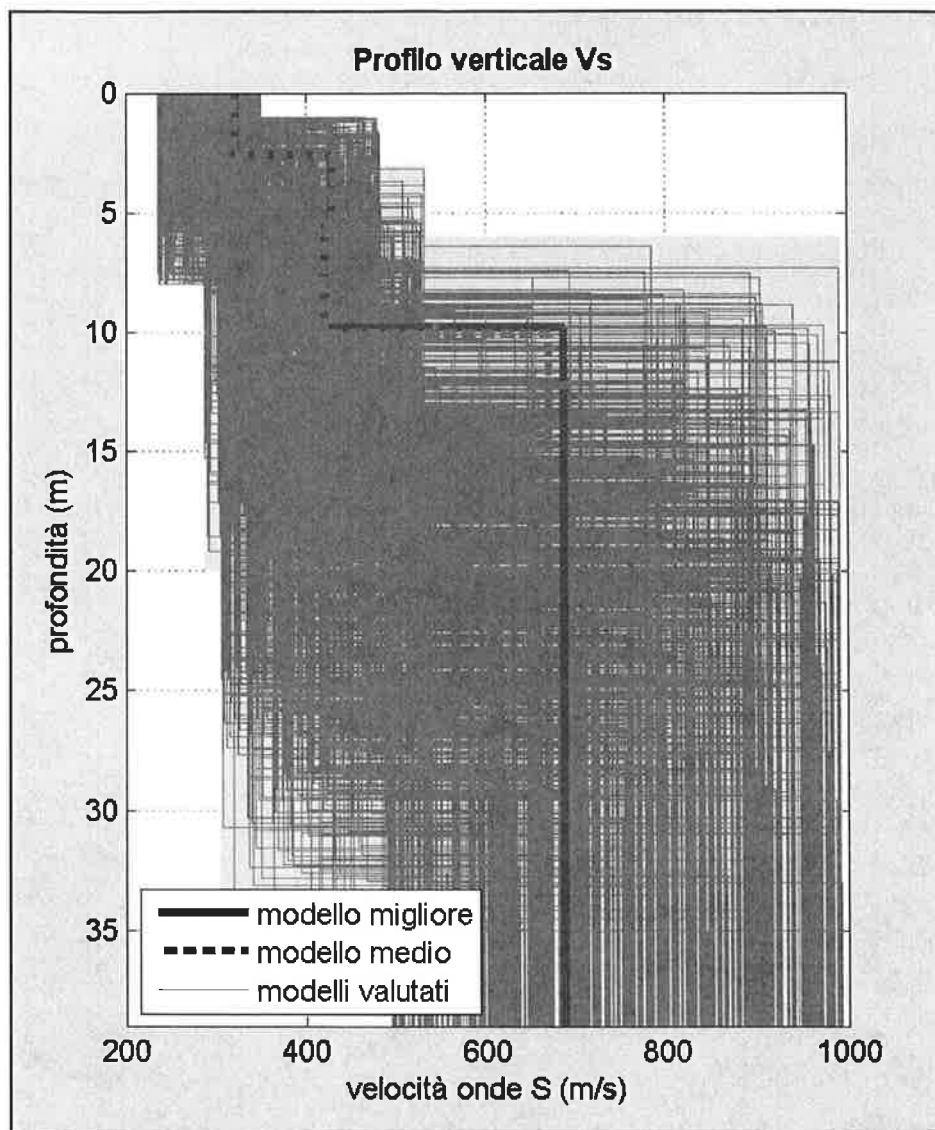
PROFILO SISMICO MASW 2



PROFILO SISMICO MASW 2



PROFILO SISMICO MASW 2

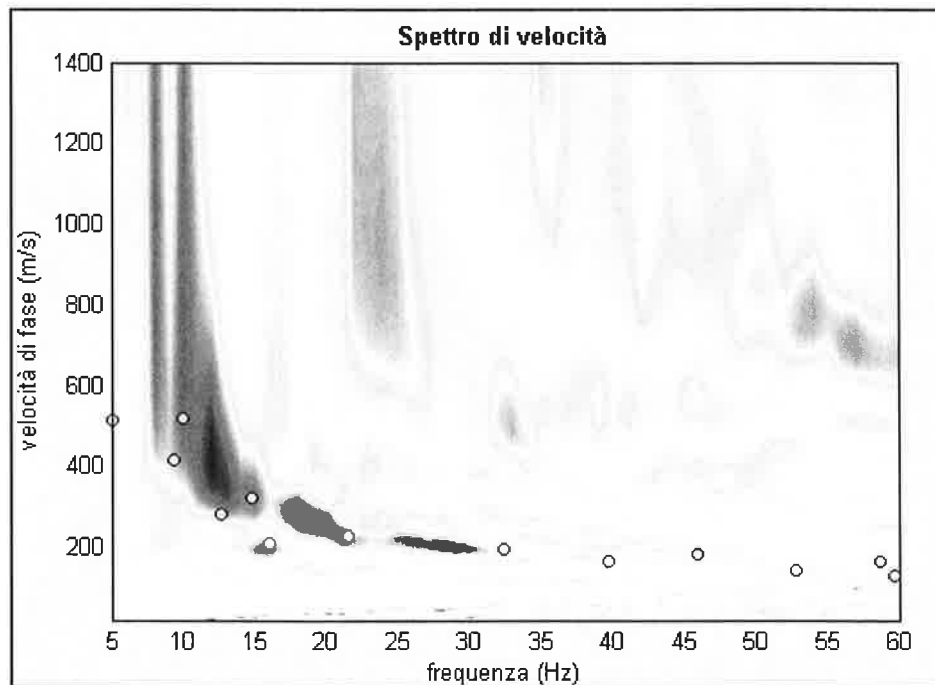
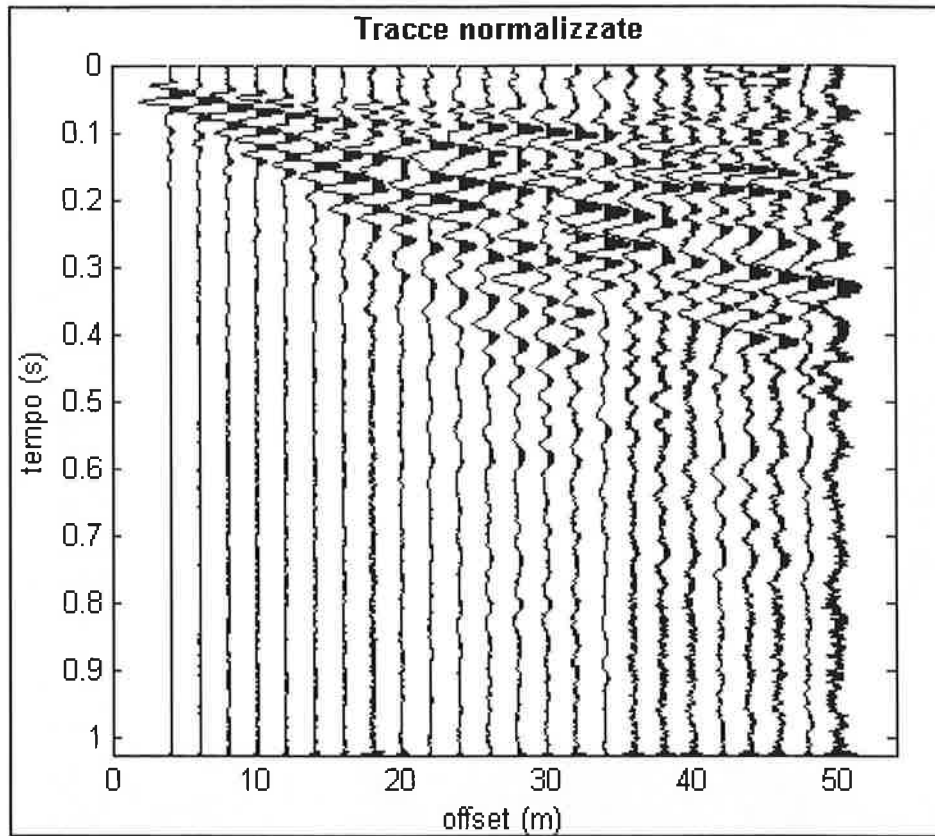


Strato	1	2	3	4
Profondità (m)	da 0,0 a 2,6	da 2,6 a 5,7	da 5,7 a 10,1	da 10,1 a 30,0
Spessore (m)	2,6	3,1	4,4	19,9
Vs (m/sec)	321	430	421	670

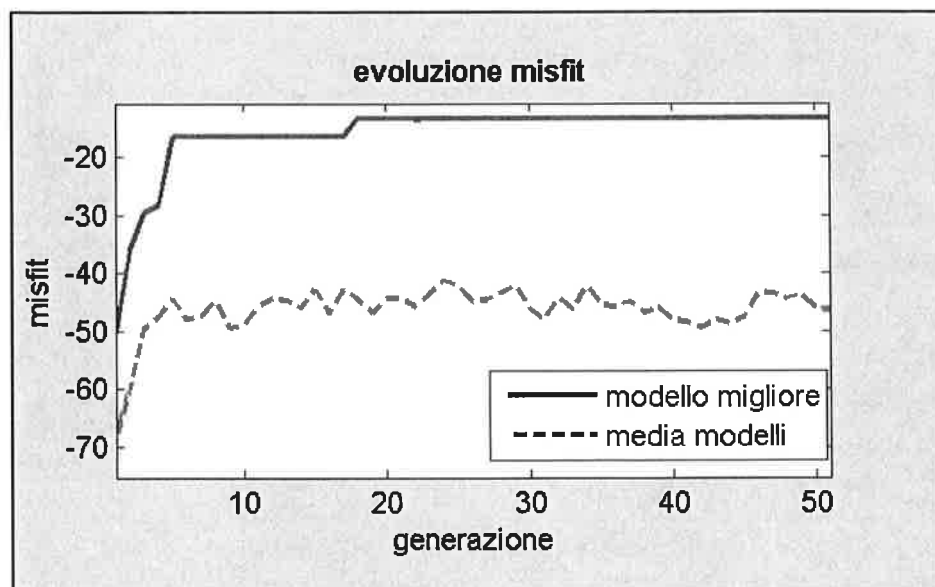
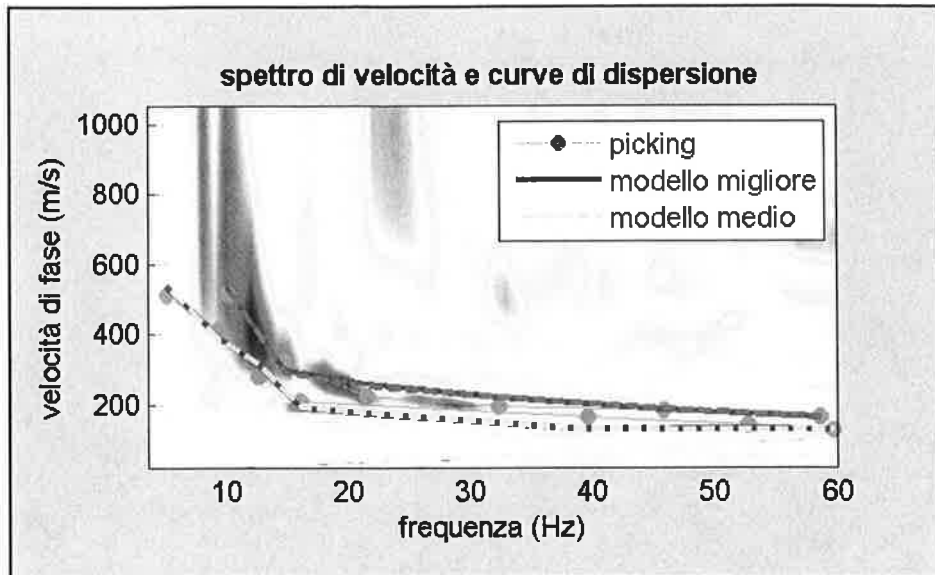
Parametro **Vs 30 = 541 m/sec**
 (sulla base del modello medio)

Possibile suolo: **Suolo Tipo B**

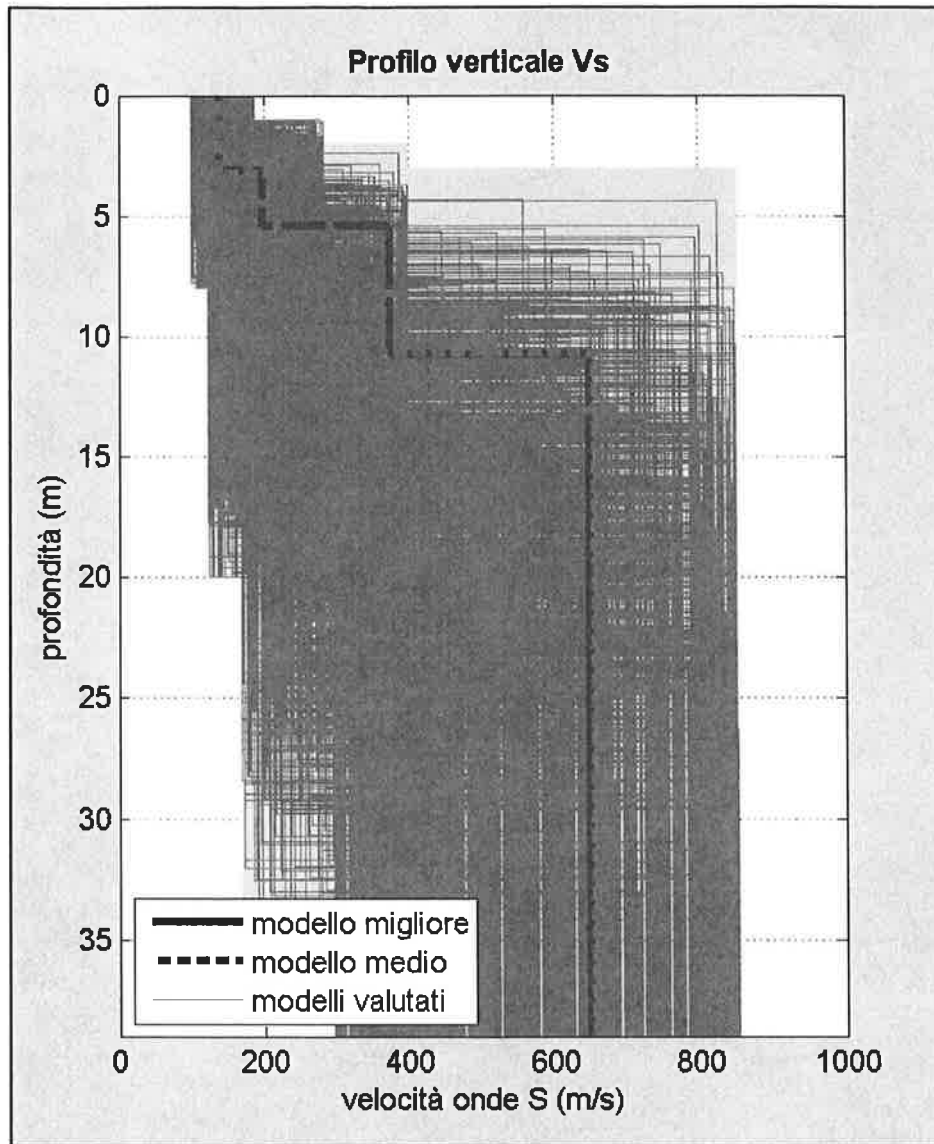
PROFILO SISMICO MASW 3



PROFILO SISMICO MASW 3



PROFILO SISMICO MASW 3



Strato	1	2	3	4
Profondità (m)	da 0,0 a 3,2	da 3,2 a 5,8	da 5,8 a 10,7	da 10,7 a 30,0
Spessore (m)	3,2	2,6	4,9	19,3
Vs (m/sec)	139	220	365	656

Parametro **Vs 30 = 386 m/sec**
(sulla base del modello medio)

Possibile suolo: **Suolo Tipo B**

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
PROFILO MASW 1



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
PROFILO MASW 2



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PROFILO MASW 3

