

**STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA**

**Dott. Geol. STEFANO BOCCAROSSA**

60019 SENIGALLIA (AN) – Via Piave n. 70

Tel./Fax 071-64894 – Cell. 339-4754219

***Geologia,  
Geotecnica,  
Idrogeologia,  
Geologia Ambientale***

**C.F. BCCSFN55M08H809X P. IVA 00790430417**

**COMUNE DI FANO – PROVINCIA DI PESARO-URBINO**

***COSTRUZIONE DI UN EDIFICIO RESIDENZIALE DI N° 6 UNITA'***

***IMMOBILIARE IN VIA DELLA MARINA – FANO***

**COMMITTENTE: SCRIGNO S.r.l.**

**RELAZIONE GEOLOGICA e DI CLASSIFICAZIONE  
SISMICA DEL SITO**

**Il Geologo**

**Senigallia, li OTTOBRE/2011**

## **I N D I C E**

1) PREMESSA .....	PAG. 2
2) METODOLOGIA D'INDAGINE .....	PAG. 3
3) LINEAMENTI GEOLOGICI – GEOMORFOLOGICI – Verifica P.A.I. Regione Marche .....	PAG. 4
4) LITOLOGIA .....	PAG. 5
5) IDROGRAFIA – IDROGEOLOGIA .....	PAG. 6
6) CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	PAG. 7
7) LIQUEFAZIONE .....	PAG. 8
8) CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO .....	PAG. 9
8.1 – Risposta Sismica Locale - Considerazioni relativamente alle Norme Tecniche D.M. 14/Gennaio/2008 .....	PAG. 9
8.2 – Valutazione dell'azione sismica - Considerazioni relativamente alle Norme Tecniche D.M. 14/Gennaio/2008 .....	PAG. 12
9) CONCLUSIONI .....	PAG. 13
9.1 – Tipologia Fondativa .....	PAG. 14
9.2 – Verifica agli Stati Limite – Parametri Caratteristici .....	PAG. 15
9.3 – Valore Indicativo del Modulo di Reazione .....	PAG. 16

## **1) PREMESSA**

Su incarico dello Studio di Architettura Dott. Arch. Remigio Bursi e per conto della SCRIGNO S.r.l., questo Studio ha redatto la presente relazione in adeguamento alla Normativa vigente in materia di costruzioni in zona sismica, in considerazione dell'entrata in vigore dal 01 luglio 2009 del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Nell'area il sottoscritto ha già eseguito nel Maggio/2009 un'indagine geognostica mediante prove penetrometriche statiche CPT, per conto della SCRIGNO S.r.l. e redatto la relativa relazione geologica – geotecnica, datata Maggio/2009.

Il progetto consiste nella realizzazione di un nuovo fabbricato dotato di piano interrato e piani in elevazione, come da elaborati grafici del Progettista, lungo Via Della Marina, nella Città di Fano (PU).

Nella presente relazione vengono pertanto riportati gli aspetti geomorfologici, litostratigrafici ed idrologici – idrogeologici dell'area e per un intorno significativo, caratterizzando dal punto di vista fisico – meccanico i litotipi presenti nel sottosuolo, al fine di fornire dati litotecnici e di caratterizzazione sismica del sito, di supporto alla progettazione della nuova struttura, il tutto come già detto nel rispetto della vigente normativa in materia di costruzioni in zona sismica.

Tale Studio fa pertanto riferimento alla seguente normativa vigente:

- D.M. 11.03.1988;
- D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni";
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.



## **2) METODOLOGIA D'INDAGINE**

L'indagine svolta si era così articolata.

Esecuzione di un rilevamento geomorfologico di campagna, con presa visione di studi e rilievi eseguiti in aree limitrofe, il tutto integrato con i dati della Carta Ambiente Fisico delle Marche – Regione Marche, scala 1:100.000.

Riconoscimento della successione litologica ed acquisizione dei parametri geotecnici necessari e sufficienti allo scopo della presente indagine, tramite l'esecuzione di n. 2 prove penetrometriche statiche CPT, con penetrometro tipo PAGANI EMILIA da 20 t., ubicate rispettivamente come indicato nell'allegata planimetria TAV.2.

La prova penetrometrica statica consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica infissa a velocità costante nel terreno.

Il penetrometro è costituito da un dispositivo di spinta che agisce su una batteria di aste cave alla cui estremità inferiore è collegata una punta munita di un manicotto mobile, aventi entrambi dimensioni standard.

Lo sforzo per l'infissione della punta è misurato mediante manometri collegati ad un martinetto idraulico che esercita la spinta di progetto di 20 t. sulla batteria di aste cave.

Le informazioni che la prova fornisce permettono di ricostruire il profilo stratigrafico e geotecnico dei litotipi attraversati.

Difatti dal rapporto tra le resistenza all'avanzamento della punta e la resistenza laterale locale, è possibile risalire alla natura dei sedimenti attraversati ed alla diversa consistenza.

Ad integrazione della pratica è stata ora eseguita un'indagine geofisica mediante procedura M.A.S.W. per la determinazione del parametro  $V_{s,30}$  secondo quanto prescritto dalla normativa sismica nazionale vigente (NTC).

I risultati ottenuti dalla metodologia MASW sono riportati nell'allegato a cura della TECNOSONDAGGI DI Osimo (AN).

L'elaborazione dei dati ottenuti ci ha permesso di redigere la presente relazione alla quale si allegano:

- Carta del Rischio Idrogeologico - Stralcio da Piano Assetto Idrogeologico (PAI) Regione Marche, scala 1:10.000 – Allegato –A-;
- Estratto Aerofotogrammetrico, scala 1:1000 – TAV.1
- Planimetria di Progetto – Piano terra con indicati i punti di indagine, scala 1:200 – TAV.2;
- Sezione Geologica indicativa, scala 1:100 – TAV.3;
- Grafici penetrometrie statiche CPT e Tabelle;
- Indagine Sismica M.A.S.W..

### **3) LINEAMENTI GEOLOGICI – GEOMORFOLOGICI – Verifica P.A.I. Regione Marche**

L'area in esame è situata in zona pianeggiante costiera densamente edificata, lungo Via Della Marina, nella Città di Fano (PU).

Sotto il profilo geomorfologico l'area è collocata in un terrazzo di IV ordine del sistema fluviale Torrente Arzilla, Fiume Metauro.

Il terrazzo ha un'altezza di 2 ÷ 5 metri rispetto all'attuale alveo fluviale e l.m.m..

Ai rilievi di superficie, l'area risulta perfettamente pianeggiante e pertanto non interessata da problemi di instabilità geomorfologica.

Dall'esame del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Marche (TAV. RI 07c.pdf – Fano, vedere Allegato –A-), l'area in esame e per un intorno significativo non ricade all'interno di aree cartografate a rischio esondazione.

I sedimenti che si rinvengono nell'immediato sottosuolo sono costituiti da alluvioni e depositi litoranei di natura sabbioso - ghiaioso e/o miscela di sabbie e ghiaie con intercalati orizzonti di materiale limoso - argilloso – sabbioso, soprastanti la formazione in posto argilloso - marnosa plio – pleistocenica.



#### **4) LITOLOGIA**

Dall'analisi ed interpretazione delle prove penetrometriche statiche CPT (interpretazione stratigrafica Schmertmann, 1978), comparate con i dati bibliografici disponibili, nell'area si evidenzia la seguente successione litologica dall'alto verso il basso a partire dal p.c. attuale.

**0.00 m / -1.00 m in CPT n.1 e -1.40 in CPT n.2** - Coltre di terreno di copertura, terreno di riporto e terreno vegetale, costituito da argille organiche e terreni misti; in CPT n.2 è presente anche un orizzonte di sabbie sciolte (**Litotipo R-TV**).

Segue un potente deposito alluvionale di sedimenti fini e granulari così costituito.

**-1.00 m / -2.00 m solamente in CPT n.1** - Aggregato di argille inorganiche da mediamente compatte a molto compatte e terre limo - sabbiose (**Litotipo A.**).

**-2.00 m / -5.80 m in CPT n.1 e -1.40 m / -7.40 m in CPT n.2** - Deposito superficiale di sabbia e ghiaia e/o sabbia e ghiaia frammisti, generalmente molto addensato; in CPT n.2 dalla profondità di -4.20 m dal p.c., il materiale diventa marcatamente sabbioso (**Litotipo S.-1**).

In questo deposito si riscontrano livelli o lenti centimetriche di terreno limo - sabbioso e argilloso a varie profondità.

**-5.80 m / -10.60 m in CPT n. 1 e -7.40 m / -10.40 in CPT n.2** - Aggregato di argille inorganiche molto compatte e di argille sabbiose e limose in orizzonti variamente intercalati (**Litotipo A.L.S.**).

**-10.60 m / -11.00 m in CPT n. 1 e -10.40 m / -10.60 in CPT n.2** – Deposito profondo di sabbia e ghiaia frammisti, molto addensato (**Litotipo S.-2**).

Le prove sono state interrotte rispettivamente a -11.00 m la CPT n.1 e -10.60 m la CPT n.2, rispetto al p.c., per rifiuto con disancoraggio della strumentazione.

Nella zona, sulla base di informazioni fornite da ditte specializzate nella trivellazione di pozzi idrici, la sequenza di questi terreni alluvionali, presenta localmente spessori superiori ai 25 ÷ 35 metri, prima di raggiungere la formazione basale in posto argilloso – marnosa plio – pleistocenica.

## **5) IDROGRAFIA – IDROGEOLOGIA**

Il reticolo idrografico superficiale è assente data l'urbanizzazione della zona in cui ricade l'area in esame; sono probabili comunque fenomeni di ristagno superficiale data la morfologia pianeggiante.

Nel sottosuolo è stata riscontrata una falda idrica superficiale con battente superiore a circa -1.50 m in CPT n.1 e -1.30 m in CPT n.2.

## 6) CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Si riportano di seguito alcuni parametri geotecnica (**parametri nominali**) caratteristici dei litotipi riscontrati, derivati dai dati emersi dall'interpretazione delle prove penetrometriche statiche CPT (vedere Grafici e Tabelle allegate), nonché dalla bibliografia esistente e per comparazione analogica con campioni similari già esaminati in laboratorio.

### (Litotipo A.).

<b>Cu (Kg/cmq)</b>	<b><math>\gamma</math> (g/cmc)</b>	<b><math>\phi'</math> (gradi)</b>
<b>0.43 ÷ 1.42</b>	<b>1.86 ÷ 2.16</b>	<b>20° ÷ 22°</b>

### (Litotipo S.-1).

<b><math>\gamma</math> (g/cmc)</b>	<b><math>\phi'</math> (gradi)</b>	<b>Dr (%)</b>	<b>Eed (Kg/cmq)</b>
<b>1.90 ÷ 2.00</b>	<b>&gt; 35°</b>	<b>59 ÷ &gt; 80</b>	<b>&gt; 200</b>

### (Litotipo A.L.S.).

<b>Cu (Kg/cmq)</b>	<b><math>\gamma</math> (g/cmc)</b>	<b><math>\phi'</math> (gradi)</b>	<b>Eed (Kg/cmq)</b>
<b>0.57 ÷ 2.08</b>	<b>1.90 ÷ 2.13</b>	<b>22° ÷ 25°</b>	<b>46.8 ÷ 82.85</b>

### (Litotipo S.-2).

<b><math>\gamma</math> (g/cmc)</b>	<b><math>\phi'</math> (gradi)</b>	<b>Dr (%)</b>	<b>Eed (Kg/cmq)</b>
<b>2.00</b>	<b>&gt; 35°</b>	<b>&gt; 80</b>	<b>&gt; 300</b>

Al terreno di copertura (Litotipo R-TV), si può essere attribuito un peso di volume  $\gamma = 1.80 \div 1.99 \text{ g/cmc}$ .

Cu = coesione non drenata

$\gamma$  = peso di volume

$\phi'$  = angolo di attrito

Eed = modulo edometrico

Dr = densità relativa



## **7) VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE**

Per valutare il potenziale di liquefazione del terreno sabbioso - ghiaioso superficiale saturo, si è utilizzato il software *Liquesab* (Procedure Automatiche per Valutare il Rischio di Liquefazione dei Terreni Sabbiosi – Giulio Riga – Palermo: D. Flaccovio, 2007).

La valutazione (Metodo Seed-Idriss), è basata sui risultati di prove SPT, ottenuti nel caso in esame dai dati delle prove penetrometriche statiche CPT, trasformati in valori SPT.

I dati introdotti nel calcolo riguardano i terreni dal piano calpestio fino a -11 metri circa di profondità rispetto al p.c. (profondità indagata), con falda idrica a -1.30 m di profondità, adottando valori medi di  $N_{spt}$  per i diversi orizzonti di terreno considerati.

Il valore di magnitudo introdotto è stata desunto dalla consultazione dal catalogo parametrico dei terremoti italiani, considerando gli eventi sismici registrati entro un determinato raggio con origine nel sito d'indagine (Città di Fano).

I parametri introdotti nel calcolo sono riportati nei tabulati e grafici di seguito allegati.

Il deposito sabbioso - ghiaioso saturo è potenzialmente liquefacibile se risulta  $F_s \leq 1.0$ .

Dai calcoli per il deposito sabbioso - ghiaioso superficiale (Litotipo S.-1) risulta un fattore di sicurezza  $FSL = 3.204 >$  di 1.0, pertanto terreno non liquefacibile, rischio molto basso.

Per il terreno argilloso – limoso – sabbioso intercalato (Litotipo ALS), considerato terreno coesivo il metodo non è applicabile, comunque terreno non liquefacibile (vedere grafico).

Per il deposito sabbioso con ghiaia profondo (Litotipo S.-2) risulta un fattore di sicurezza  $FSL = 3.402 >$  di 1.0, pertanto terreno non liquefacibile, rischio molto basso.

## **VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE**

### *DATI GENERALI*

<b>COMUNE</b>	: FANO
<b>COMMITTENTE</b>	: SCRGNO S.R.L.
<b>LOCALITA'</b>	: VIA DELLA MARINA
<b>DATA</b>	: OTTOBRE/2011
<b>LAVORO</b>	: EDIFICIO RESIDENZIALE

# VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

## DATI DI CALCOLO

VERIFICA N°	1	MAGNITUDO	5,7	CARICO (kPa)	
AREA	1	ACCELERAZIONE MAX.	0,25	PROFONDITA' DEL CARICO (m)	
PROFONDITA' FALDA (m)	1,3				

## DATI SULLE PROVE

PROVA N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PROF.(m)	2	6,6	10,5	11											
(N)60	4	43	7	60											
% FINI	100	10	100	5											

## DATI SULLA STRATIGRAFIA

STRATO N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PROFONDITA' (m)	2	6,6	10,5	11						
DENSITA' (kN/mc)	19	19,5	20,1	20						
CLASSIFICAZIONE	CH	SP	CL	GW						



## VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE METODO SEED-IDRISS

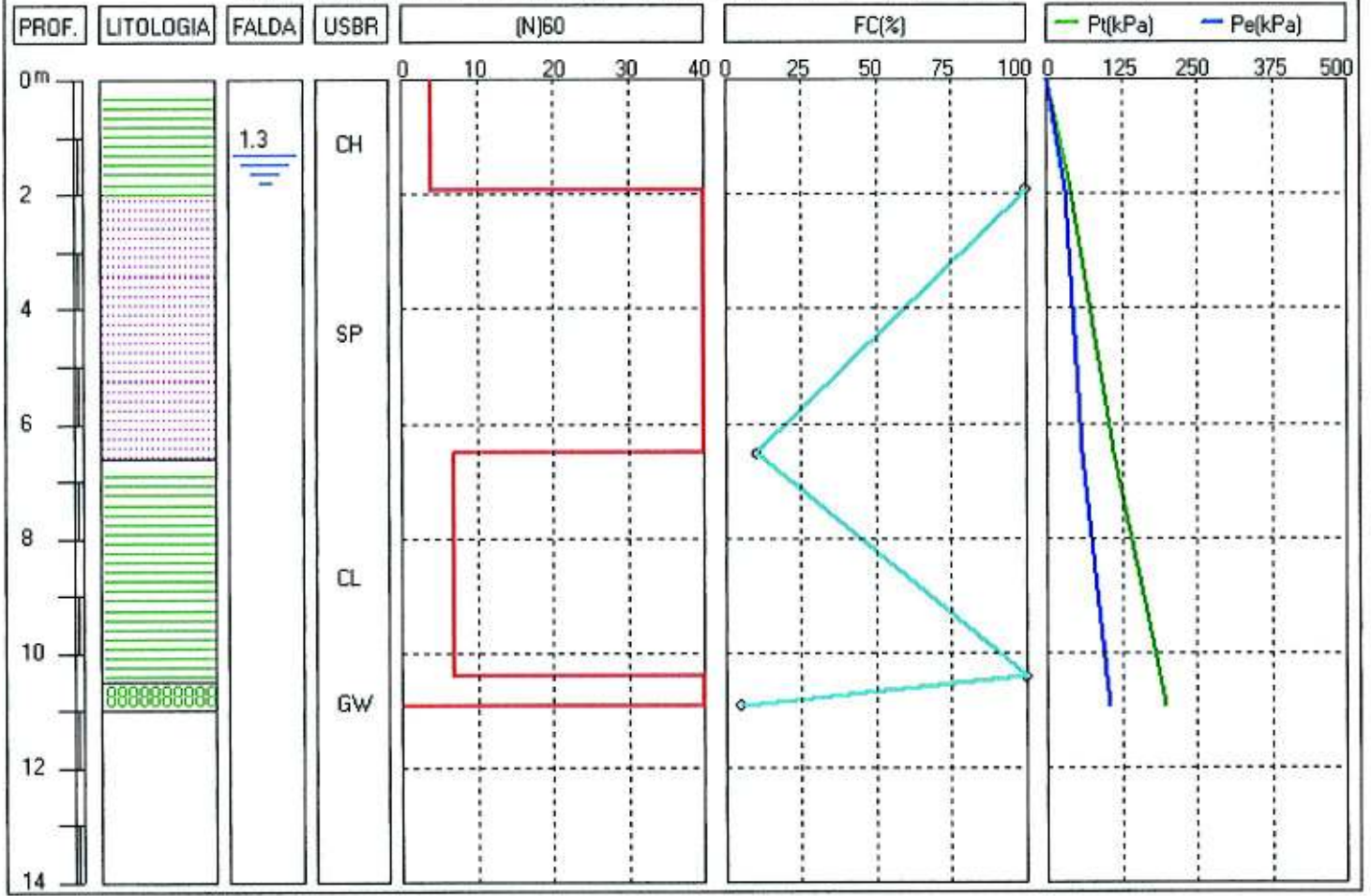
MAGNITUDO = 5,7 ag (max.) = 0,25

Prova N°	Prof. (m)	% Fini	(N)60	Pt (kPa)	Pe (kPa)	CN	(N1)60	rd	CRR7.5	CRReq	CSR	FSL	PL/IPL %	Rischio di liquefazione	CL
1	2	100	4	38	31,13	1,45	12	0,986	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	6,6	10	43	109,3	57,32	1,24	30	0,952	0,467	0,942	0,294	3,204	0	MOLTO BASSO	1-2
3	10,5	100	7	187,69	97,46	1,01	13	0,894	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	11	5	60	197,69	102,56	0,99	30	0,882	0,467	0,939	0,276	3,402	0	MOLTO BASSO	1-2

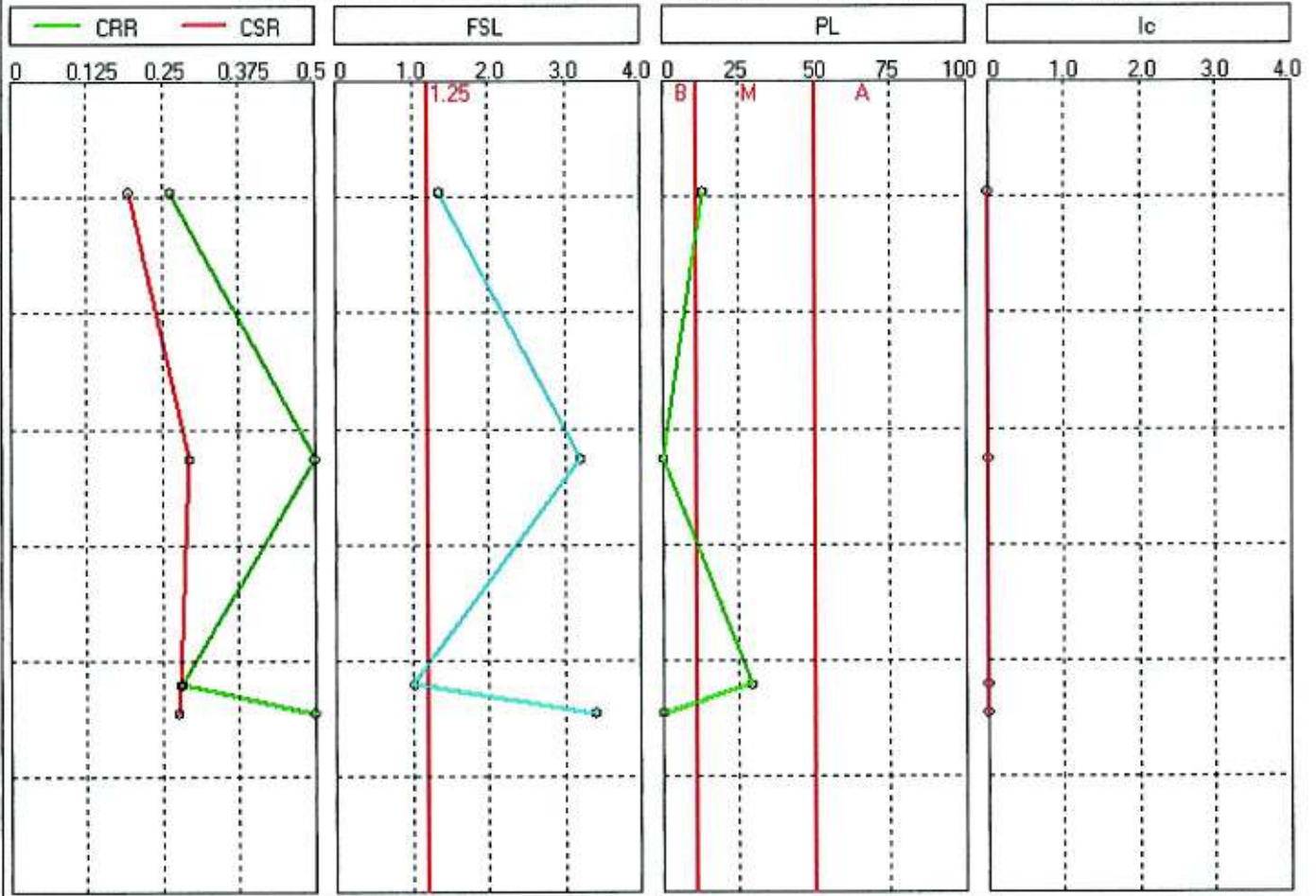
### LEGENDA

% Fini	Contenuto in fini	Pt	Tensione verticale litostatica totale
(N)60	Resistenza penetrometrica misurata nella prova Standard Penetration Test	Pe	Tensione verticale litostatica efficace
CN	Fattore correttivo per la tensione efficace alla profondità di prova	rd	Coefficiente di riduzione delle tensioni
(N1)60cs	Resistenza penetrometrica (N1)60 corretta (sabbia pulita)	FSL	Fattore di sicurezza
CRR7.5	Resistenza al taglio mobilitata per un terremoto di magnitudo 7.5	PL	Probabilità/Indice del potenziale di liquefazione
CRReq	Resistenza al taglio mobilitata corretta (magnitudo <math>\leq</math> di 7.5)	CL	Classe di fattibilità geologica
CSRfsl	Sforzo di taglio indotto dal sisma corretto con un fattore di sicurezza fsl	N/A	Non applicabile per (N1)60>30 o altro

# VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

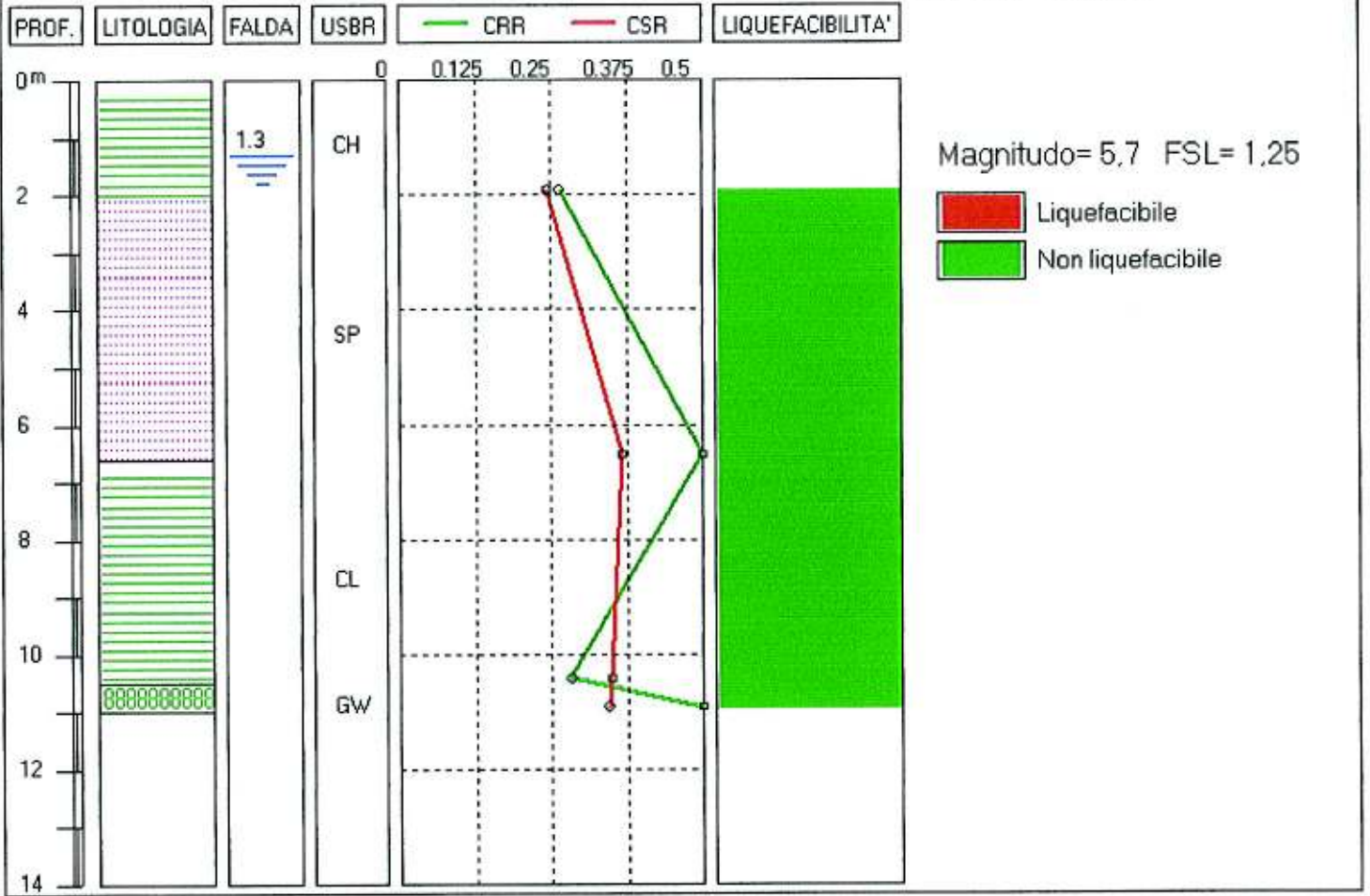


# VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE





# VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE



## PARAMETRI GEOTECNICI

PROF.	LITOLOGIA	FALDA	USBR	(N1)60	Phi	Dr	Vs	y	Ko	Go	E'	Classifica
				[gradi]	[%]	[m/s]	[kN/mc]	[kN/mc]	[MPa]	[MPa]		
0 m		1.3	CH									
2.2				12	33,59		185	19,8	3,41	70,4		CONSISTENTE
4.4			SP									
6.6				30	41,49	86	297	16,3	7,45	150,1	430,3	MODERATAMENTE ADDENSATA
8.8			CL									
11				13	34,14		193	20	3,75	77,6		CONSISTENTE
			GW	30	41,49	86	297	19,4	7,45	177,8	430,3	MODERATAMENTE ADDENSATA
13.2												
15.4												

### LEGENDA

N1(60) Resistenza penetrometrica corretta

Phi Angolo di attrito (Mayne,1998)

Dr Densità relativa (Terzaghi & Peck)

Vs Velocità delle onde di taglio (Iyisan,1996)

y Peso di volume (Hunt,1984)

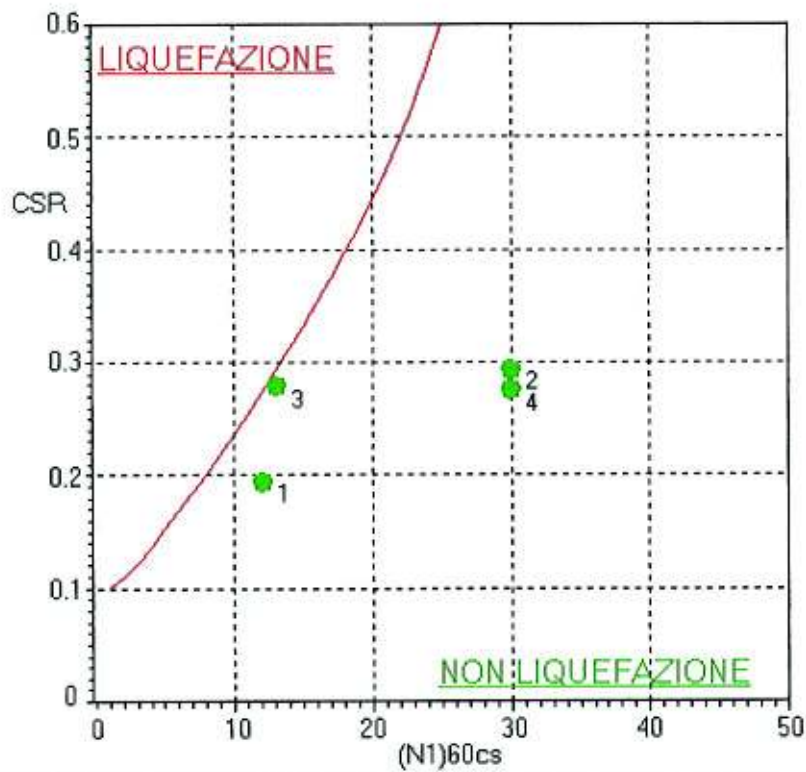
ko Modulo di sottofondo (Navfac,1984)

Go Modulo di taglio dinamico (Ohsaki-Iwasaki)

E' Modulo di deformazione (D'Apollonia & Al.,1970)

## VERIFICA DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DEL SITO

Sabbia pulita  $M=5,7$   $FSL=1$



N°	CSR	$(N1)_{60cs}$	$(N1)_{60csf}$	CSR <sub>Req</sub>
1	0,195	12	7,99	0,195
2	0,294	30	13,49	0,294
3	0,279	13	12,69	0,279
4	0,276	30	12,59	0,276
Media	0,263	17,27	11,72	0,263



## **8) CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO**

Il territorio comunale di Fano ricade in zona sismica classificata come **Zona 2**, con valore di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro elastico (Norme Tecniche)  $a_g/g = 0.25$  e con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni  $a_g/g = 0.15-0.25$ .

In riferimento all'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b, si allega al testo la Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (da Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

Nella mappa è graficamente rappresentata la pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo, con probabilità di accelerazione del 10% in 50 anni, riferita ai suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005).

Nel contesto descritto, il territorio comunale di Fano, in via generale è caratterizzato da un'accelerazione ( $a_g$ ) orizzontale massima convenzionale sul suolo di tipo A, compresa tra **0.175 e 0.200 g**.

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da "una pericolosità sismica di base" in considerazioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC).

Il Progettista valuterà la *pericolosità sismica* sulla base di quanto disposto dalle Tabelle A e B delle NTC.

### **8.1 – Risposta Sismica Locale - Considerazioni relativamente alle Norme Tecniche D.M. 14/Gennaio/2008**

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, è necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale, in considerazione delle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi, non che delle proprietà fisico – meccaniche dei materiali che li costituiscono, che possono

modificare il moto sismico atteso nel sito rispetto a quello che si avrebbe su roccia affiorante.

Pertanto nel caso in esame oltre alla caratterizzazione geotecnica dei terreni, si è attuata la classificazione della categoria di sottosuolo in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s,30}$  di propagazione delle onde di taglio, entro i primi 30 metri di profondità riferiti al piano di fondazione per fondazioni superficiali o testa dei pali per fondazioni profonde, per la definizione della categoria di sottosuolo, come riportato nella Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo delle suddette Norme, nel caso specifico ricavata da una indagine geofisica mediante procedura M.A.S.W..

I metodi di prospezione sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) consentono di ottenere un modello verticale delle  $V_s$ , a partire dalla modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare le onde di Rayleigh e non attraverso quelle di volume come invece accade per i metodi più propri della sismica più tradizionale.

Nel caso in esame le analisi eseguite conducono a valori di  $V_{s,30}$  pari a circa **306 m/s** (modello medio), che possono essere riferite ad un sottosuolo di Categoria "**C**" della Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo delle Norme Tecniche D.M. 14/Gennaio/2008.

Condizioni Topografiche - Tabella 3.2.IV – Categorie Topografiche: **T1** .  
(vedere Tabelle di seguito allegate)



Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

## 8.2 – Valutazione dell'azione sismica - Considerazioni relativamente alle Norme Tecniche D.M. 14/Gennaio/2008

Nella valutazione dello spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali, per la definizione del coefficiente  $S_S$  (coefficiente di amplificazione stratigrafica) e del coefficiente  $S_T$  (coefficiente di amplificazione topografica), si fa riferimento ai valori riportati nelle relative Tabella 3.2.V – *Espressione di  $S_S$  e  $C_C$*  e Tabella 3.2.VI – *Valori Massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$*  delle Norme Tecniche D.M. 14/Gennaio/2008, in cui il parametro  $F_0$  (fattore di amplificazione massima su suolo A) e  $a_g$  (accelerazione), sono deducibili dal reticolo sismico delle NTC.

(vedere Tabelle di seguito allegate)

**Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_S$  e di  $C_C$**

Categoria sottosuolo	$S_S$	$C_C$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

**Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$**

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1		1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4



## **9) CONCLUSIONI**

Per la costruzione dell'edificio residenziale in progetto, ci si atterrà a quanto prescritto dalla normativa vigente in materia di costruzioni in zona sismica (NTC), considerando che il territorio comunale di Fano, in via generale è caratterizzato da un'accelerazione ( $a_g$ ) orizzontale massima compresa tra 0.175 e 0.200 g, come risulta dalla consultazione della Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale – da Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, allegata al testo.

Dall'analisi geologica e geotecnica relativa al sito in esame, è risultato quanto segue.

- L'area ricade in un contesto morfologico pianeggiante, pertanto non interessato da problematiche connesse alla stabilità generale della zona, come risulta anche dall'esame della cartografia PAI della Regione Marche (Allegato -A-).
- L'assetto stratigrafico è caratterizzato dalla presenza di depositi sabbiosi - ghiaiosi con aggregati argilloso - limoso - sabbiosi intercalati, con presenza di falda idrica superficiale, con livello piezometrico nel foro di prova a -1.30 / -1.50 m circa rispetto al p.c., suscettibile di oscillazioni stagionali e di marea.
- Il sito ricade nell'ambito della categoria di sottosuolo "**C**" (Tabella 3.2.II NTC).
- Le condizioni topografiche sono riconducibili alla categoria "**T1**" (Tabella 3.2.IV NTC).
- I terreni presenti nel sito non sono liquefacibili, come riportato nel precedente paragrafo 7).

Pertanto per quanto sopra esposto, per l'area in esame non sussistono problematiche di natura geomorfologia, litostratigrafia, idrogeologica e geotecnica che precludano la costruzione dell'edificio in progetto.

### **9.1 - Tipologia Fondativa**

La natura e le caratteristiche dei litotipi riscontrati, così come sono state descritte ai paragrafi precedenti, consente di orientare la scelta del tipo di struttura fondativa verso una fondazione di tipo superficiale ***diretta a platea***.

La platea si attesterà ad una profondità di circa -2.50 m dal piano di campagna attuale, per la realizzazione di un piano interrato ed il terreno di fondazione sarà rappresentato dal deposito di sabbie e ghiaie e/o sabbie e ghiaie frammiste, ben addensate (Litotipo S.-1)., vedere allegata Sezione Geologica Indicativa - TAV.3.

Per la presenza della falda idrica a livelli superficiali e sue oscillazioni stagionali, in fase di sbancamento si dovrà prevedere l'impiego di metodologie operative che consentano di mantenere lo scavo asciutto durante le operazioni di sbancamento e di costruzione (tipo well points).

L'abbattimento della falda comporta particolari attenzioni per ciò che riguarda la stabilità delle pareti e del fondo dello scavo.

Abbattimenti forzati ma di modesta entità del livello attuale della falda non dovrebbero comportare variazioni tensionali apprezzabili nel sottosuolo e sul fabbricato esistente e fabbricati circostanti, in quanto la falda è soggetta comunque a variazioni di livello nel corso della sua storia geologica.

Il piano interrato dovrà essere adeguatamente impermeabilizzato con materiali aventi le caratteristiche di tenuta dell'acqua (tipo membrane impermeabili).



## 9.2 – Verifica agli Stati Limite – Parametri Caratteristici

Per la verifica agli stati limite ultimi (SLU), Approccio 1, Combinazione 1, Approccio 1, Combinazione 2, secondo quanto prescritto dalle "Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008, i valori caratteristici per il terreno di fondazione,  $c'_k$  e  $\varphi'_k$  a cui applicare il coefficiente parziale  $\gamma_{cu}$  (vedere Tabella 6.2.II delle NTC), per ottenere il valore di progetto ( $V_d$ ), sono determinabili con le seguenti relazioni.

Dato che il valore caratteristico  $k$  rappresenta la soglia al disotto della quale si colloca non più del 5% dei valori desumibili da una serie teoricamente illimitata di prove, i valori caratteristici di  $c'$  e  $\varphi'$  (parametri nominali), sono determinabili con le seguenti relazioni:

$$(1) \varphi'_k = \varphi'_m (1+X \times V_\varphi)$$

$$(2) c'_k = c'_m (1+X \times V_c)$$

dove:

$\varphi'_k$  = valore caratteristico dell'angolo di attrito interno

$c'_k$  = valore caratteristico della coesione

$\varphi'_m$  = valore medio dell'angolo di attrito

$c'_m$  = valore medio della coesione

$V_\varphi$  = coefficiente di variazione (COV) di  $\varphi'$ , definito come il rapporto fra lo scarto quadratico medio e la media dei valori di  $\varphi'$

$V_c$  = coefficiente di variazione (COV) di  $c'$ , definito come il rapporto fra lo scarto quadratico medio e la media dei valori di  $c'$

$X$  = parametro dipendente dalla legge di distribuzione della probabilità di non superamento adottata; l'Eurocodice 7 fissa per i parametri di resistenza al taglio, una probabilità di non superamento del 5%, alla quale corrisponde, per una distribuzione di tipo gaussiano, un valore di  $X = -1.645$

### Calcolo dei valori caratteristici ( $f_k$ ) con il frattile del 5%

**Valori medi ( $V_m$ )  $\Rightarrow$  Valori Caratteristici ( $V_k$ )  $\Rightarrow$  Valori di progetto ( $V_d$ )**

Dato che  $c'$  è = **0.00 Kg/cm<sup>2</sup>**, anche il valore caratteristico  $c'_k$  è = **0.00 kg/cm<sup>2</sup>**.

Valore caratteristico  $\varphi'_k$ :

$\varphi' = 35^\circ$  (cautelativo)

La media è =  $35^\circ$

La deviazione standard = 0.0

$\varphi'_k = \varphi'_m (1 + X \times V_\varphi)$

$\varphi'_k = 35^\circ \times [ 1 - 1.645(0.0/35) ] = 35^\circ$

(si allega Tabella 6.2.II delle NTC)

**Tabella 6.2.II** – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

### 9.3 - Coefficiente di Fondazione

Per la valutazione di calcolo relative alla interazione terreno - fondazione, si può assumere un modulo di reazione verticale unitario, valutato per una impronta di carico quadrata di un metro di lato in superficie, pari a: **Kunit = 6.00 Kg/cm<sup>2</sup>** (terreno granulare denso, immerso)

*Naturalmente quanto finora esposto rientra in un'ipotesi di progetto con valutazioni di tipo geologico – applicativo, spettando al Tecnico Progettista le opportune valutazioni compatibilmente con le verifiche previste dalla normativa vigente.*

Questo Studio resta a disposizione per fornire nella fase esecutiva dei lavori la propria assistenza tecnica e geologica, anche per verificare puntualmente la successione stratigrafica ed idrogeologica superficiale, descritta nei paragrafi precedenti.





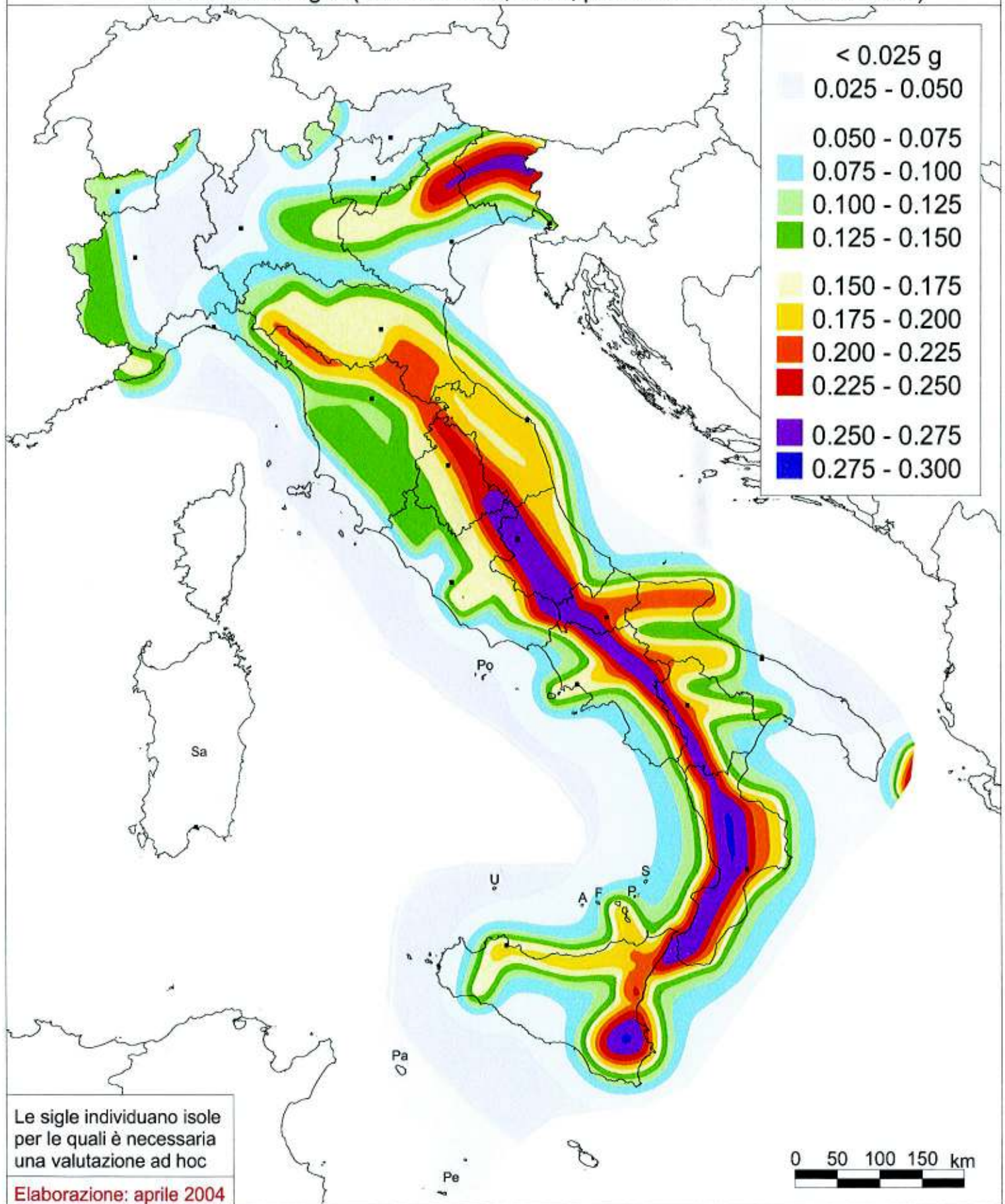
## Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

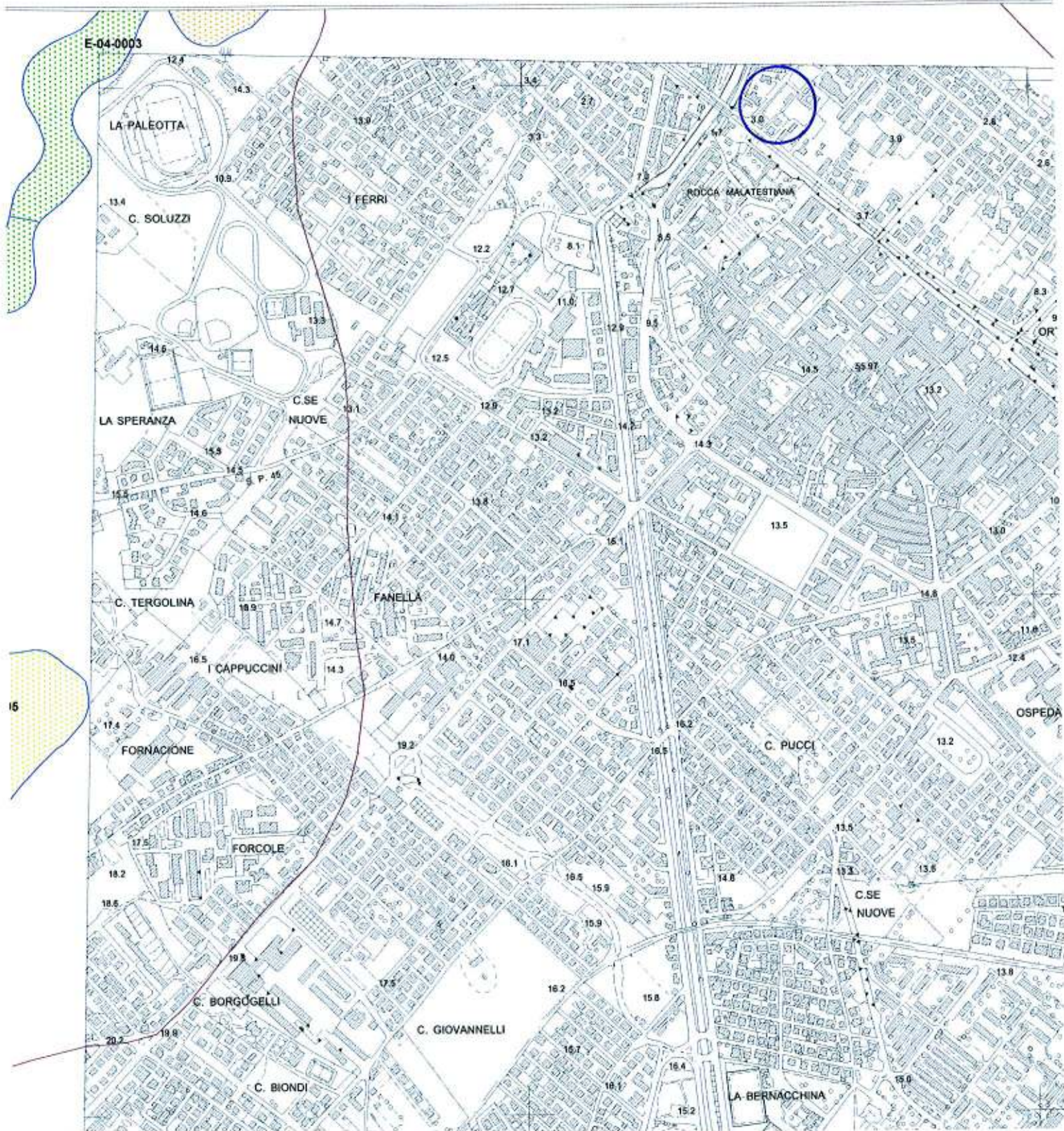
espressa in termini di accelerazione massima del suolo

con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

referita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)







## Allegato -A-

**STRALCIO DA PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)  
- REGIONE MARCHE -**

**CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO – da Tav. RI 07c.pdf - Fano,  
sc. 1:10.000**

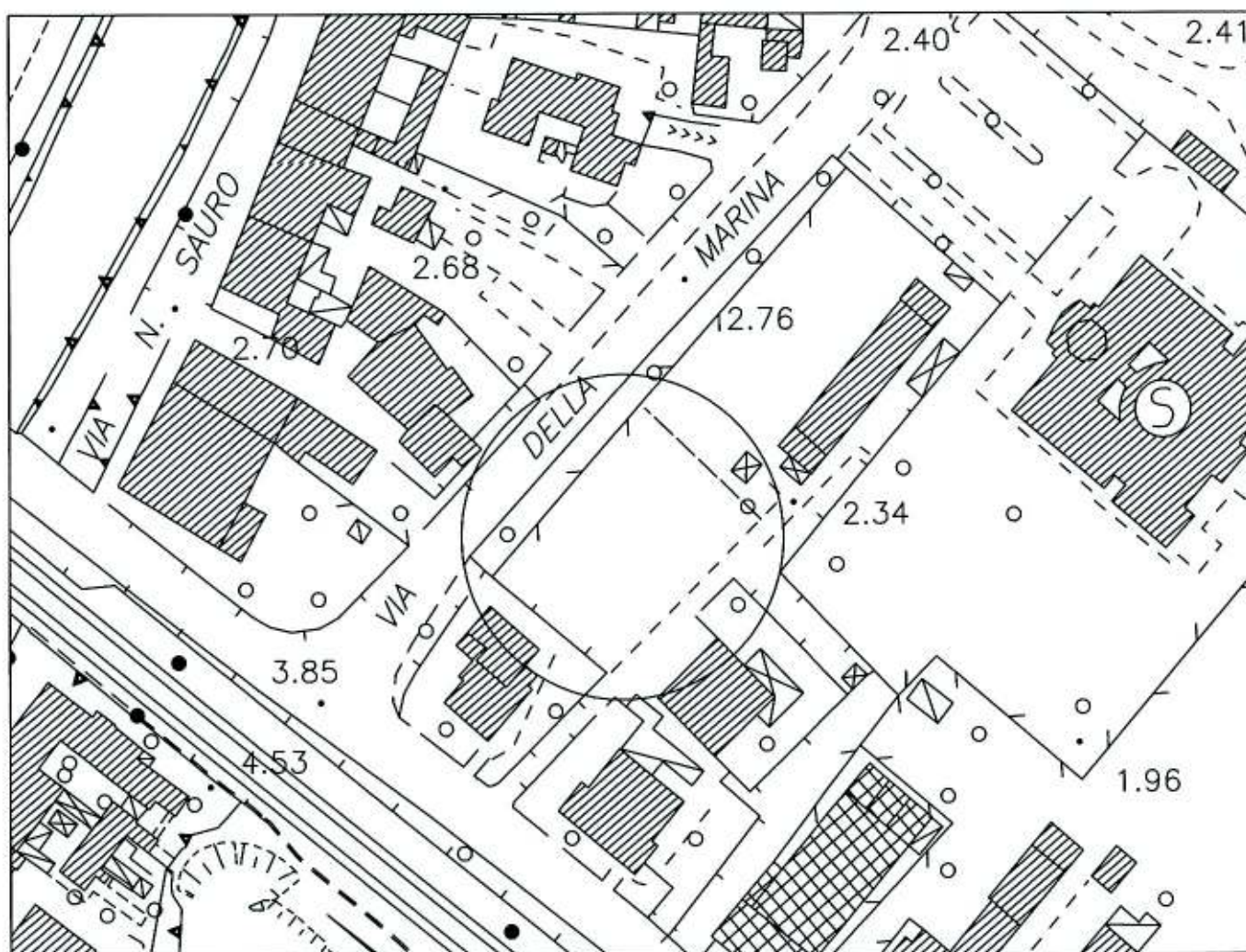
**Area a rischio frana (Codice F – xx-yyyy)**

**Area a rischio esondazione (Codice E – xx-yyyy)**



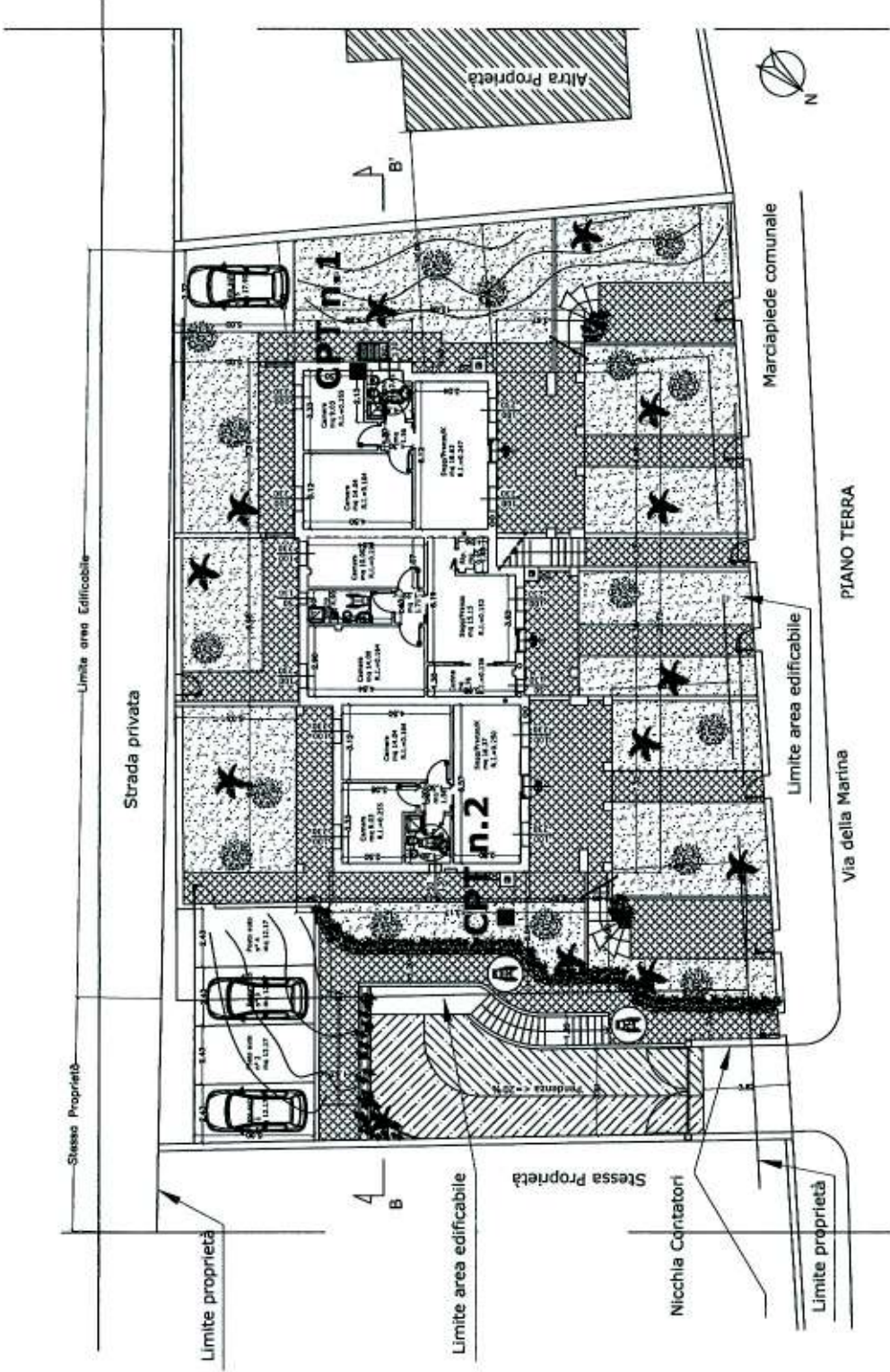
**Area in esame**





ESTRATTO AEROFOTOGAMMETRICO Scala 1:1000

Scala 1:200 - TAV.2

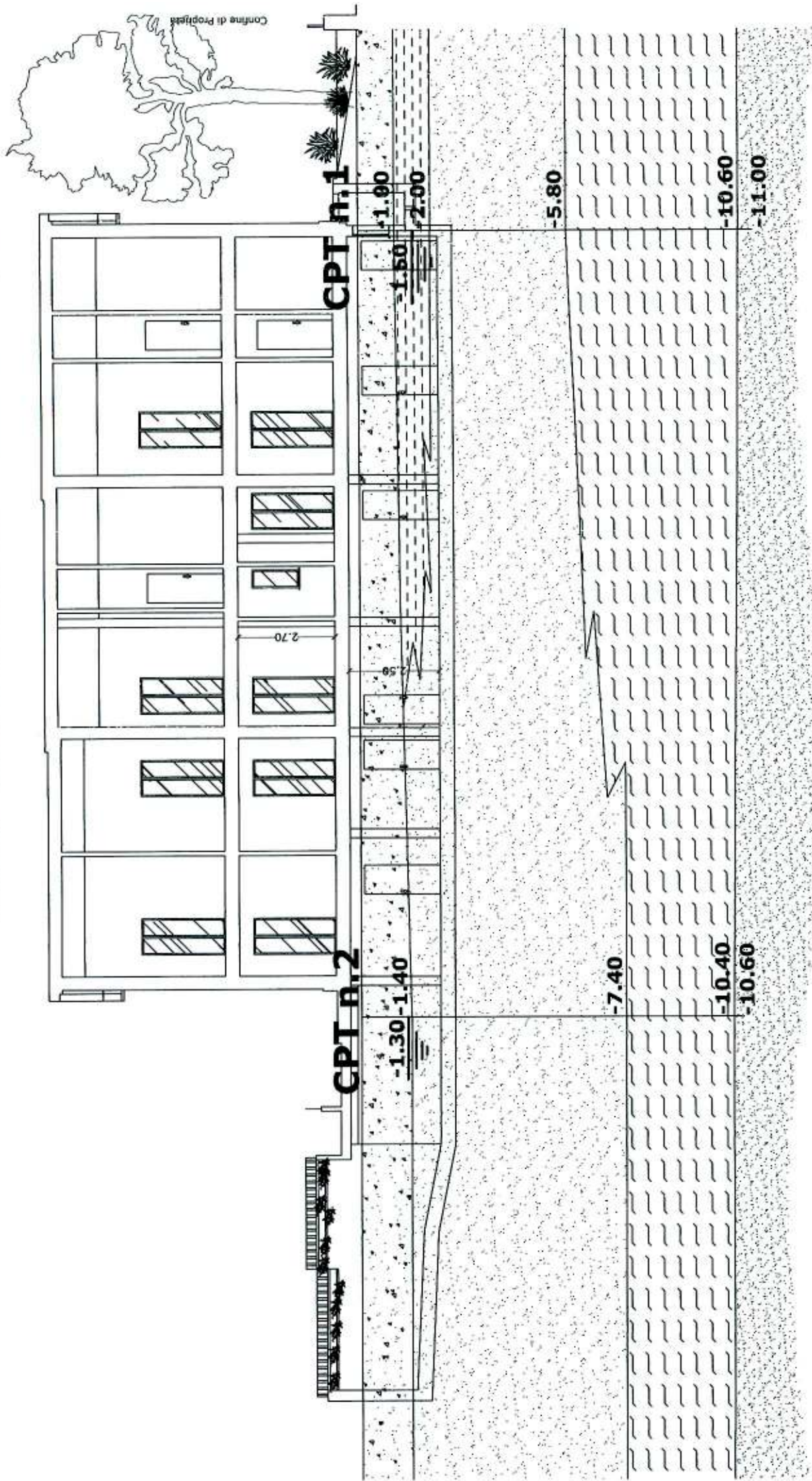





CPT n.1-2

UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT



SEZIONE GEOLOGICA INDICATIVA - SEZIONE B-B' - Scala 1:100 - TAV.3



-  (Litotipo R-TV) - Argille organiche e terreni misti con presenza di sabbia
-  (Litotipo A.) - Argille inorganiche e terre limo - sabbiose
-  (Litotipo S.-1) - Sabbie e ghiaie e/o miscele di sabbie e ghiaie a luoghi marcatamente sabbiose in profondità

-  (Litotipo A.L.S.) - Argille inorganiche e argille sabbiose e limose
-  (Litotipo S.-2) - Sabbie e ghiaie frammiste, profonde
-  Falda Idrica superficiale

# PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: SCRIGNO S.R.L.

Cantiere:

Località: FANO

Rif.: 09195.A

## Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 73 (200 kN)

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica (mm)	35,7
Angolo di apertura punta (°)	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

Elaborato da: M. Grassi	Controllato da: M. Grassi
Approvato da: M. Grassi	Data: 21.05.09

**DOCUMENTAZIONE ELABORATA PER IL CASO IN ESAME DAL SOTTOSCRITTO DOTT. GEOLOGO STEFANO BOCCAROSSA**



**PROVA ... Nr.1 (RIF. 09195.A)**

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova

PAGANI TG 73 (200 kN)

20/05/2009

11,00 mt

Falda Nr. 1: Quota iniziale=1,50 Quota finale=11,00 mt

Profondità (m)	Letture punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Letture laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,0	0,0	0,0	0,0		
0,40	0,0	0,0	0,0	1,7333	0,0	
0,60	10,0	36,0	10,138	1,0	10,14	9,86
0,80	7,0	22,0	7,138	0,6	11,9	8,41
1,00	6,0	15,0	6,138	0,4	15,35	6,52
1,20	9,0	15,0	9,276	0,4667	19,88	5,03
1,40	8,0	15,0	8,276	0,2	41,38	2,42
1,60	10,0	13,0	10,276	3,5333	2,91	34,38
1,80	27,0	80,0	27,276	0,8	34,1	2,93
2,00	61,0	73,0	61,276	8,0	7,66	13,06
2,20	150,0	270,0	150,414	1,3333	112,81	0,89
2,40	200,0	220,0	200,414	1,3333	150,31	0,67
2,60	200,0	220,0	200,414	1,3333	150,31	0,67
2,80	200,0	220,0	200,414	1,3333	150,31	0,67
3,00	200,0	220,0	200,414	3,0	66,8	1,5
3,20	149,0	194,0	149,552	3,0	49,85	2,01
3,40	190,0	235,0	190,552	4,6	41,42	2,41
3,60	140,0	209,0	140,552	0,9333	150,6	0,66
3,80	246,0	260,0	246,552	4,5333	54,39	1,84
4,00	132,0	200,0	132,552	0,4	331,38	0,3
4,20	194,0	200,0	194,69	3,0667	63,49	1,58
4,40	99,0	145,0	99,69	1,5333	65,02	1,54
4,60	53,0	76,0	53,69	6,6667	8,05	12,42
4,80	130,0	230,0	130,69	2,3333	56,01	1,79
5,00	165,0	200,0	165,69	9,7333	17,02	5,87
5,20	18,0	164,0	18,828	3,3333	5,65	17,7
5,40	150,0	200,0	150,828	3,3333	45,25	2,21
5,60	150,0	200,0	150,828	1,3333	113,12	0,88
5,80	200,0	220,0	200,828	1,6	125,52	0,8
6,00	25,0	49,0	25,828	1,8667	13,84	7,23
6,20	18,0	46,0	18,966	0,7333	25,86	3,87
6,40	16,0	27,0	16,966	0,7333	23,14	4,32
6,60	11,0	22,0	11,966	0,3333	35,9	2,79
6,80	12,0	17,0	12,966	0,4667	27,78	3,6
7,00	12,0	19,0	12,966	0,4667	27,78	3,6
7,20	14,0	21,0	15,104	0,9333	16,18	6,18
7,40	17,0	31,0	18,104	1,3333	13,58	7,36
7,60	23,0	43,0	24,104	1,4667	16,43	6,08
7,80	23,0	45,0	24,104	1,8	13,39	7,47
8,00	25,0	52,0	26,104	1,7333	15,06	6,64
8,20	34,0	60,0	35,242	2,0667	17,05	5,86
8,40	35,0	66,0	36,242	2,7333	13,26	7,54
8,60	29,0	70,0	30,242	1,5333	19,72	5,07
8,80	23,0	46,0	24,242	1,1333	21,39	4,67
9,00	14,0	31,0	15,242	0,9333	16,33	6,12
9,20	15,0	29,0	16,38	1,0667	15,36	6,51
9,40	33,0	49,0	34,38	2,6	13,22	7,56
9,60	39,0	78,0	40,38	3,2	12,62	7,92
9,80	40,0	88,0	41,38	3,4667	11,94	8,38
10,00	37,0	89,0	38,38	3,0	12,79	7,82
10,20	38,0	83,0	39,518	3,2	12,35	8,1
10,40	46,0	94,0	47,518	3,1333	15,17	6,59
10,60	44,0	91,0	45,518	1,3333	34,14	2,93
10,80	250,0	270,0	251,518	1,3333	188,64	0,53
11,00	250,0	270,0	251,518	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,40	0,0	0,8667	0,0		Stima non eseguibile
1,00	7,8047	0,6667	1,81	Coesivo	Argille organiche e terreni misti
1,20	9,276	0,4667	1,84	Coesivo	Argilla inorganica di media consistenza
1,40	8,276	0,2	1,82	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
1,60	10,276	3,5333	1,86	Coesivo	Argille organiche e terreni misti
1,80	27,276	0,8	2,02	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
2,00	61,276	8,0	2,16	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
3,20	183,6037	1,8889	2,0	Incoerente	Sabbie addensate o cementate
3,40	190,552	4,6	2,35	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
4,40	162,8072	2,0933	2,0	Incoerente	Sabbie addensate o cementate
4,60	53,69	6,6667	2,14	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
4,80	130,69	2,3333	2,0	Incoerente	Sabbie addensate o cementate
5,00	165,69	9,7333	2,33	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
5,20	18,828	3,3333	1,96	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
5,40	150,828	3,3333	2,31	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
5,80	175,828	1,4667	2,0	Incoerente	Sabbie addensate o cementate
6,00	25,828	1,8667	2,01	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
6,20	18,966	0,7333	1,96	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
6,40	16,966	0,7333	1,94	Coesivo	Argilla inorganica compatta
6,60	11,966	0,3333	1,88	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
7,00	12,966	0,4667	1,89	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
7,20	15,104	0,9333	1,92	Coesivo	Argilla inorganica compatta
8,80	27,298	1,725	2,01	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
9,00	15,242	0,9333	1,91	Coesivo	Argilla inorganica compatta
10,40	36,848	2,8095	2,06	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
10,60	45,518	1,3333	2,11	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
11,00	251,518	0,6667	2,0	Incoerente	Sabbie addensate o cementate



## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	1,00	7,8047	0,6667	0,05	0,05	Lunne, Robertson and Powell 1977	0,41
Strato 3	1,20	9,276	0,4667	0,13	0,13	Lunne, Robertson and Powell 1977	0,48
Strato 4	1,40	8,276	0,2	0,16	0,16	Lunne, Robertson and Powell 1977	0,43
Strato 5	1,60	10,276	3,5333	0,2	0,2	Lunne, Robertson and Powell 1977	0,53
Strato 6	1,80	27,276	0,8	0,24	0,24	Lunne, Robertson and Powell 1977	1,42
Strato 7	2,00	61,276	8,0	0,28	0,28	Lunne, Robertson and Powell 1977	3,21
Strato 9	3,40	190,552	4,6	0,57	0,57	Lunne, Robertson and Powell 1977	10,0
Strato 11	4,60	53,69	6,6667	0,81	0,81	Lunne, Robertson and Powell 1977	2,78
Strato 13	5,00	165,69	9,7333	0,9	0,9	Lunne, Robertson and Powell 1977	8,67
Strato 14	5,20	18,828	3,3333	0,94	0,94	Lunne, Robertson and Powell 1977	0,94
Strato 15	5,40	150,828	3,3333	0,98	0,98	Lunne, Robertson and Powell 1977	7,89
Strato 17	6,00	25,828	1,8667	1,1	1,1	Lunne, Robertson and Powell 1977	1,3
Strato 18	6,20	18,966	0,7333	1,14	1,14	Lunne, Robertson and Powell 1977	0,94
Strato 19	6,40	16,966	0,7333	1,18	1,18	Lunne, Robertson and Powell 1977	0,83
Strato 20	6,60	11,966	0,3333	1,22	1,22	Lunne, Robertson and Powell 1977	0,57
Strato 21	7,00	12,966	0,4667	1,28	1,28	Lunne, Robertson and Powell 1977	0,62
Strato 22	7,20	15,104	0,9333	1,34	1,34	Lunne, Robertson and Powell 1977	0,72
Strato 23	8,80	27,298	1,725	1,52	1,52	Lunne, Robertson and Powell 1977	1,36

Strato 24	9,00	15,242	0,9333	1,69	1,69	Lunne, Robertson and Powell 1977	0,71
Strato 25	10,40	36,848	2,8095	1,86	1,86	Lunne, Robertson and Powell 1977	1,84
Strato 26	10,60	45,518	1,3333	2,02	2,02	Lunne, Robertson and Powell 1977	2,29

#### Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	1,00	7,8047	0,6667	0,05	0,05	Metodo generale del modulo Edometrico	37,85
Strato 3	1,20	9,276	0,4667	0,13	0,13	Metodo generale del modulo Edometrico	41,91
Strato 4	1,40	8,276	0,2	0,16	0,16	Metodo generale del modulo Edometrico	39,26
Strato 5	1,60	10,276	3,5333	0,2	0,2	Metodo generale del modulo Edometrico	44,11
Strato 6	1,80	27,276	0,8	0,24	0,24	Metodo generale del modulo Edometrico	54,55
Strato 7	2,00	61,276	8,0	0,28	0,28	Metodo generale del modulo Edometrico	122,55
Strato 9	3,40	190,552	4,6	0,57	0,57	Metodo generale del modulo Edometrico	381,1
Strato 11	4,60	53,69	6,6667	0,81	0,81	Metodo generale del modulo Edometrico	107,38
Strato 13	5,00	165,69	9,7333	0,9	0,9	Metodo generale del modulo Edometrico	331,37
Strato 14	5,20	18,828	3,3333	0,94	0,94	Metodo generale del modulo Edometrico	44,5
Strato 15	5,40	150,828	3,3333	0,98	0,98	Metodo generale del modulo Edometrico	301,65
Strato 17	6,00	25,828	1,8667	1,1	1,1	Metodo generale del modulo	51,66



						Edometrico	
Strato 18	6,20	18,966	0,7333	1,14	1,14	Metodo generale del modulo Edometrico	44,23
Strato 19	6,40	16,966	0,7333	1,18	1,18	Metodo generale del modulo Edometrico	47,22
Strato 20	6,60	11,966	0,3333	1,22	1,22	Metodo generale del modulo Edometrico	46,8
Strato 21	7,00	12,966	0,4667	1,28	1,28	Metodo generale del modulo Edometrico	47,79
Strato 22	7,20	15,104	0,9333	1,34	1,34	Metodo generale del modulo Edometrico	48,38
Strato 23	8,80	27,298	1,725	1,52	1,52	Metodo generale del modulo Edometrico	54,6
Strato 24	9,00	15,242	0,9333	1,69	1,69	Metodo generale del modulo Edometrico	48,35
Strato 25	10,40	36,848	2,8095	1,86	1,86	Metodo generale del modulo Edometrico	73,69
Strato 26	10,60	45,518	1,3333	2,02	2,02	Metodo generale del modulo Edometrico	91,03

#### Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	1,00	7,8047	0,6667	0,05	0,05	Meyerhof	1,81
Strato 3	1,20	9,276	0,4667	0,13	0,13	Meyerhof	1,84
Strato 4	1,40	8,276	0,2	0,16	0,16	Meyerhof	1,82
Strato 5	1,60	10,276	3,5333	0,2	0,2	Meyerhof	1,86
Strato 6	1,80	27,276	0,8	0,24	0,24	Meyerhof	2,02
Strato 7	2,00	61,276	8,0	0,28	0,28	Meyerhof	2,16
Strato 9	3,40	190,552	4,6	0,57	0,57	Meyerhof	2,35
Strato 11	4,60	53,69	6,6667	0,81	0,81	Meyerhof	2,14
Strato 13	5,00	165,69	9,7333	0,9	0,9	Meyerhof	2,33
Strato 14	5,20	18,828	3,3333	0,94	0,94	Meyerhof	1,95
Strato 15	5,40	150,828	3,3333	0,98	0,98	Meyerhof	2,31
Strato 17	6,00	25,828	1,8667	1,1	1,1	Meyerhof	2,01
Strato 18	6,20	18,966	0,7333	1,14	1,14	Meyerhof	1,95
Strato 19	6,40	16,966	0,7333	1,18	1,18	Meyerhof	1,93
Strato 20	6,60	11,966	0,3333	1,22	1,22	Meyerhof	1,87
Strato 21	7,00	12,966	0,4667	1,28	1,28	Meyerhof	1,88
Strato 22	7,20	15,104	0,9333	1,34	1,34	Meyerhof	1,91
Strato 23	8,80	27,298	1,725	1,52	1,52	Meyerhof	2,02

Strato 24	9,00	15,242	0,9333	1,69	1,69	Meyerhof	1,91
Strato 25	10,40	36,848	2,8095	1,86	1,86	Meyerhof	2,07
Strato 26	10,60	45,518	1,3333	2,02	2,02	Meyerhof	2,1

**Peso unità di volume saturo**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	1,00	7,8047	0,6667	0,05	0,05	Meyerhof	1,89
Strato 3	1,20	9,276	0,4667	0,13	0,13	Meyerhof	1,92
Strato 4	1,40	8,276	0,2	0,16	0,16	Meyerhof	1,9
Strato 5	1,60	10,276	3,5333	0,2	0,2	Meyerhof	1,94
Strato 6	1,80	27,276	0,8	0,24	0,24	Meyerhof	2,1
Strato 7	2,00	61,276	8,0	0,28	0,28	Meyerhof	2,24
Strato 9	3,40	190,552	4,6	0,57	0,57	Meyerhof	2,43
Strato 11	4,60	53,69	6,6667	0,81	0,81	Meyerhof	2,22
Strato 13	5,00	165,69	9,7333	0,9	0,9	Meyerhof	2,41
Strato 14	5,20	18,828	3,3333	0,94	0,94	Meyerhof	2,03
Strato 15	5,40	150,828	3,3333	0,98	0,98	Meyerhof	2,39
Strato 17	6,00	25,828	1,8667	1,1	1,1	Meyerhof	2,09
Strato 18	6,20	18,966	0,7333	1,14	1,14	Meyerhof	2,03
Strato 19	6,40	16,966	0,7333	1,18	1,18	Meyerhof	2,01
Strato 20	6,60	11,966	0,3333	1,22	1,22	Meyerhof	1,95
Strato 21	7,00	12,966	0,4667	1,28	1,28	Meyerhof	1,96
Strato 22	7,20	15,104	0,9333	1,34	1,34	Meyerhof	1,99
Strato 23	8,80	27,298	1,725	1,52	1,52	Meyerhof	2,1
Strato 24	9,00	15,242	0,9333	1,69	1,69	Meyerhof	1,99
Strato 25	10,40	36,848	2,8095	1,86	1,86	Meyerhof	2,15
Strato 26	10,60	45,518	1,3333	2,02	2,02	Meyerhof	2,18



**TERRENI INCOERENTI**
**Densità relativa**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 4	1,40	8,276	0,2	0,16	0,16	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	20,79
Strato 6	1,80	27,276	0,8	0,24	0,24	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	49,29
Strato 8	3,20	183,6037	1,8889	0,42	0,42	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	95,4
Strato 9	3,40	190,552	4,6	0,57	0,57	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	92,3
Strato 10	4,40	162,8072	2,0933	0,69	0,69	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	85,03
Strato 12	4,80	130,69	2,3333	0,85	0,85	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	75,77
Strato 13	5,00	165,69	9,7333	0,9	0,9	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	81,81
Strato 15	5,40	150,828	3,3333	0,98	0,98	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	77,84
Strato 16	5,80	175,828	1,4667	1,04	1,04	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	81,31
Strato 18	6,20	18,966	0,7333	1,14	1,14	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	16,72
Strato 20	6,60	11,966	0,3333	1,22	1,22	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	5,0
Strato 21	7,00	12,966	0,4667	1,28	1,28	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	5,0
Strato 26	10,60	45,518	1,3333	2,02	2,02	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	33,5
Strato 27	11,00	251,518	0,6667	2,08	2,08	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	81,67

**Angolo di resistenza al taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 4	1,40	8,276	0,2	0,16	0,16	Meyerhof 1951	20,72
Strato 6	1,80	27,276	0,8	0,24	0,24	Meyerhof 1951	29,25
Strato 8	3,20	183,6037	1,8889	0,42	0,42	Meyerhof 1951	45,0
Strato 9	3,40	190,552	4,6	0,57	0,57	Meyerhof 1951	45,0
Strato 10	4,40	162,8072	2,0933	0,69	0,69	Meyerhof 1951	45,0
Strato 12	4,80	130,69	2,3333	0,85	0,85	Meyerhof 1951	45,0
Strato 13	5,00	165,69	9,7333	0,9	0,9	Meyerhof 1951	45,0
Strato 15	5,40	150,828	3,3333	0,98	0,98	Meyerhof 1951	45,0
Strato 16	5,80	175,828	1,4667	1,04	1,04	Meyerhof 1951	45,0
Strato 18	6,20	18,966	0,7333	1,14	1,14	Meyerhof 1951	25,52
Strato 20	6,60	11,966	0,3333	1,22	1,22	Meyerhof 1951	22,37
Strato 21	7,00	12,966	0,4667	1,28	1,28	Meyerhof 1951	22,82
Strato 26	10,60	45,518	1,3333	2,02	2,02	Meyerhof 1951	37,44
Strato 27	11,00	251,518	0,6667	2,08	2,08	Meyerhof 1951	45,0

**Peso unità di volume**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 4	1,40	8,276	0,2	0,16	0,16	Meyerhof	1,8
Strato 6	1,80	27,276	0,8	0,24	0,24	Meyerhof	1,8
Strato 8	3,20	183,6037	1,8889	0,42	0,42	Meyerhof	1,9
Strato 9	3,40	190,552	4,6	0,57	0,57	Meyerhof	1,8
Strato 10	4,40	162,8072	2,0933	0,69	0,69	Meyerhof	1,9
Strato 12	4,80	130,69	2,3333	0,85	0,85	Meyerhof	1,8
Strato 13	5,00	165,69	9,7333	0,9	0,9	Meyerhof	1,8
Strato 15	5,40	150,828	3,3333	0,98	0,98	Meyerhof	1,8
Strato 16	5,80	175,828	1,4667	1,04	1,04	Meyerhof	1,9
Strato 18	6,20	18,966	0,7333	1,14	1,14	Meyerhof	1,8
Strato 20	6,60	11,966	0,3333	1,22	1,22	Meyerhof	1,8
Strato 21	7,00	12,966	0,4667	1,28	1,28	Meyerhof	1,8
Strato 26	10,60	45,518	1,3333	2,02	2,02	Meyerhof	1,8
Strato 27	11,00	251,518	0,6667	2,08	2,08	Meyerhof	1,9

**Peso unità di volume saturo**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 4	1,40	8,276	0,2	0,16	0,16	Meyerhof	2,1
Strato 6	1,80	27,276	0,8	0,24	0,24	Meyerhof	2,1
Strato 8	3,20	183,6037	1,8889	0,42	0,42	Meyerhof	2,2
Strato 9	3,40	190,552	4,6	0,57	0,57	Meyerhof	2,1
Strato 10	4,40	162,8072	2,0933	0,69	0,69	Meyerhof	2,2
Strato 12	4,80	130,69	2,3333	0,85	0,85	Meyerhof	2,1
Strato 13	5,00	165,69	9,7333	0,9	0,9	Meyerhof	2,1
Strato 15	5,40	150,828	3,3333	0,98	0,98	Meyerhof	2,1
Strato 16	5,80	175,828	1,4667	1,04	1,04	Meyerhof	2,2
Strato 18	6,20	18,966	0,7333	1,14	1,14	Meyerhof	2,1
Strato 20	6,60	11,966	0,3333	1,22	1,22	Meyerhof	2,1
Strato 21	7,00	12,966	0,4667	1,28	1,28	Meyerhof	2,1
Strato 26	10,60	45,518	1,3333	2,02	2,02	Meyerhof	2,1
Strato 27	11,00	251,518	0,6667	2,08	2,08	Meyerhof	2,2



**Liquefazione - Accelerazione sismica massima (g)=0,25**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 8	3,20	183,6037	1,8889	0,42	0,42	Robertson e Wride 1997	34,697
Strato 10	4,40	162,8072	2,0933	0,69	0,69	Robertson e Wride 1997	30,16
Strato 12	4,80	130,69	2,3333	0,85	0,85	Robertson e Wride 1997	24,105
Strato 16	5,80	175,828	1,4667	1,04	1,04	Robertson e Wride 1997	28,374
Strato 27	11,00	251,518	0,6667	2,08	2,08	Robertson e Wride 1997	83,315

**Permeabilità**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0,40	0,0	0,8667	0,0	0,0	Piacentini-Righi 1988	*
Strato 2	1,00	7,8047	0,6667	0,05	0,05	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 3	1,20	9,276	0,4667	0,13	0,13	Piacentini-Righi 1988	1,88E-09
Strato 4	1,40	8,276	0,2	0,16	0,16	Piacentini-Righi 1988	9,63E-05
Strato 5	1,60	10,276	3,5333	0,2	0,2	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 6	1,80	27,276	0,8	0,24	0,24	Piacentini-Righi 1988	9,38E-06
Strato 7	2,00	61,276	8,0	0,28	0,28	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 8	3,20	183,6037	1,8889	0,42	0,42	Piacentini-Righi 1988	1,00E-03
Strato 9	3,40	190,552	4,6	0,57	0,57	Piacentini-Righi 1988	2,24E-05
Strato 10	4,40	162,8072	2,0933	0,69	0,69	Piacentini-Righi 1988	6,54E-03
Strato 11	4,60	53,69	6,6667	0,81	0,81	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 12	4,80	130,69	2,3333	0,85	0,85	Piacentini-Righi 1988	7,85E-04
Strato 13	5,00	165,69	9,7333	0,9	0,9	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 14	5,20	18,828	3,3333	0,94	0,94	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 15	5,40	150,828	3,3333	0,98	0,98	Piacentini-Righi 1988	9,25E-05
Strato 16	5,80	175,828	1,4667	1,04	1,04	Piacentini-Righi 1988	1,00E-03
Strato 17	6,00	25,828	1,8667	1,1	1,1	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 18	6,20	18,966	0,7333	1,14	1,14	Piacentini-Righi 1988	1,89E-07
Strato 19	6,40	16,966	0,7333	1,18	1,18	Piacentini-Righi 1988	2,59E-08
Strato 20	6,60	11,966	0,3333	1,22	1,22	Piacentini-Righi 1988	2,16E-05
Strato 21	7,00	12,966	0,4667	1,28	1,28	Piacentini-	7,54E-07

							Righi 1988	
Strato 22	7,20	15,104	0,9333	1,34	1,34		Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 23	8,80	27,298	1,725	1,52	1,52		Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 24	9,00	15,242	0,9333	1,69	1,69		Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 25	10,40	36,848	2,8095	1,86	1,86		Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 26	10,60	45,518	1,3333	2,02	2,02		Piacentini-Righi 1988	7,14E-06
Strato 27	11,00	251,518	0,6667	2,08	2,08		Piacentini-Righi 1988	1,00E-03



**PROVA ... Nr.2 (RIF. 09195.A)**

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova

PAGANI TG 73 (200 kN)

20/05/2009

10,60 mt

Falda Nr. 1: Quota iniziale=1,30 Quota finale=10,60 mt

Profondità (m)	Letture punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Letture laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,0	0,0	0,0	0,0		
0,40	0,0	0,0	0,0	0,5333	0,0	
0,60	22,0	30,0	22,138	1,0	22,14	4,52
0,80	9,0	24,0	9,138	0,8	11,42	8,75
1,00	6,0	18,0	6,138	0,6	10,23	9,78
1,20	18,0	27,0	18,276	0,2	91,38	1,09
1,40	12,0	15,0	12,276	2,0	6,14	16,29
1,60	220,0	250,0	220,276	2,6667	82,6	1,21
1,80	160,0	200,0	160,276	3,0	53,43	1,87
2,00	90,0	135,0	90,276	2,2667	39,83	2,51
2,20	75,0	109,0	75,414	0,6667	113,12	0,88
2,40	190,0	200,0	190,414	3,3333	57,12	1,75
2,60	250,0	300,0	250,414	3,3333	75,12	1,33
2,80	250,0	300,0	250,414	3,3333	75,12	1,33
3,00	250,0	300,0	250,414	2,3333	107,32	0,93
3,20	215,0	250,0	215,552	2,0	107,78	0,93
3,40	120,0	150,0	120,552	2,6667	45,21	2,21
3,60	160,0	200,0	160,552	3,3333	48,17	2,08
3,80	150,0	200,0	150,552	2,6667	56,46	1,77
4,00	160,0	200,0	160,552	2,0667	77,69	1,29
4,20	99,0	130,0	99,69	9,6667	10,31	9,7
4,40	55,0	200,0	55,69	2,3333	23,87	4,19
4,60	87,0	122,0	87,69	2,2	39,86	2,51
4,80	97,0	130,0	97,69	2,6	37,57	2,66
5,00	98,0	137,0	98,69	2,4	41,12	2,43
5,20	118,0	154,0	118,828	2,0	59,41	1,68
5,40	90,0	120,0	90,828	0,5333	170,31	0,59
5,60	70,0	78,0	70,828	2,2667	31,25	3,2
5,80	114,0	148,0	114,828	3,0	38,28	2,61
6,00	170,0	215,0	170,828	5,0	34,17	2,93
6,20	75,0	150,0	75,966	2,4	31,65	3,16
6,40	124,0	160,0	124,966	9,4667	13,2	7,58
6,60	88,0	230,0	88,966	4,0	22,24	4,5
6,80	70,0	130,0	70,966	3,6	19,71	5,07
7,00	200,0	254,0	200,966	3,0667	65,53	1,53
7,20	174,0	220,0	175,104	0,4	437,76	0,23
7,40	294,0	300,0	295,104	6,9333	42,56	2,35
7,60	26,0	130,0	27,104	0,6	45,17	2,21
7,80	25,0	34,0	26,104	0,6667	39,15	2,55
8,00	30,0	40,0	31,104	0,8	38,88	2,57
8,20	33,0	45,0	34,242	1,6	21,4	4,67
8,40	34,0	58,0	35,242	1,4667	24,03	4,16
8,60	40,0	62,0	41,242	1,8667	22,09	4,53
8,80	31,0	59,0	32,242	1,3333	24,18	4,14
9,00	25,0	45,0	26,242	1,2	21,87	4,57
9,20	20,0	38,0	21,38	0,4	53,45	1,87
9,40	22,0	28,0	23,38	0,8	29,23	3,42
9,60	31,0	43,0	32,38	1,0	32,38	3,09
9,80	40,0	55,0	41,38	1,9333	21,4	4,67
10,00	39,0	68,0	40,38	1,6667	24,23	4,13
10,20	41,0	66,0	42,518	1,5333	27,73	3,61
10,40	50,0	73,0	51,518	3,3333	15,46	6,47
10,60	250,0	300,0	251,518	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,40	0,0	0,2667	0,0		Stima non eseguibile
0,60	22,138	1,0	1,99	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
1,00	7,638	0,7	1,8	Coesivo	Argille organiche e terreni misti
1,20	18,276	0,2	1,8	Incoerente	Sabbie Sciolte
1,40	12,276	2,0	1,89	Coesivo	Argille organiche e terreni misti
1,80	190,276	2,8334	2,0	Incoerente	Sabbie addensate o cementate
2,00	90,276	2,2667	2,23	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
2,20	75,414	0,6667	1,9	Incoerente	Sabbie
3,20	231,4416	2,8666	2,0	Incoerente	Sabbie addensate o cementate
3,40	120,552	2,6667	2,27	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
4,00	157,2187	2,6889	2,0	Incoerente	Sabbie addensate o cementate
4,20	99,69	9,6667	2,24	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
4,40	55,69	2,3333	2,14	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
5,00	94,69	2,4	2,23	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
5,20	118,828	2,0	2,0	Incoerente	Sabbie addensate o cementate
5,40	90,828	0,5333	1,9	Incoerente	Sabbie
6,20	108,1125	3,1667	2,24	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
6,80	94,966	5,6889	2,23	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
7,20	188,035	1,7334	2,0	Incoerente	Sabbie addensate o cementate
8,00	94,854	2,25	2,13	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
9,00	33,842	1,4933	2,06	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
9,20	21,38	0,4	1,9	Incoerente	Sabbie
9,40	23,38	0,8	1,99	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
9,60	32,38	1,0	2,05	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
10,20	41,426	1,7111	2,09	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
10,40	51,518	3,3333	2,13	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta



## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	0,60	22,138	1,0	0,02	0,02	Lunne, Robertson and Powell 1977	1,16
Strato 3	1,00	7,638	0,7	0,08	0,08	Lunne, Robertson and Powell 1977	0,4
Strato 5	1,40	12,276	2,0	0,17	0,17	Lunne, Robertson and Powell 1977	0,64
Strato 7	2,00	90,276	2,2667	0,29	0,23	Lunne, Robertson and Powell 1977	4,74
Strato 10	3,40	120,552	2,6667	0,57	0,37	Lunne, Robertson and Powell 1977	6,31
Strato 12	4,20	99,69	9,6667	0,74	0,46	Lunne, Robertson and Powell 1977	5,21
Strato 13	4,40	55,69	2,3333	0,78	0,48	Lunne, Robertson and Powell 1977	2,89
Strato 14	5,00	94,69	2,4	0,87	0,53	Lunne, Robertson and Powell 1977	4,94
Strato 17	6,20	108,1125	3,1667	1,1	0,65	Lunne, Robertson and Powell 1977	5,63
Strato 18	6,80	94,966	5,6889	1,26	0,74	Lunne, Robertson and Powell 1977	4,93
Strato 20	8,00	94,854	2,25	1,49	0,86	Lunne, Robertson and Powell 1977	4,91
Strato 21	9,00	33,842	1,4933	1,68	0,96	Lunne, Robertson and Powell 1977	1,69
Strato 23	9,40	23,38	0,8	1,84	1,04	Lunne, Robertson and Powell 1977	1,13
Strato 24	9,60	32,38	1,0	1,88	1,06	Lunne, Robertson and Powell 1977	1,61
Strato 25	10,20	41,426	1,7111	1,96	1,1	Lunne, Robertson and Powell 1977	2,08
Strato 26	10,40	51,518	3,3333	2,05	1,15	Lunne, Robertson and Powell 1977	2,6

**Modulo Edometrico**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	0,60	22,138	1,0	0,02	0,02	Metodo generale del modulo Edometrico	44,28
Strato 3	1,00	7,638	0,7	0,08	0,08	Metodo generale del modulo Edometrico	37,33
Strato 5	1,40	12,276	2,0	0,17	0,17	Metodo generale del modulo Edometrico	47,15
Strato 7	2,00	90,276	2,2667	0,29	0,23	Metodo generale del modulo Edometrico	180,55
Strato 10	3,40	120,552	2,6667	0,57	0,37	Metodo generale del modulo Edometrico	241,1
Strato 12	4,20	99,69	9,6667	0,74	0,46	Metodo generale del modulo Edometrico	199,38
Strato 13	4,40	55,69	2,3333	0,78	0,48	Metodo generale del modulo Edometrico	111,38
Strato 14	5,00	94,69	2,4	0,87	0,53	Metodo generale del modulo Edometrico	189,38
Strato 17	6,20	108,1125	3,1667	1,1	0,65	Metodo generale del modulo Edometrico	216,22
Strato 18	6,80	94,966	5,6889	1,26	0,74	Metodo generale del modulo Edometrico	189,93
Strato 20	8,00	94,854	2,25	1,49	0,86	Metodo generale del modulo Edometrico	189,71
Strato 21	9,00	33,842	1,4933	1,68	0,96	Metodo generale del modulo Edometrico	67,68
Strato 23	9,40	23,38	0,8	1,84	1,04	Metodo generale del modulo Edometrico	46,76
Strato 24	9,60	32,38	1,0	1,88	1,06	Metodo generale del modulo Edometrico	64,76
Strato 25	10,20	41,426	1,7111	1,96	1,1	Metodo	82,85



						generale del modulo Edometrico	
Strato 26	10,40	51,518	3,3333	2,05	1,15	Metodo generale del modulo Edometrico	103,03

#### Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	0,60	22,138	1,0	0,02	0,02	Meyerhof	1,99
Strato 3	1,00	7,638	0,7	0,08	0,08	Meyerhof	1,81
Strato 5	1,40	12,276	2,0	0,17	0,17	Meyerhof	1,89
Strato 7	2,00	90,276	2,2667	0,29	0,23	Meyerhof	2,23
Strato 10	3,40	120,552	2,6667	0,57	0,37	Meyerhof	2,27
Strato 12	4,20	99,69	9,6667	0,74	0,46	Meyerhof	2,24
Strato 13	4,40	55,69	2,3333	0,78	0,48	Meyerhof	2,14
Strato 14	5,00	94,69	2,4	0,87	0,53	Meyerhof	2,23
Strato 17	6,20	108,1125	3,1667	1,1	0,65	Meyerhof	2,26
Strato 18	6,80	94,966	5,6889	1,26	0,74	Meyerhof	2,23
Strato 20	8,00	94,854	2,25	1,49	0,86	Meyerhof	2,23
Strato 21	9,00	33,842	1,4933	1,68	0,96	Meyerhof	2,06
Strato 23	9,40	23,38	0,8	1,84	1,04	Meyerhof	1,99
Strato 24	9,60	32,38	1,0	1,88	1,06	Meyerhof	2,05
Strato 25	10,20	41,426	1,7111	1,96	1,1	Meyerhof	2,09
Strato 26	10,40	51,518	3,3333	2,05	1,15	Meyerhof	2,13

#### Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	0,60	22,138	1,0	0,02	0,02	Meyerhof	2,07
Strato 3	1,00	7,638	0,7	0,08	0,08	Meyerhof	1,89
Strato 5	1,40	12,276	2,0	0,17	0,17	Meyerhof	1,97
Strato 7	2,00	90,276	2,2667	0,29	0,23	Meyerhof	2,31
Strato 10	3,40	120,552	2,6667	0,57	0,37	Meyerhof	2,35
Strato 12	4,20	99,69	9,6667	0,74	0,46	Meyerhof	2,32
Strato 13	4,40	55,69	2,3333	0,78	0,48	Meyerhof	2,22
Strato 14	5,00	94,69	2,4	0,87	0,53	Meyerhof	2,31
Strato 17	6,20	108,1125	3,1667	1,1	0,65	Meyerhof	2,34
Strato 18	6,80	94,966	5,6889	1,26	0,74	Meyerhof	2,31
Strato 20	8,00	94,854	2,25	1,49	0,86	Meyerhof	2,31
Strato 21	9,00	33,842	1,4933	1,68	0,96	Meyerhof	2,14
Strato 23	9,40	23,38	0,8	1,84	1,04	Meyerhof	2,07
Strato 24	9,60	32,38	1,0	1,88	1,06	Meyerhof	2,13
Strato 25	10,20	41,426	1,7111	1,96	1,1	Meyerhof	2,17
Strato 26	10,40	51,518	3,3333	2,05	1,15	Meyerhof	2,21

**TERRENI INCOERENTI**
**Densità relativa**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 4	1,20	18,276	0,2	0,13	0,13	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	46,6
Strato 6	1,80	190,276	2,8334	0,23	0,2	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	100,0
Strato 7	2,00	90,276	2,2667	0,29	0,23	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	84,0
Strato 8	2,20	75,414	0,6667	0,33	0,25	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	77,62
Strato 9	3,20	231,4416	2,8666	0,45	0,31	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	100,0
Strato 10	3,40	120,552	2,6667	0,57	0,37	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	85,3
Strato 11	4,00	157,2187	2,6889	0,65	0,41	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	91,3
Strato 13	4,40	55,69	2,3333	0,78	0,48	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	59,69
Strato 14	5,00	94,69	2,4	0,87	0,53	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	73,41
Strato 15	5,20	118,828	2,0	0,96	0,58	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	78,66
Strato 16	5,40	90,828	0,5333	0,99	0,59	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	70,56
Strato 17	6,20	108,1125	3,1667	1,1	0,65	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	74,17
Strato 18	6,80	94,966	5,6889	1,26	0,74	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	68,72
Strato 19	7,20	188,035	1,7334	1,37	0,8	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	87,08
Strato 20	8,00	94,854	2,25	1,49	0,86	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	66,51
Strato 21	9,00	33,842	1,4933	1,68	0,96	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	35,69
Strato 22	9,20	21,38	0,4	1,8	1,02	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	21,74
Strato 23	9,40	23,38	0,8	1,84	1,04	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	24,02
Strato 24	9,60	32,38	1,0	1,88	1,06	Baldi 1978 - Schmertmann	33,0



						1976	
Strato 25	10,20	41,426	1,7111	1,96	1,1	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	39,44

#### Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 4	1,20	18,276	0,2	0,13	0,13	Meyerhof 1951	25,21
Strato 6	1,80	190,276	2,8334	0,23	0,2	Meyerhof 1951	45,0
Strato 7	2,00	90,276	2,2667	0,29	0,23	Meyerhof 1951	45,0
Strato 8	2,20	75,414	0,6667	0,33	0,25	Meyerhof 1951	45,0
Strato 9	3,20	231,4416	2,8666	0,45	0,31	Meyerhof 1951	45,0
Strato 10	3,40	120,552	2,6667	0,57	0,37	Meyerhof 1951	45,0
Strato 11	4,00	157,2187	2,6889	0,65	0,41	Meyerhof 1951	45,0
Strato 13	4,40	55,69	2,3333	0,78	0,48	Meyerhof 1951	42,0
Strato 14	5,00	94,69	2,4	0,87	0,53	Meyerhof 1951	45,0
Strato 15	5,20	118,828	2,0	0,96	0,58	Meyerhof 1951	45,0
Strato 16	5,40	90,828	0,5333	0,99	0,59	Meyerhof 1951	45,0
Strato 17	6,20	108,1125	3,1667	1,1	0,65	Meyerhof 1951	45,0
Strato 18	6,80	94,966	5,6889	1,26	0,74	Meyerhof 1951	45,0
Strato 19	7,20	188,035	1,7334	1,37	0,8	Meyerhof 1951	45,0
Strato 20	8,00	94,854	2,25	1,49	0,86	Meyerhof 1951	45,0
Strato 21	9,00	33,842	1,4933	1,68	0,96	Meyerhof 1951	32,2
Strato 22	9,20	21,38	0,4	1,8	1,02	Meyerhof 1951	26,6
Strato 23	9,40	23,38	0,8	1,84	1,04	Meyerhof 1951	27,5
Strato 24	9,60	32,38	1,0	1,88	1,06	Meyerhof 1951	31,54
Strato 25	10,20	41,426	1,7111	1,96	1,1	Meyerhof 1951	35,6

#### Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 4	1,20	18,276	0,2	0,13	0,13	Meyerhof	1,9
Strato 6	1,80	190,276	2,8334	0,23	0,2	Meyerhof	1,9
Strato 7	2,00	90,276	2,2667	0,29	0,23	Meyerhof	1,8
Strato 8	2,20	75,414	0,6667	0,33	0,25	Meyerhof	1,9
Strato 9	3,20	231,4416	2,8666	0,45	0,31	Meyerhof	1,9
Strato 10	3,40	120,552	2,6667	0,57	0,37	Meyerhof	1,8
Strato 11	4,00	157,2187	2,6889	0,65	0,41	Meyerhof	1,8
Strato 13	4,40	55,69	2,3333	0,78	0,48	Meyerhof	1,8
Strato 14	5,00	94,69	2,4	0,87	0,53	Meyerhof	1,8
Strato 15	5,20	118,828	2,0	0,96	0,58	Meyerhof	1,8
Strato 16	5,40	90,828	0,5333	0,99	0,59	Meyerhof	1,9
Strato 17	6,20	108,1125	3,1667	1,1	0,65	Meyerhof	1,8
Strato 18	6,80	94,966	5,6889	1,26	0,74	Meyerhof	1,8
Strato 19	7,20	188,035	1,7334	1,37	0,8	Meyerhof	1,9
Strato 20	8,00	94,854	2,25	1,49	0,86	Meyerhof	1,8
Strato 21	9,00	33,842	1,4933	1,68	0,96	Meyerhof	1,8
Strato 22	9,20	21,38	0,4	1,8	1,02	Meyerhof	1,8
Strato 23	9,40	23,38	0,8	1,84	1,04	Meyerhof	1,8
Strato 24	9,60	32,38	1,0	1,88	1,06	Meyerhof	1,8
Strato 25	10,20	41,426	1,7111	1,96	1,1	Meyerhof	1,8



**Peso unità di volume saturo**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 4	1,20	18,276	0,2	0,13	0,13	Meyerhof	2,2
Strato 6	1,80	190,276	2,8334	0,23	0,2	Meyerhof	2,2
Strato 7	2,00	90,276	2,2667	0,29	0,23	Meyerhof	2,1
Strato 8	2,20	75,414	0,6667	0,33	0,25	Meyerhof	2,2
Strato 9	3,20	231,4416	2,8666	0,45	0,31	Meyerhof	2,2
Strato 10	3,40	120,552	2,6667	0,57	0,37	Meyerhof	2,1
Strato 11	4,00	157,2187	2,6889	0,65	0,41	Meyerhof	2,1
Strato 13	4,40	55,69	2,3333	0,78	0,48	Meyerhof	2,1
Strato 14	5,00	94,69	2,4	0,87	0,53	Meyerhof	2,1
Strato 15	5,20	118,828	2,0	0,96	0,58	Meyerhof	2,1
Strato 16	5,40	90,828	0,5333	0,99	0,59	Meyerhof	2,2
Strato 17	6,20	108,1125	3,1667	1,1	0,65	Meyerhof	2,1
Strato 18	6,80	94,966	5,6889	1,26	0,74	Meyerhof	2,1
Strato 19	7,20	188,035	1,7334	1,37	0,8	Meyerhof	2,2
Strato 20	8,00	94,854	2,25	1,49	0,86	Meyerhof	2,1
Strato 21	9,00	33,842	1,4933	1,68	0,96	Meyerhof	2,1
Strato 22	9,20	21,38	0,4	1,8	1,02	Meyerhof	2,1
Strato 23	9,40	23,38	0,8	1,84	1,04	Meyerhof	2,1
Strato 24	9,60	32,38	1,0	1,88	1,06	Meyerhof	2,1
Strato 25	10,20	41,426	1,7111	1,96	1,1	Meyerhof	2,1

**Liquefazione - Accelerazione sismica massima (g)=0,25**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 4	1,20	18,276	0,2	0,13	0,13	Robertson e Wride 1997	1,351
Strato 6	1,80	190,276	2,8334	0,23	0,2	Robertson e Wride 1997	40,732
Strato 7	2,00	90,276	2,2667	0,29	0,23	Robertson e Wride 1997	14,276
Strato 8	2,20	75,414	0,6667	0,33	0,25	Robertson e Wride 1997	3,523
Strato 9	3,20	231,4416	2,8666	0,45	0,31	Robertson e Wride 1997	46,733
Strato 10	3,40	120,552	2,6667	0,57	0,37	Robertson e Wride 1997	16,647
Strato 11	4,00	157,2187	2,6889	0,65	0,41	Robertson e Wride 1997	21,68
Strato 13	4,40	55,69	2,3333	0,78	0,48	Robertson e Wride 1997	13,369
Strato 14	5,00	94,69	2,4	0,87	0,53	Robertson e Wride 1997	12,456
Strato 15	5,20	118,828	2,0	0,96	0,58	Robertson e Wride 1997	11,428
Strato 16	5,40	90,828	0,5333	0,99	0,59	Robertson e Wride 1997	3,298
Strato 17	6,20	108,1125	3,1667	1,1	0,65	Robertson e Wride 1997	18,767
Strato 18	6,80	94,966	5,6889	1,26	0,74	Robertson e Wride 1997	52,616
Strato 19	7,20	188,035	1,7334	1,37	0,8	Robertson e Wride 1997	20,811
Strato 20	8,00	94,854	2,25	1,49	0,86	Robertson e Wride 1997	11,205
Strato 21	9,00	33,842	1,4933	1,68	0,96	Robertson e Wride 1997	1,678



						Wride 1997	
Strato 22	9,20	21,38	0,4	1,8	1,02	Robertson e Wride 1997	0,353
Strato 23	9,40	23,38	0,8	1,84	1,04	Robertson e Wride 1997	0,469
Strato 24	9,60	32,38	1,0	1,88	1,06	Robertson e Wride 1997	0,798
Strato 25	10,20	41,426	1,7111	1,96	1,1	Robertson e Wride 1997	2,282

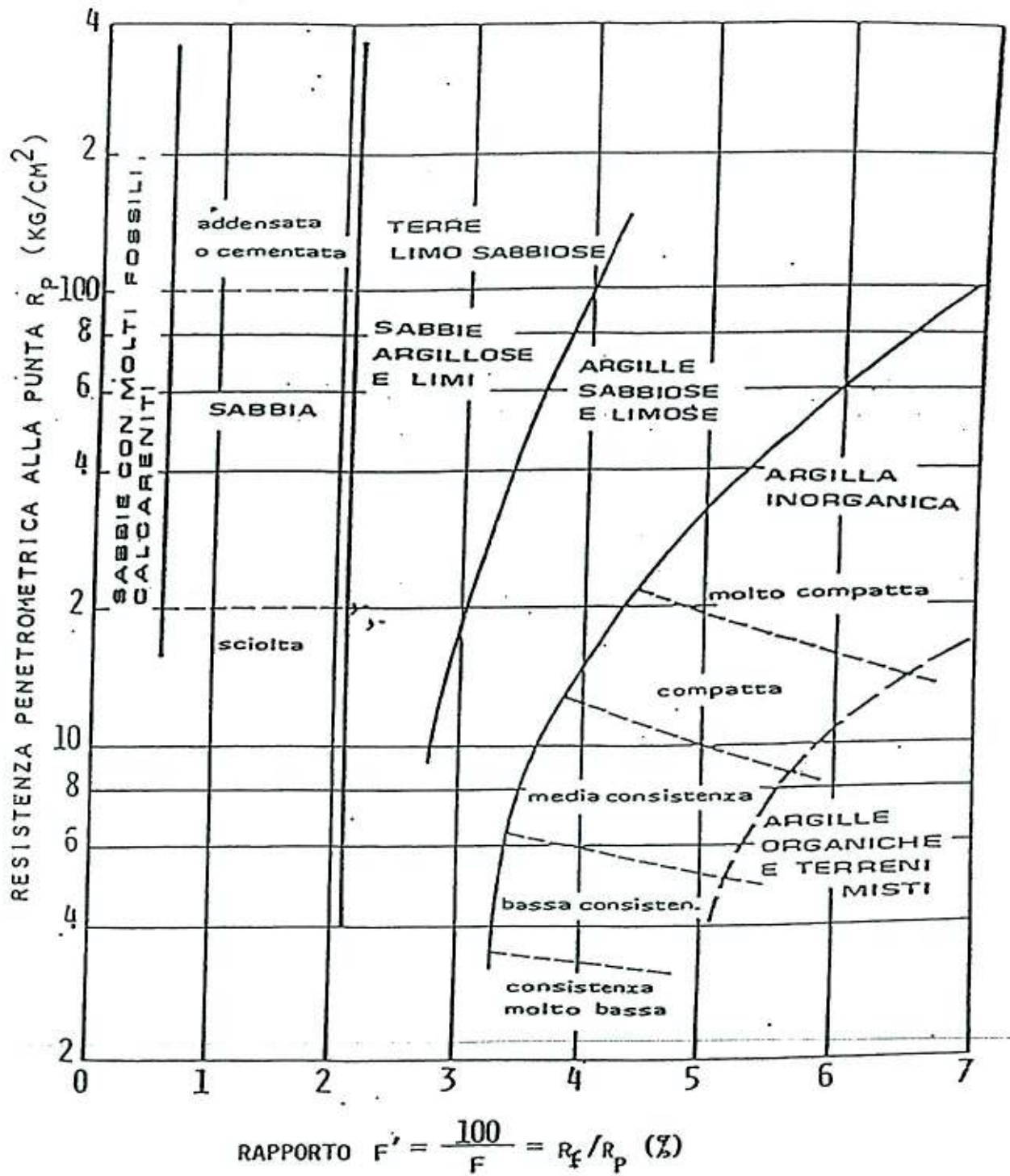
#### Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0,40	0,0	0,2667	0,0	0,0	Piacentini-Righi 1988	*
Strato 2	0,60	22,138	1,0	0,02	0,02	Piacentini-Righi 1988	7,13E-09
Strato 3	1,00	7,638	0,7	0,08	0,08	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 4	1,20	18,276	0,2	0,13	0,13	Piacentini-Righi 1988	1,00E-03
Strato 5	1,40	12,276	2,0	0,17	0,17	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 6	1,80	190,276	2,8334	0,23	0,2	Piacentini-Righi 1988	2,63E-03
Strato 7	2,00	90,276	2,2667	0,29	0,23	Piacentini-Righi 1988	3,12E-05
Strato 8	2,20	75,414	0,6667	0,33	0,25	Piacentini-Righi 1988	1,00E-03
Strato 9	3,20	231,4416	2,8666	0,45	0,31	Piacentini-Righi 1988	7,55E-03
Strato 10	3,40	120,552	2,6667	0,57	0,37	Piacentini-Righi 1988	1,10E-04
Strato 11	4,00	157,2187	2,6889	0,65	0,41	Piacentini-Righi 1988	1,03E-03
Strato 12	4,20	99,69	9,6667	0,74	0,46	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 13	4,40	55,69	2,3333	0,78	0,48	Piacentini-Righi 1988	5,56E-09
Strato 14	5,00	94,69	2,4	0,87	0,53	Piacentini-Righi 1988	2,66E-05
Strato 15	5,20	118,828	2,0	0,96	0,58	Piacentini-Righi 1988	1,27E-03
Strato 16	5,40	90,828	0,5333	0,99	0,59	Piacentini-Righi 1988	1,00E-03
Strato 17	6,20	108,1125	3,1667	1,1	0,65	Piacentini-Righi 1988	2,65E-06
Strato 18	6,80	94,966	5,6889	1,26	0,74	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 19	7,20	188,035	1,7334	1,37	0,8	Piacentini-Righi 1988	1,00E-03
Strato 20	8,00	94,854	2,25	1,49	0,86	Piacentini-Righi 1988	5,94E-05
Strato 21	9,00	33,842	1,4933	1,68	0,96	Piacentini-Righi 1988	5,52E-09
Strato 22	9,20	21,38	0,4	1,8	1,02	Piacentini-Righi 1988	7,63E-04
Strato 23	9,40	23,38	0,8	1,84	1,04	Piacentini-Righi 1988	1,19E-06
Strato 24	9,60	32,38	1,0	1,88	1,06	Piacentini-	4,33E-06

							Righi 1988	
Strato 25	10,20	41,426	1,7111	1,96	1,1		Piacentini- Righi 1988	1,72E-08
Strato 26	10,40	51,518	3,3333	2,05	1,15		Piacentini- Righi 1988	1,00E-11



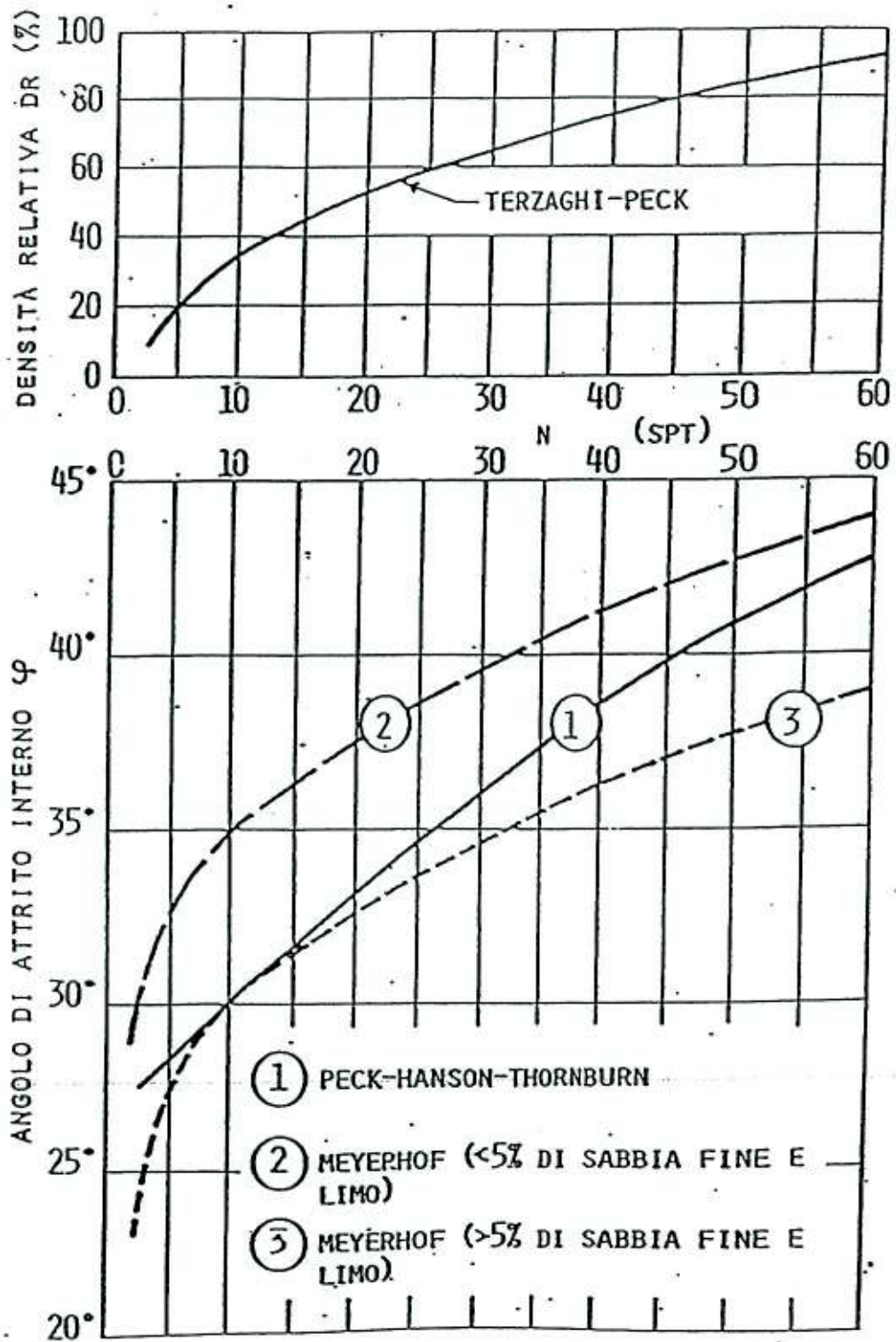
CLASSIFICAZIONE ORIENTATIVA DEI TERRENI IN BASE AI DATI  
PENETROMETRICI STATICI  $R_p$  e  $R_f$  (SCHMERTMANN, 1978)



## STANDARD PENETRATION TEST

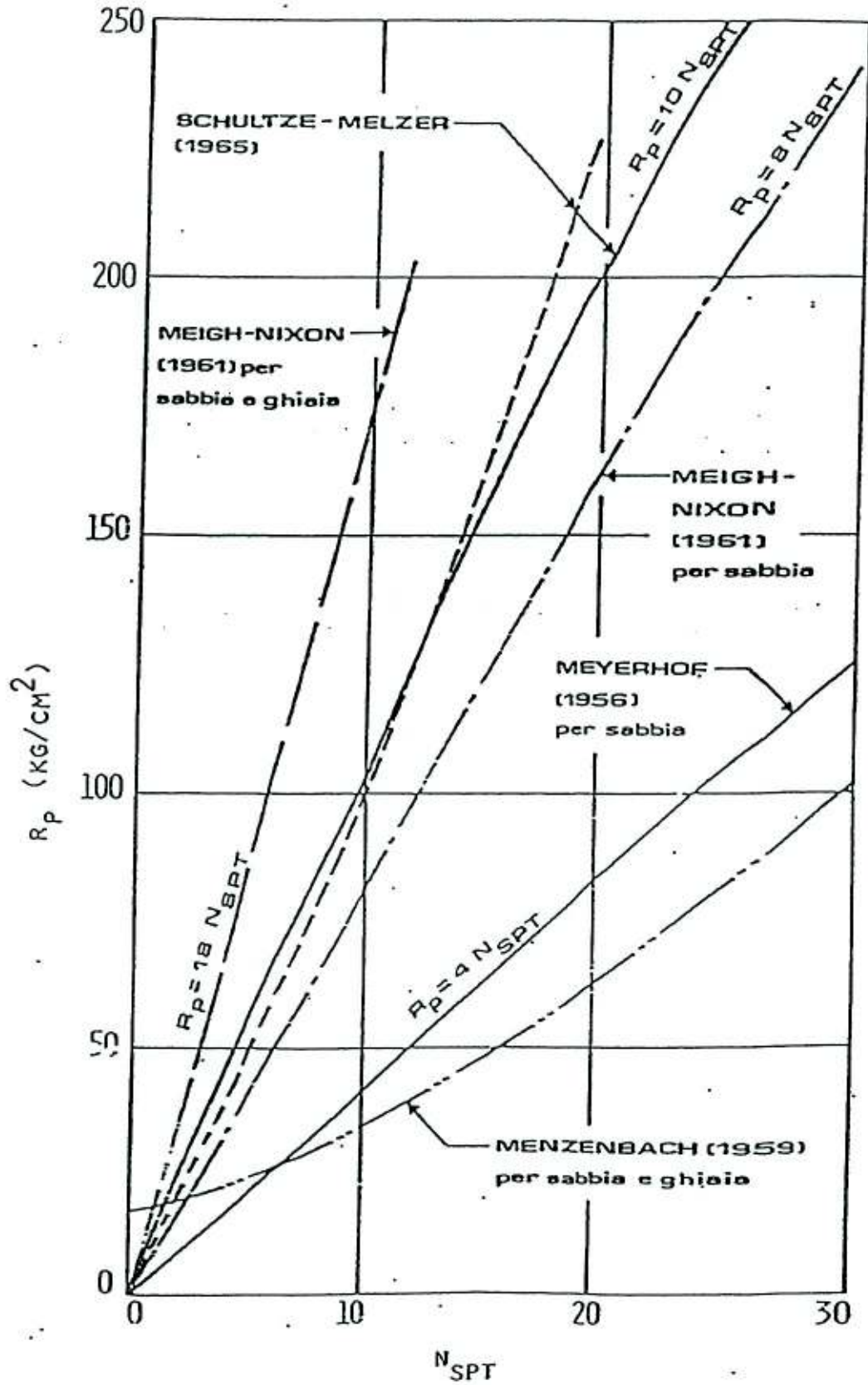
CORRELAZIONE FRA N, DENSITA' RELATIVA E ANGOLO DI  
ATTRITO

(TERRENI SABBIOSI)

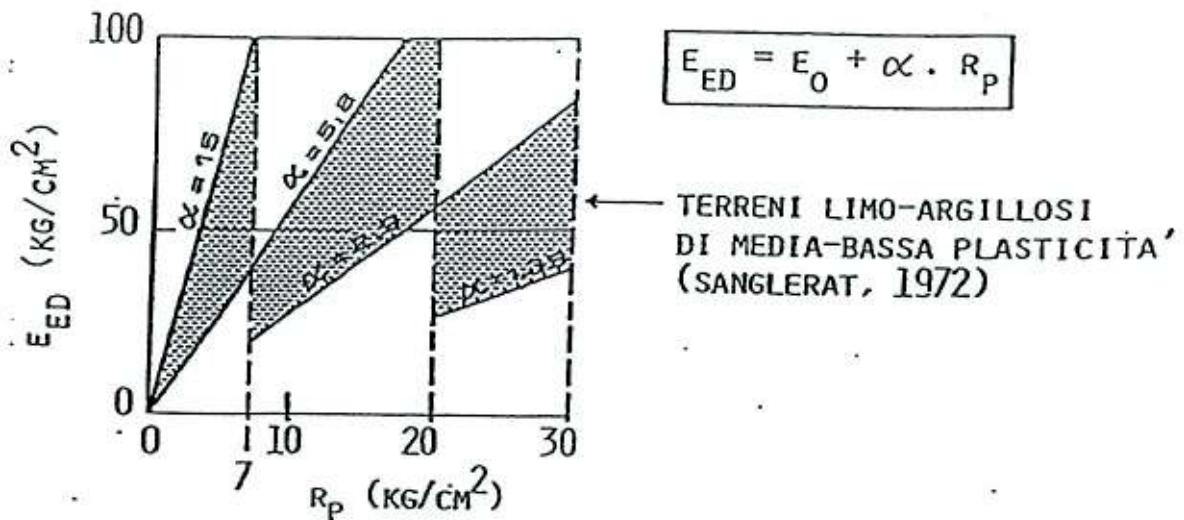
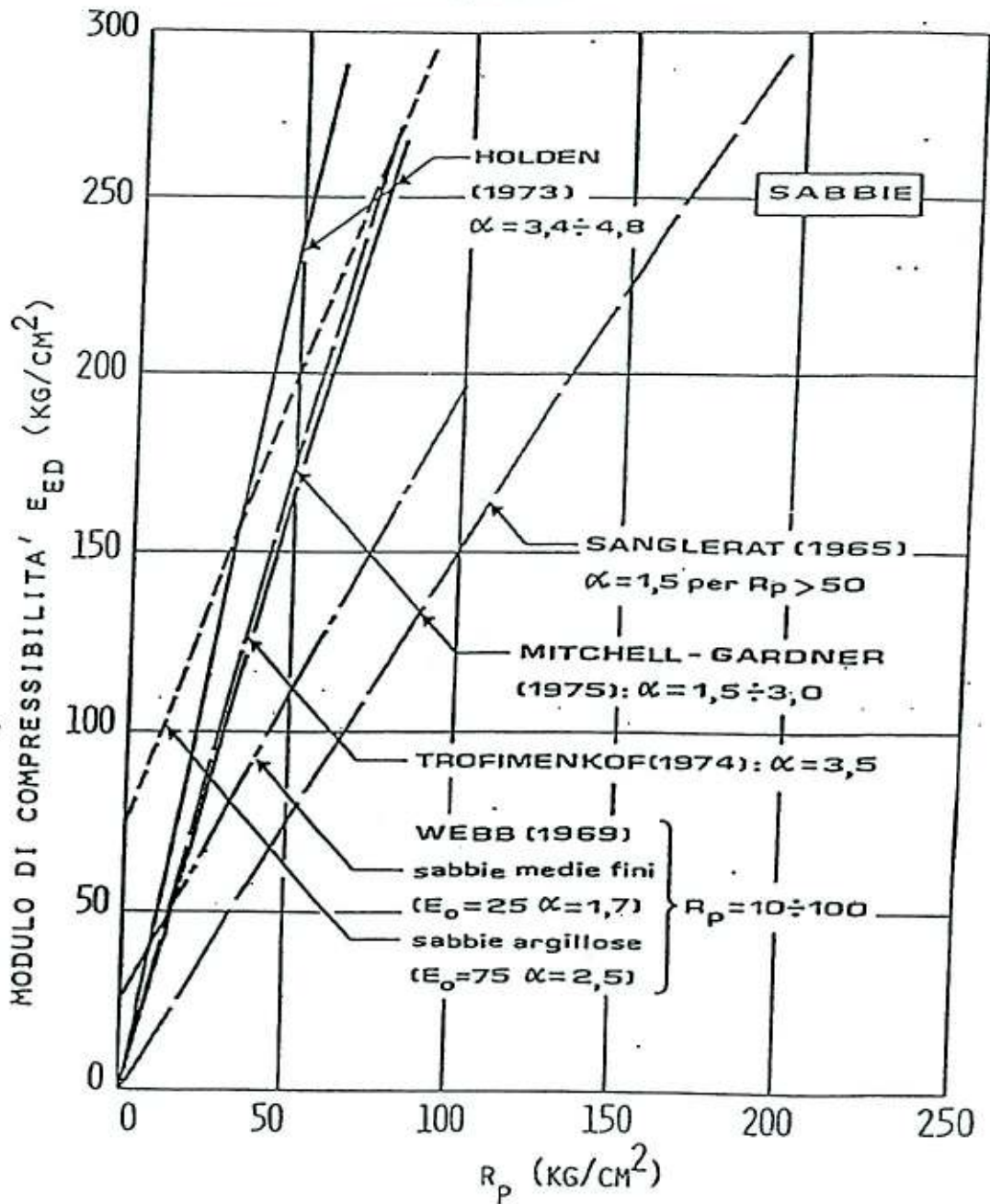




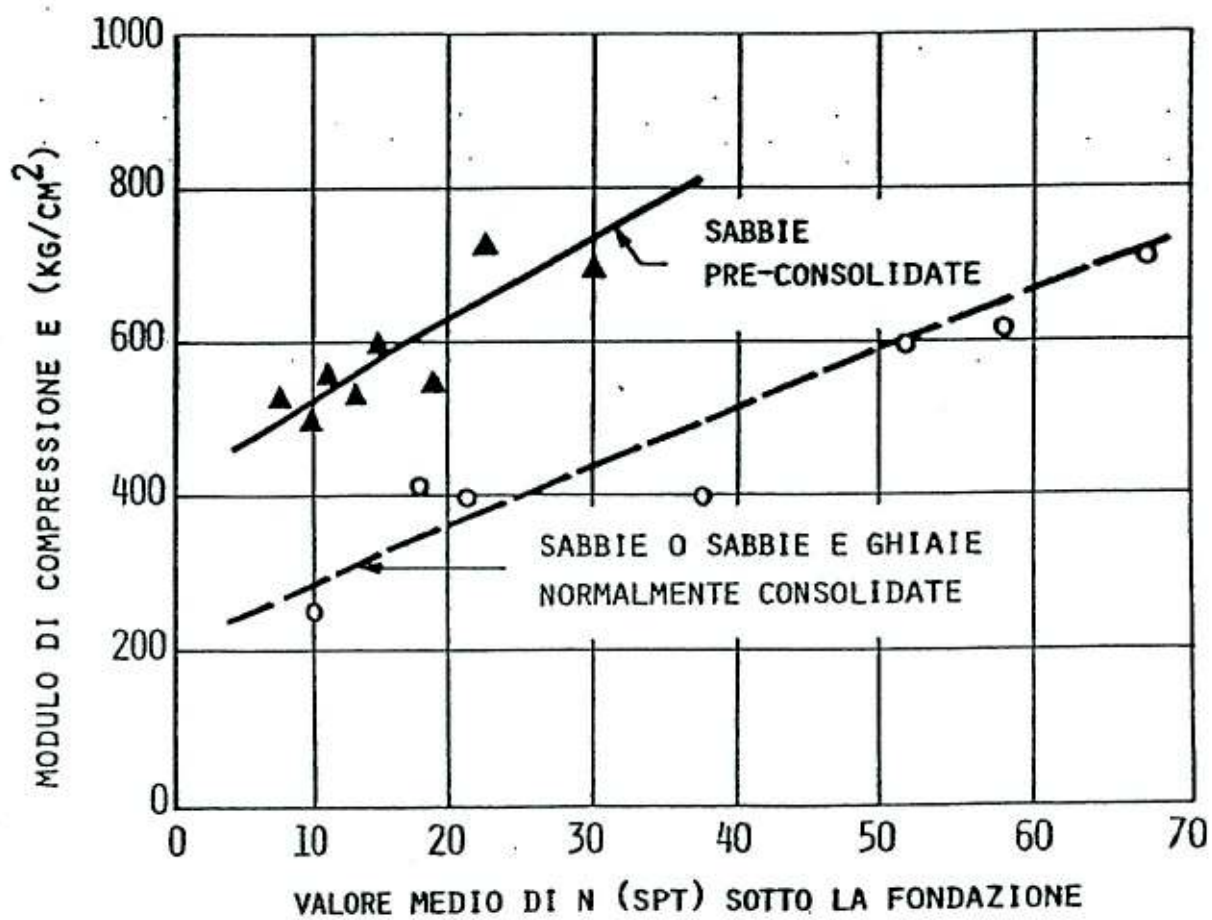
CORRELAZIONE FRA I DATI DELLE PROVE PENETROMETRICHE  
DINAMICHE ( $N_{SPT}$ ) E STATICHE ( $R_p$ )



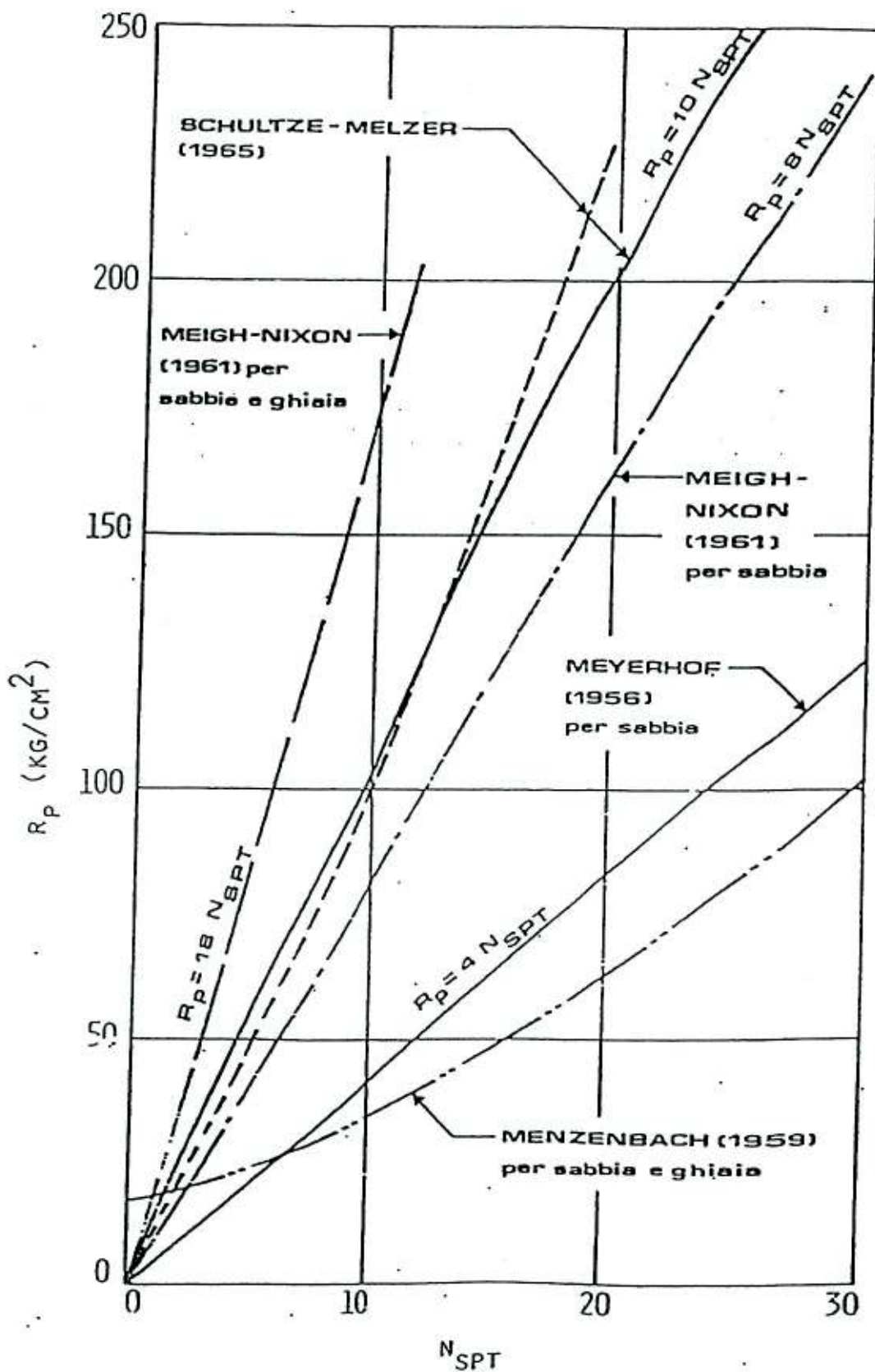
- CORRELAZIONI FRA RESISTENZA PENETROMETRICA STATICA  
E MODULO DI COMPRESSIBILITA'







CORRELAZIONE FRA I DATI DELLE PROVE PENETROMETRICHE  
 DINAMICHE ( $N_{SPT}$ ) E STATICHE ( $R_p$ )





**TECNOSONDAGGI**  
**DI BRUGIAPAGLIA CLAUDIO**  
VIA ABBADIA 39 – OSIMO 60027 – ANCONA  
TEL/FAX 071 781840 – CELL. 335 6686573  
P.I. 01511970426 – WWW.TECNOSONDAGGI.IT

**Vs30 DM 14-01-2008**  
**COSTRUZIONE DI UN EDIFICIO RESIDENZIALE DI N 6**  
**UNITA' IMMOBILIARE**  
**VIA DELLA MARINA - FANO (PU)**

**INDAGINE SISMICA MASW**

***Committente: Scigno s.r.l.***

OSIMO, ottobre 2011

## **1 PREMESSA**

Il giorno 12 ottobre 2011, su committenza della Scigno srl e sotto la direzione tecnica del Dott. Geol. Stefano Boccarossa, si è eseguita un'indagine geofisica mediante una prova MASW per il calcolo del valore Vs30 secondo il DM 14/01/2008.

## **2 INDAGINE EFFETTUATA**

Nel caso in esame si è realizzato uno stendimento con 24 geofoni a passo di 2.0 metri e energizzazione a -5.00 m e a +5.00 m dagli estremi (Geofono 1 e Geofono 24).

La strumentazione utilizzata è costituita da :

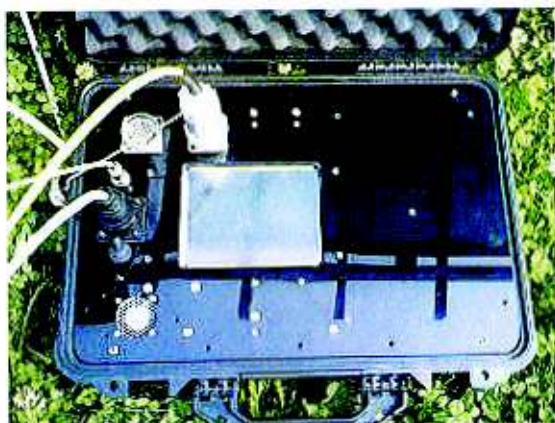
- sismografo EEG BR24 24 canali
- 24 geofoni a 4.5Hz
- mazza da 5 Kg

### 3 CENNI TEORICI SULL'ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.



L'intero processo comprende tre passi successivi: L'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$ .

Per ottenere un profilo  $V_s$  bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

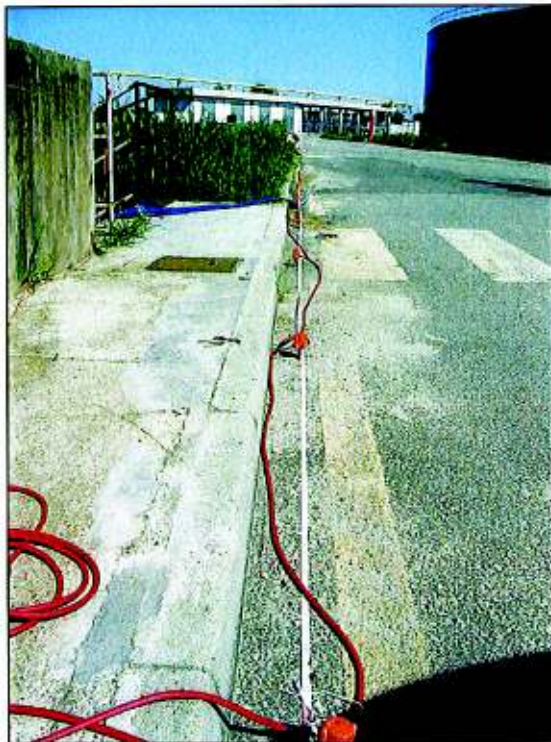
L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Reyleigh,



vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane.

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni).



Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e

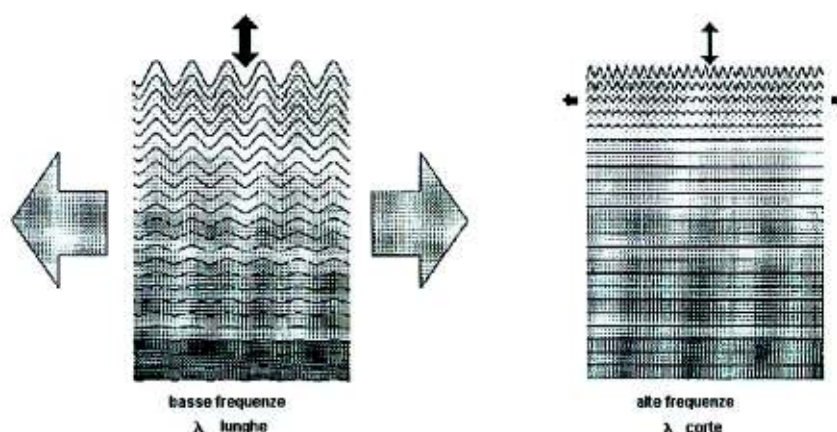
proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza dipendentemente dalla distanza dalla sorgente. La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione. La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il



sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza. La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili ( $x$ ;  $y$ ), il cui legame costituisce la curva di dispersione. E' anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo  $V_s$  di inversione.

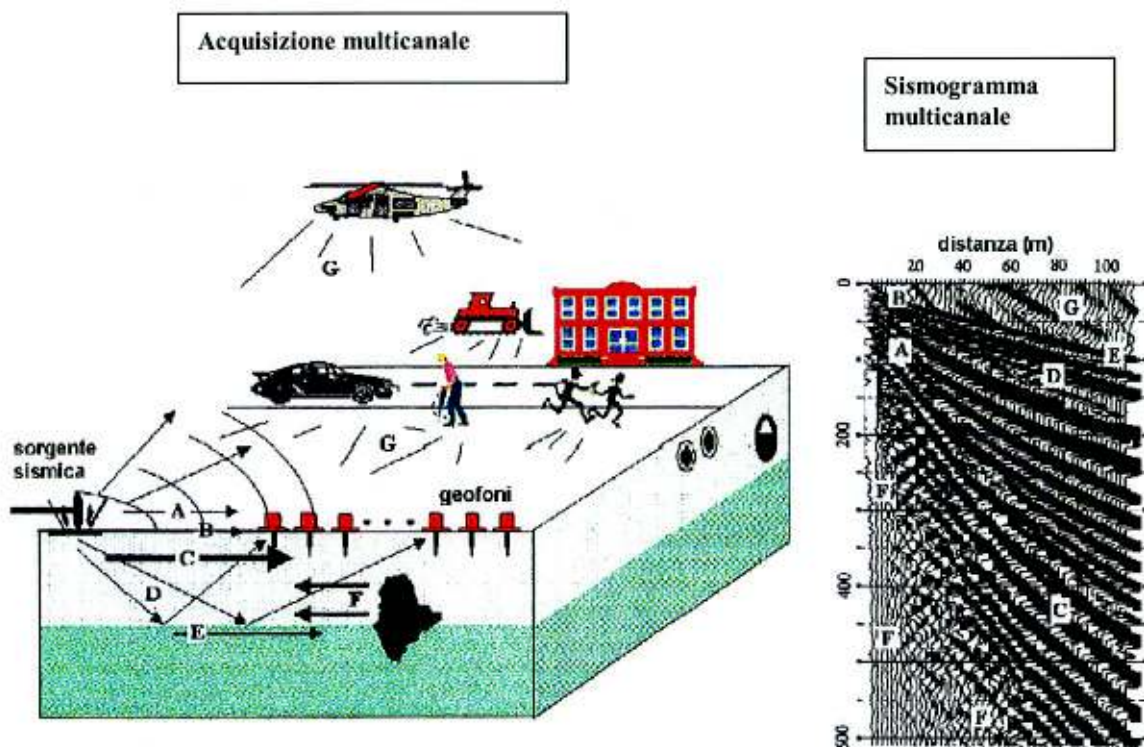
Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Però alcune regole operative per MASW sono incompatibili con l'ottimizzazione della riflessione. Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione. MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a bassa frequenza (<10Hz).



L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste

proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S ( $V_s$ ) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

### VANTAGGI DELLA REGISTRAZIONE MULTICANALE



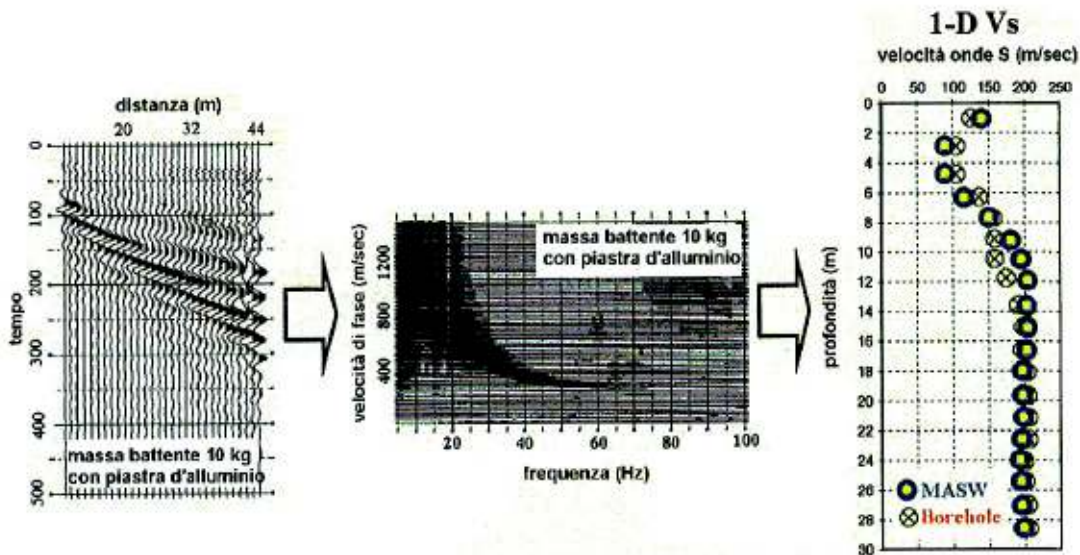
- |                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| A: onde in aria       | E: onde rifratte     |
| B: onde dirette       | F: onde riverberate  |
| C: onde di superficie | G: rumore ambientale |
| D: onde riflesse      |                      |

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipi di onde sismiche. Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio



successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.

### DESCRIZIONE GENERALE DELLA PROCEDURA MASW



La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- 1- acquisizione dei dati di campo;
- 2- estrazione della curva di dispersione;
- 3- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità

## 4 RISULTATI

In ALLEGATO sono riportati i risultati delle prove MASW.

Nel riquadro in alto a sinistra è riportata l'immagine di dispersione dell'energia sismica. Al di sotto è riportata l'estrazione della curva di dispersione eseguita sull'immagine precedente.

Ancora sotto sono riportati i grafici relativi al modello del terreno, sia sotto forma di stratificazione  $V_s$  (spezzata di colore blu) che di Modulo di Taglio (spezzata verde). Per il calcolo del modulo di taglio è stata usata una formula approssimata per la valutazione della densità, non nota. La formula utilizzata è la seguente:

$$\text{Densità} = 1,5 + V_s/1000$$

Poiché il valore del modulo di taglio  $G$  in MegaPascal si ottiene dalla formula

$$G = V_s \times V_s \times \text{Densità} / 10^3$$

è facile ricalcolare il modulo  $G$  esatto quando si disponesse di valori più precisi di densità. Con una curva di colore rosso è stato tracciato il valore di  $V_s$  progressiva.

A destra è visibile il sismogramma mentre in basso è riportato il valore del parametro  $V_{s30}$  calcolato utilizzando la stratigrafia  $V_s$  e la formula

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

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato  $i$  – esimo, per un total e di  $N$  strati presenti nei 30 m superiori.



Il sito verrà classificato sulla base del valore di  $V_{s30}$  come riportato nella seguente tabella:

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di <math>V_{s30}</math> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Roce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s30}</math> compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero <math>N_{SPT,30} &gt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{v,30} &gt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s30}</math> compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero <math>15 &lt; N_{SPT,30} &lt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>70 &lt; c_{v,30} &lt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s30}</math> inferiori a 180 m/s (ovvero <math>N_{SPT,30} &lt; 15</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{v,30} &lt; 70</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con <math>V_s &gt; 800</math> m/s).</i>

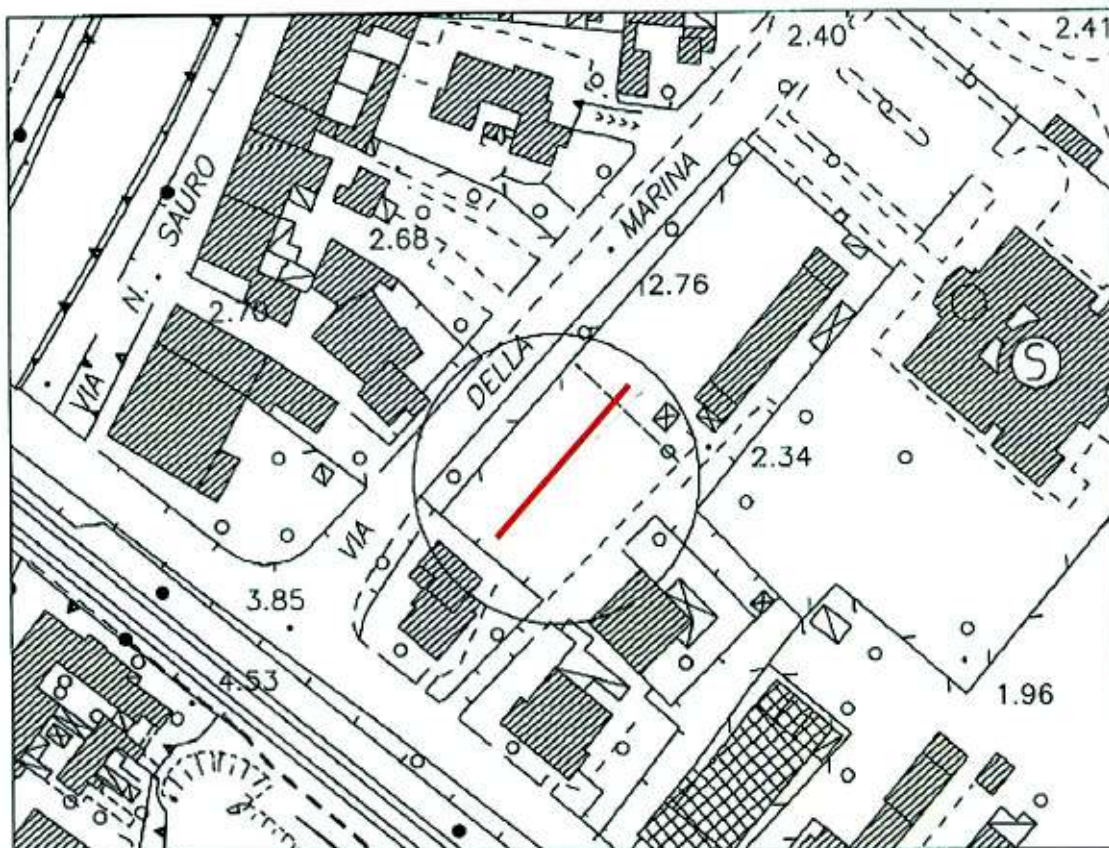
Oltre a queste sono riconosciute ulteriori due categorie di suolo:

- S1 – Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $IP > 40$ ) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di  $VS30 < 100$  m/s ( $10 < c_u < 20$  kPa).
- S2 – Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

La velocità calcolata è:

$$V_{s30} = 306 \text{ m/sec}$$

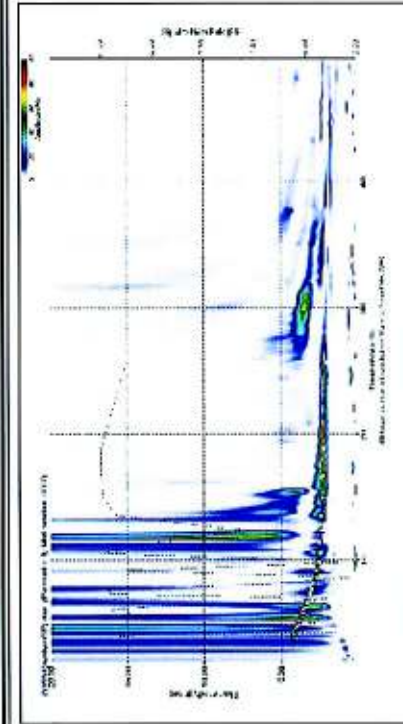
# PLANIMETRIA








 Stendimento MASW



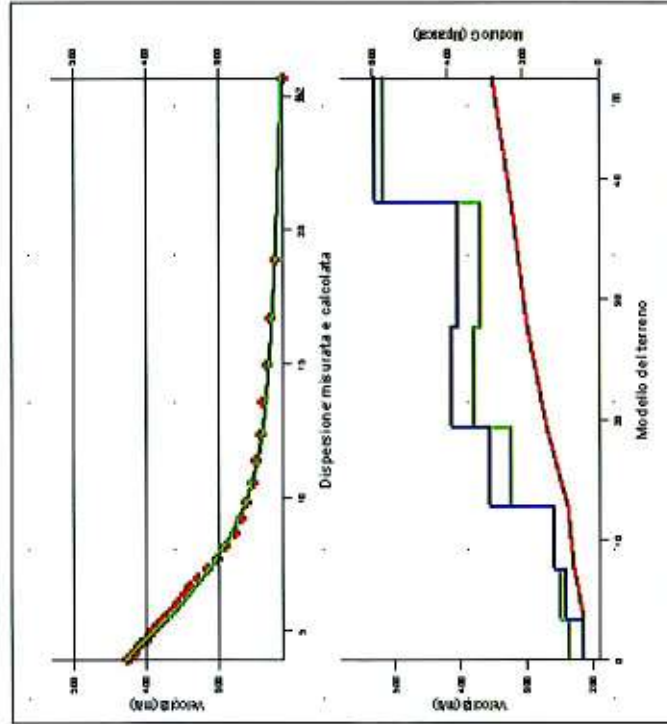
# INTERPRETAZIONE PROVA



## LEGENDA

-  Curva di dispersione misurata
-  Curva di dispersione calcolata
-  Velocità sismica delle onde S
-  Modulo di taglio (Mbarsari)
-   $V_{s30}$

Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo è il parametro  $\rho$  e il diametro  $\rho_{lim} = 1.5 \cdot V_{s30}/1000$



## TABELLA DI CALCOLO

SS Prof.	Prof. (m)	$V_s$	SSM	$V_{s30}$	G
0	3.4	213	0.159	213	78
3.4	7.6	241	0.176	228	101
7.6	12.9	268	0.205	239	117
12.9	19.5	305	0.186	239	234
19.5	27.8	414	0.2	300	328
27.8	38.1	434	0.235	323	311
38.1	48.4	531	0.194	362	573

VALORE CALCOLATO  $V_{s30} = 306$  m/s

<b>PROVA SISMICA VS30</b>	
Via della marina - F ano	
Scrigno srl	
Metodologia MASW	
<b>VELOCITA' DELLE ONDE S PROVA 03594</b>	
All. 2/a	Octobre 2011
EEG s.p.a. via ...	