

# COMUNE DI PONSACCO

PROVINCIA DI PISA



**Studio geologico-tecnico di fattibilità di supporto al Piano di Lottizzazione  
(PA10) denominato "Borgo Sommicchieri" posto in località Contrada  
Sommicchieri, nel comune di Ponsacco**

*(L.R. 1/2005 e D.P.G.R. Toscana n° 53R del 25.10.2011)*

Committente: Sig.ra Agostini Annamaria ed altri

Progettisti: Arch. Fabrizio Bracci,

Arch.ti Rossana Sordi e Stefano Chiarugi

Studio Metaprogetto Uno

Il tecnico incaricato delle indagini geologiche: dott. geol. Antonio Esposito

Agosto 2013

AssoGeo - Studio di Geologia

Via dei Mille, 50 - 56038 Ponsacco (PI) Tel/fax: 0587 736105 - E-mail: info@studioassogeo.it

## Indice

Premessa.....	4
Caratteristiche dell'intervento.....	5
Quadro normativo di riferimento.....	5
Inquadramento geomorfologico-idraulico dell'area in studio .....	8
Morfologia .....	8
Geologia.....	9
Assetto idrogeologico .....	9
Inquadramento idrogeologico e litotecnico .....	10
Cartografia idrogeologica.....	10
Cartografia litologico-tecnica.....	11
Caratterizzazione geotecnica del terreno.....	11
Definizione della tipologia di suolo di fondazione ai sensi del OPCM 3.274/2003 e D.M. 14.01.2008.....	14
Individuazione delle classi di pericolosità geologica, idraulica e sismica ai sensi del D.P.G.R. 53R del 25.10.2011 .....	15
Pericolosità geologica (limitatamente all'area in studio) .....	15
Pericolosità idraulica (limitatamente all'area in studio) .....	16
Pericolosità sismica (limitatamente all'area in studio).....	16
Fattibilità dell'intervento e considerazioni conclusive .....	17

## Tavola 1

- Corografia (scala 1:10.000)
- Inquadramento geologico e geomorfologico (scala 1:5.000)
- Estratto P.S. comunale vigente
  - Carta idrogeologica (scala 1:5.000)
  - Carta litotecnica e dei dati di base (scala 1:5.000)
- Planimetria catastale (scala 1:4.000)
- Estratto R.U. comunale vigente
  - Carta della pericolosità geomorfologica (scala 1:5.000)
  - Carta della pericolosità sismica (scala 1:5.000)

- Carta della pericolosità idraulica (scala 1:5.000)
- Estratto P.T.C. Provincia di Pisa
  - Carta della pericolosità geomorfologica (scala 1:5.000)
  - Carta della pericolosità idraulica (scala 1:5.000)
- Estratto PAI Autorità di Bacino fiume Arno
  - carta della pericolosità idraulica (scala 1:5.000)

## **Tavola 2**

- Distribuzione dei lotti e delle infrastrutture previste nel PdL (scala 1:4.000)
- Carte delle pericolosità ai sensi del D.P.G.R. Toscana 53R del 2011
  - carta della pericolosità geologica (scala 1:4.000)
  - carta della pericolosità idraulica (scala 1:4.000)
  - carta della pericolosità sismica locale (scala 1:4.000)
- Carte delle fattibilità ai sensi del D.P.G.R. Toscana 53R del 2011
  - carta della fattibilità geologica (scala 1:4.000)
  - carta della fattibilità idraulica (scala 1:4.000)
  - carta della fattibilità sismica (scala 1:4.000)

## **Allegati**

- *Logs* prove penetrometriche analizzate ed indagine sismica (metodo MASW)
- Sezione stratigrafica interpretativa lungo la traccia A-A'
- Scheda Norma del Comparto PA10
- Nota del dott. geol. Massimo Baglione della Regione Toscana, datata 13.12.2011, in seguito ad un quesito posto dallo scrivente.

## Premessa

Su incarico degli studi professionali Studio Architetto Fabrizio Bracci, Studio Architetti Rossana Sordi e Stefano Chiarugi e Studio Mataprogetto Uno dei Geometri Nino Caroti e Stefano Bandinelli di Ponsacco (PI) e per conto dei signori:

- 1) Agostini Annamaria, Elisabetta, Fabio, Grazia, Laura, Paola, Stefania, Ducci Alberto
- 2) Barsotti Giuliano, Lorenzo, Maria Natalizia, Nicolas
- 3) F.Lli Bellucci Renato e Renata Eredi di Dolfi Giovanna
- 4) Dolfi Brunero, Franca, Rosetta
- 5) Effegi Team Srl, Venerabile Università dei Cappellani Primaziale di Pisa
- 6) Ferretti Costruzioni Srl
- 7) Fiorentini Ida
- 8) Eredi Fiorentini Renzo
- 9) Marinai Gianfranco
- 10) Notari Maurizio, Caroti Laura, Bendinelli Stefano, Giusti Fabiano
- 11a) Pugi Mariella
- 11b) Pugi Pietro
- 12) Tedeschi Sereno
- 13) Comune di Ponsacco

è stato condotto uno studio geologico finalizzato alla valutazione della fattibilità geologica alla attuazione di un **Piano di Lottizzazione** (PA10), interno all'U.T.O.E. n°4 - Ponsacco, posto in località Contrada Sommicchieri - Via Rospicciano, in un contesto agricolo prossimo ad aree urbanizzate in espansione.

Lo scopo del presente studio è quello di valutare l'assetto geologico, sismico ed idrologico-idraulico dell'area, in relazione alle litologie ed ai corsi d'acqua che insistono sul territorio prossimo all'area di progetto e di fornire delle indicazioni per la redazione degli studi geologici e geotecnici di supporto alla fase esecutiva.

La proposta di **Piano di Lottizzazione** è sviluppato dagli Architetti Fabrizio Bracci, Rossana Sordi e Stefano Chiarugi e dai Geometri Nino Caroti e Stefano Bendinelli, di Ponsacco (PI), ai quali si rimanda per maggiori dettagli.

## **Caratteristiche dell'intervento**

L'area oggetto di intervento è individuata nella carta planimetrica catastale del Comune di Ponsacco, nell'estratto Foglio 11, particelle 85, 86, 99, 100, 102, 103, 128, 136, 208, 210, 211, 219, 298, 519, 522, 601, 742, 879, 1030, 1095, 1096, 1134, 1240, 1242, 1262, 1293 e 1297.

La zona di intervento è classificata urbanisticamente come "Ambito di espansione residenziale" nel "sub-sistema dell'edificato di recente formazione - ambito 2b: aree di espansione di nuova previsione" e risulta compresa nell' U.T.O.E. n° 4 - Ponsacco.

L'area presenta una superficie complessiva di circa 53.000 mq con una potenzialità edificatoria di pari metri cubi, in parte a destinazione d'uso residenziale (la maggioranza) ed in parte commerciale. Internamente all'area è anche prevista la realizzazione della caserma dell'Arma dei Carabinieri.

Il progetto proposto prevede la suddivisione dell'area in 25 lotti + area destinata alla caserma + parcheggi/piazza/strade/aree a verde pubblico.

L'intera area di lottizzazione sarà presidiata sul confine nord-ovest dalla viabilità principale che avrà il compito sia di collegare Via Rospicciano/Via Caduti di Nassiryra con Via Mameli/Via Fossa Nuova, queste ultime poste nel settore sud occidentale del territorio comunale, sia di collegare i vari comparti individuati.

La viabilità principale presenterà uno sviluppo di circa 650 metri e sarà limitata su entrambe i lati da un canale per il recupero e lo smaltimento delle acque meteoriche. Sulla base delle pendenze del p.c. esse verranno allontanate in parte verso la Fossa Nuova ed in parte verso il Rio Pozzale, quest'ultimo posto a nord dell'area di intervento.

Nella proposta di lottizzazione presentata il settore a destinazione d'uso commerciale è posizionato nella porzione settentrionale dell'area, mentre i lotti destinati al residenziale sono distribuiti lungo l'intero sviluppo longitudinale dell'area. La Caserma dell'Arma dei Carabinieri è stata posizionata nel settore meridionale del comparto.

## **Quadro normativo di riferimento**

Il presente lavoro è stato effettuato ai sensi della normativa nazionale, regionale e comunale vigente in materia di progettazione.

In particolare:

- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3.274 del 20/03/2003** – *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica;*
- **Legge Regionale Toscana n° 1/2005** - *Norme per il governo del territorio;*
- **Legge Regionale Toscana n° 21 del 21.05.2012** – *Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua;*
- **Decreto Presidente della Giunta Regionale Toscana n° 53R del 02.12.2011** - *Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche;*
- **Piano Strutturale e Regolamento Urbanistico del comune di Ponsacco;**
- **Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del Fiume Arno**, approvato dall'Autorità di Bacino – Fiume Arno in data 11.11.2004.

Ai sensi del D.C.R. 94/85 il comune di Ponsacco è classificato come sismico di classe 3. Precedentemente il D.M. 19.03.1982 lo aveva incluso nell'elenco dei comuni sismici della provincia di Pisa con grado sismicità pari a 9.

L'Ord. del Pres. Cons. dei Min. n° 3.274 del 20 marzo 2003 ha modificato ed in parte integrato tale elenco dei comuni sismici, indicando per il comune di Ponsacco una zonazione sismica di classe 3s, corrispondente ad un valore di  $a_g = 0,25 g$ .

La Regione Toscana con la **Del.G.R.** n° 878 del 08.10.2012 ha approvato la nuova classificazione sismica di tutto il territorio regionale: in seguito all'entrata in vigore delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008), che impongono un approccio maggiormente sito-dipendente nella valutazione del grado di sismicità locale, il comune di Ponsacco è stato inserito in zona sismica classe 3, maggiormente cautelativa rispetto a quella precedente.

L'analisi del **Regolamento Urbanistico comunale** (anno 2008) ha evidenziato che l'area in esame ricade in classe di pericolosità geomorfologica G.2 (*pericolosità media*), essendo ubicata internamente ad "aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto". La carta della pericolosità idraulica inserisce il settore centrale e sud occidentale dell'area in classe di pericolosità I.2 (*pericolosità media*), in quanto interessata "da allagamenti con tempi di ricorrenza compresi tra i 200 ed i 500 anni", mentre parte del settore nord orientale in classe di pericolosità I.3 (*pericolosità elevata*), in quanto interessata "da allagamenti con tempi di ricorrenza compresi tra i 30 ed i 200 anni".

La cartografia relativa alla pericolosità sismica locale evidenzia che l'area è caratterizzata dalla "presenza di depositi alluvionali e depositi del ciclo stratigrafico plio-pleistocenico (complesso neoautoctono)" con, in caso di sisma, "possibile amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta alla differenza di risposta sismica tra substrato e copertura". Per tale motivo è stata inserita in classe di pericolosità sismica S.3 (pericolosità sismica elevata).

L'analisi della cartografia allegata allo studio idrologico - idraulico del **Regolamento Urbanistico** comunale (anno 2008) a firma dell'Ing. Croce di Ghezzano (PI), ha evidenziato che l'area in studio è soggetta ad inondazione per tempi di ritorno (Tr) pari a 200 anni, con un battente idraulico variabile tra 0,00 e 0,10 metri.

Il grado di pericolosità individuato nel **R.U.** comunale è stato confrontato con la cartografia tecnica riportata nel **Piano Territoriale di Coordinamento** della **Provincia di Pisa**. Per quanto riguarda la pericolosità geomorfologica l'area è classificata in pericolosità 2 (pericolosità bassa), mentre per quella idraulica l'area è interna alla classe di pericolosità 3b (pericolosità media).

L'area in studio è stata sottoposta ad indagine per la stesura del **Piano** stralcio per l'**Assetto Idrogeologico (PAI)** del Fiume Arno, adottato dall' "Autorità di Bacino - Fiume Arno" in data 01.08.2002 e pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale *serie generale* - n. 238 del 10 ottobre 2002. Dall'analisi della cartografia allegata al Piano in scala di dettaglio 1:10.000, aggiornata al 19.06.2013, è emerso che la porzione nord orientale dell'area è interna alla fascia a pericolosità P.I.2 (pericolosità media), ovvero interna ad "aree inondabili per eventi con tempo di ritorno  $30 < TR \leq 100$  anni e con battente  $h < 30$  cm e aree inondabili con tempo di ritorno  $100 < TR \leq 200$ ", mentre quella centrale e sud occidentale presenta una pericolosità P.I.2 (pericolosità moderata), ovvero interna ad "aree inondabili per eventi con tempo di ritorno  $200 < TR \leq 500$  anni".

Il comune di Ponsacco in sede di **Regolamento Urbanistico** (anno 2008), ha attribuito alla porzione centrale e sud occidentale dell'area una classe di fattibilità di tipo **F.2 (2,2)** (Fattibilità con normali vincoli), considerando sia il grado di pericolosità idraulico (I.2) che quello geomorfologica (G.2), mentre a quella nord orientale, a causa del livello di pericolosità idraulico presente (I.3), una classe di fattibilità di tipo **F.3 (2,3)**.

Per esprimere un parere di fattibilità al progetto di **Piano di Lottizzazione** proposto, sono state svolte una serie di indagini per la valutazione delle problematiche connesse agli aspetti geotecnici, sismici ed idraulici.

Per la caratterizzazione del terreno di fondazione è stata considerata una prova penetrometrica di tipo statico, affiancata da un'indagine sismica a rifrazione in onde

superficiali di Rayleigh (indagine MASW), eseguite entrambe dallo scrivente sul settore ovest dell'area in studio, in occasione di un precedente incarico, ed una serie di prove penetrometriche statiche eseguite in zone prossime all'area di lottizzazione ed allegate al **Piano Strutturale** comunale vigente.

L'insieme delle indagini individuate permetteranno di valutare la tipologia di suolo di fondazione e risalire alle caratteristiche geomeccaniche dello stesso.

## **Inquadramento geomorfologico-idraulico dell'area in studio**

### **Morfologia**

L'area in studio è posta nella porzione centro occidentale del territorio comunale, ad ovest del capoluogo, in località Contrada Sommicchieri, in un contesto agricolo prossimo ad aree urbane di nuovo impianto.

La morfologia dell'area può essere inquadrata come una pianura alluvionale delimitata nella parte settentrionale dal Canale Scolmatore e dal corso del fiume Arno, mentre nel settore meridionale confina con i primi lembi delle colline livornesi, costituite da sedimenti a composizione prevalentemente sabbiosa e limosa. I settori occidentale e orientale sono il naturale proseguimento della piana alluvionale, caratterizzata da un discontinuo passaggio da depositi prevalentemente argillosi e torbosi a depositi sabbiosi e limosi.

L'area soggetta a **Piano di Lottizzazione** si posiziona all'interno dei depositi a composizione sabbiosa e limosa di periodo olocenico. I sedimenti affioranti sono il risultato di un'intensa attività fluviale, associata alle variazioni glacio-eustatiche del livello marino e alle divagazioni dell'alveo del fiume Arno.

Dal punto di vista temporale questi sedimenti si sono depositi successivamente alle fasi di sollevamento Plio-Pleistoceniche che hanno interessato i rilievi prossimi all'area (Colline Pisane), datandone l'ultimo stadio evolutivo.

Contemporaneamente a queste fasi di sollevamento è proseguita la deposizione di altro materiale con alterne vicende di avanzamento e regressione della linea di riva. Il colmamento delle zone più occidentali di tutta la piana di Pisa e delle valli secondarie è avvenuto in epoca storica.

Il reticolo idrografico più vicino all'area è rappresentato dalla Fossa Nuova, che presidia il settore sud-occidentale e la cui sponda dista circa 100 metri dal limite sud della zona in studio. Il Fiume Cascina presidia invece il settore orientale, ad una distanza di circa 700 metri.



## **Geologia**

Le litologie affioranti in questa porzione del territorio comunale sono costituite dalle formazioni alluvionali a composizione variabile da argillosa a limosa a sabbiosa, depositate in seguito ad episodi esondativi del fiume Arno. I materiali più grossolani presenti all'interno di tali sedimenti, sono legati alla presenza di paleo-alvei facilmente riscontrabili nell'area come elemento morfologico.

I paleo-alvei sono riconducibili all'azione di divagazione dei meandri che caratterizzano tuttora il corso del fiume Arno. I livelli a matrice più sabbiosa evidenziano le zone in cui il fiume, al variare della portata legata alla piovosità stagionale, ha progressivamente abbandonato l'ansa esterna del meandro, depositando il carico solido a maggiore granulometria. Da questo "salto" di meandro si crea una nuova ansa con raggio di curvatura minore. Nell'area occupata dal canale abbandonato si andranno successivamente a depositare alternanze di strati a granulometria più fine e più grossolana. Tale stratificazione è riferibile alla dinamica fluviale, caratterizzata da ripetuti fenomeni di esondazione.

Il **Piano di Lottizzazione** in progetto è ubicato all'interno delle "alluvioni recenti (tessiture miste)" di periodo olocenico, indicate nella tavola allegata con la sigla "ALR:m", entro le quali sono evidenti forme riconducibili alla presenza di paleoalvei sepolti.

## **Assetto idrogeologico**

Il reticolo idrografico principale più vicino alla porzione di territorio in studio è rappresentato dalla Fossa Nuova che occupa il settore sud-occidentale.

La fossa Nuova attraversa con andamento SE-NW parte del territorio comunale, andando ad immettersi in località Casa Palmerino nel Canale Scolmatore, collettore principale di tutta la zona.

L'area in studio è posta a circa 100 metri dal ciglio di sponda della Fossa Nuova e risulta solo parzialmente interna all'ambito "B", definito nel P.I.T. all'art. 77, avente estensione di 300 metri dal limite sopra considerato.

Lo studio Idrologico-idraulico allegato al R.U. comunale, eseguito dall'Ing. Nicola Croce di Ghezzano (PI), ha evidenziato che parte della porzione nord dell'area di lottizzazione è soggetta a fenomeni di inondazione per eventi caratterizzati da un tempo di ritorno (Tr) pari a 200 anni, con l'instaurarsi di un battente idraulico variabile tra 0,00 e 0,10 m.

I terreni agricoli che costituiscono l'area in studio sono contraddistinti dalla presenza di fosse campestri principali (capofossi) con direzione NW-SE che raccolgono le acque di ruscellamento superficiale e le veicolano in direzione est, verso un fosso parzialmente tombato che presenta delle immissioni di scolmamento.

Tale reticolo idrografico secondario permette dunque la veicolazione delle acque verso la Fossa Nuova, e da questa verso il recapito finale rappresentato dal Canale Scolmatore.

Per quanto riguarda le considerazioni idrologico-idrauliche si rinvia alla relazione specialistica a firma dell'Ing. Silvia Lucia di Ponsacco, tecnico incaricato dalla committenza.

## **Inquadramento idrogeologico e litotecnico**

### **Cartografia idrogeologica**

La cartografia idrogeologica allegata al **P.S.** comunale riporta la ricostruzione delle curve isofreatiche sulla base delle misure di livello svolte, nel mese di Ottobre 2000, nei pozzi a sterro presenti sul territorio comunale.

La modellazione evidenzia che il flusso idrico sub-superficiale, nella zona in studio, è diretto da Sud Est verso Nord Ovest, con una soggiacenza media di circa -1,50 m rispetto al p.c. attuale.

Una misurazione diretta effettuata in una proprietà limitrofa in un pozzo a sterro ha confermato il livello riportato in cartografia, presentando un dislivello rispetto al p.c. di -1,80 m.

Le misure di livello svolte nel Maggio 2011 hanno sostanzialmente confermato i dati riportati nella cartografia di riferimento, sottolineando che la falda freatica in 11 anni ha subito un debole abbassamento del livello legato, probabilmente, al decremento degli apporti meteorici che hanno caratterizzato gli ultimi periodi.

La cartografia idrogeologica di riferimento riporta inoltre il perimetro delle aree alluvionate nel 1991 e nel 1993, ovvero prima dei lavori di regimazione idraulica svolti sul corso d'acqua Fossa Nuova, posto sul settore sud ovest dell'area in studio ad una distanza di 100 metri.

Gli studi idrologico idraulici allegati al **Regolamento Urbanistico** (anno 2008) riportano che l'area in studio è interessata da eventi alluvionali significativi per un tempo di ritorno pari a 200 anni, con un battente compreso tra 0,00 e 0,10 m.

### **Cartografia litologico-tecnica**

La carta litologico-tecnica allegata allo strumento comunale inserisce l'area in studio internamente all'Unità 5 definita come "Formazioni pseudocoerenti argilloso sabbiose".

Le indagini penetrometriche svolte direttamente dallo scrivente in aree prossime a quella in esame hanno confermato sostanzialmente le caratteristiche litologico-tecniche riportate nella cartografia allegata al **Piano Strutturale**.

### **Caratterizzazione geotecnica del terreno**

I parametri geotecnici di riferimento dei vari strati costituenti il terreno di fondazione sono stati ricavati da una prova penetrometrica statica (**CPT1**), eseguita dallo scrivente in una proprietà limitrofa, con penetrometro modello TG 63 200 KN PAGANI, spinta fino ad una profondità massima di 10,00 m dal p.c..

Per verificare l'omogeneità laterali del terreno sono state acquisite delle prove penetrometriche statiche allegate al **Piano Strutturale** del comune (prove n° 114, 129, 133 e 140), allegate in copia al presente studio.

L'analisi dei dati ricavati dall'insieme delle indagini a disposizione, ha permesso di valutare la tipologia di terreno di fondazione e la presenza di eventuali strati a minore capacità portante da tenere in considerazione in fase di progettazione geotecnica.

La stratigrafia dedotta dai dati ottenuti dalla prova penetrometrica CPT1 eseguita dallo scrivente è la seguente:

#### **Strato da 0,00 m a 0,60 m (LIVELLO 1)**

Terreno pedologico soggetto a rigonfiamento e ritiro, condizionato dal variare dell'umidità conseguente alle condizioni atmosferiche, non idoneo alla imposta del piano di fondazione.

#### **Strato da 0,60 m a 2,80 m (LIVELLO 2)**

Argilla limosa mediamente compatta con alternati sottili livelli di limo argilloso. Complessivamente lo strato presenta medie caratteristiche geotecniche.

Principali parametri geotecnici di riferimento:

<i>Coesione non drenata</i>	$0,45 < C_u < 0,75 \text{ Kg/cm}^2$
<i>Angolo di Attrito interno</i>	$\phi = 0^\circ$
<i>Peso di volume</i>	$\gamma \cong 1,92 \text{ kg/dm}^3$

Strato da 2,80 m a 3,80 m (LIVELLO 3)

Strato limoso - sabbioso con buone caratteristiche geotecniche.

Principali parametri geotecnici di riferimento:

<i>Coesione non drenata</i>	$0,75 < C_u < 0,82 \text{ Kg/cm}^2$
<i>Angolo di Attrito interno</i>	$\phi = 0^\circ$
<i>Peso di volume</i>	$\gamma \cong 1,92 \text{ kg/dm}^3$

Strato da 3,80 m a 4,60 m (LIVELLO 4)

Argilla limosa mediamente compatta.

Principali parametri geotecnici di riferimento:

<i>Coesione non drenata</i>	$0,54 < C_u < 0,64 \text{ Kg/cm}^2$
<i>Angolo di Attrito interno</i>	$\phi = 0^\circ$
<i>Peso di volume</i>	$\gamma \cong 1,90 \text{ kg/dm}^3$

Strato da 4,60 m a 5,60 m (LIVELLO 5)

Sabbia mediamente addensata con intercalati livelli limo - argillosi.

Principali parametri geotecnici di riferimento:

<i>Coesione non drenata</i>	$C_u = 0,00 \text{ Kg/cm}^2$
<i>Angolo di Attrito interno</i>	$\phi = 34^\circ$
<i>Peso di volume</i>	$\gamma \cong 1,89$

Strato da 5,60 m a 6,40 m (LIVELLO 6)

Argilla limosa mediamente compatta.

Principali parametri geotecnici di riferimento:

<i>Coesione non drenata</i>	$0,25 < C_u < 0,35 \text{ Kg/cm}^2$
<i>Angolo di Attrito interno</i>	$\phi = 0^\circ$
<i>Peso di volume</i>	$\gamma \cong 1,82$

Strato da 6,40 m a 9,20 m (LIVELLO 7)

Sabbia mediamente addensata con intercalato un livello a composizione limo argillosa.

Principali parametri geotecnici di riferimento:

<i>Coesione non drenata</i>	$C_u = 0,00 \text{ Kg/cm}^2$
<i>Angolo di Attrito interno</i>	$\phi = 32^\circ$
<i>Peso di volume</i>	$\gamma \cong 1,88$

Strato da 9,20 m a 10,00 m (LIVELLO 8)

Strato a composizione variabile da argilloso - limoso ad argilloso - sabbiosa.

Principali parametri geotecnici di riferimento:

<i>Coesione non drenata</i>	$0,45 < C_u < 0,72 \text{ Kg/cm}^2$
<i>Angolo di Attrito interno</i>	$\phi = 0^\circ$
<i>Peso di volume</i>	$\gamma \cong 1,88$

Il livello della superficie freatica, misurata nel perforo di sondaggio durante l'esecuzione della prova penetrometrica in data 13.05.2011, si è attestato a  $-1,80 \text{ m}$  dal p.c.

Il progetto di **Piano di Lottizzazione** proposto prevede l'individuazione di n° 25 lotti edificabili, aree a parcheggio, strade ed aree a verde.

Alla luce della vigente normativa tecnica sulle costruzioni (D.M. 14.01.2008) non è possibile effettuare una stima di massima del valore di resistenza del terreno ( $R_d$ ) agli **Stati Limite Ultimi** in condizioni statiche e dinamiche, non conoscendo la tipologia fondazionale che il progettista delle strutture intenderà adottare per le varie tipologie di interventi.

Tale verifica dovrà essere oggetto di opportune Relazioni Geotecniche e di indagini puntuali mirate, a supporto dei progetti esecutivi.

In considerazione della tipologia di intervento in progetto ed ai fini della futura progettazione geotecnica di seguito sono riportati i parametri caratteristici dei livelli individuati nella prova penetrometrica statica **CPT1**:

<b>LIVELLO</b>	<b>quota dal p.c.</b>	<b><math>\phi</math></b>	<b><math>C_u</math> (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b><math>\gamma</math> (kg/dm<sup>3</sup>)</b>	<b><math>m_v</math> (cm<sup>2</sup>/tonn)</b>
1	0,00 a -0,60 m	0°	1,05	1,95	n.r.
2	-0,60 a -2,80 m	0°	0,55	1,90	21,7
3	-2,80 a -3,80 m	0°	0,77	1,90	14,9
4	-3,80 a -4,60 m	0°	0,57	1,88	22,3
5	-4,60 a -5,60 m	33°	0,00	1,87	14,1

6	-5,60 a -6,40 m	0°	0,28	1,80	35,1
7	-6,40 a -9,20 m	31°	0,00	1,86	15,7
8	-9,20 a -10,00m	0°	0,52	1,86	23,7

Sulla base dell'indagine geognostica svolta e della prova n° 133 allegata al **Piano Strutturale**, è stata tracciata la sezione stratigrafica interpretativa lungo la traccia (A-A') che evidenzia i rapporti spaziali tra le litologie attraversate.

### **Definizione della tipologia di suolo di fondazione ai sensi del OPCM 3.274/2003 e D.M. 14.01.2008**

Sulla base di quanto prescritto dalla vigente normativa tecnica (OPCM 3.274/2003 e D.M. 14.01.2008) di seguito è stato classificato il suolo di fondazione mediante indagine sismica eseguita all'interno di un'area prossima a quella in studio e svolta mediante tecnica MASW, con stima del parametro  $v_{s30}$  per la classificazione del terreno di fondazione.

Il modello di sottosuolo ricavato evidenzia la presenza di 5 sismostrati di spessore variabile, di cui il primo si estende fino a -4,60 metri dal p.c. e presenta una velocità superficiale di  $v_s$  di 142 m/sec, seguito da uno strato con  $v_s$  di 226 m/sec fino alla profondità di -10,00 m dall'attuale p.c.

Oltre tale quota la velocità delle onde sh ( $v_s$ ) diminuisce fino alla quota di -14,40 metri dal p.c., presentando una velocità  $v_s$  di 186 m/sec. Successivamente la velocità delle onde sh aumenta progressivamente fino a raggiungere un valore pari a 291 m/sec alla quota di -20,00 metri dal p.c. seguita da valori che si attestano a 339 m/sec fino a quota di -30,00 metri dal p.c.

L'indagine ha permesso di valutare una  $v_{s30}$  pari a 233 m/sec, prendendo come piano di riferimento il p.c. attuale.

La categoria di suolo di fondazione è la **C** (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < C_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).*

La normativa vigente prevede che per la determinazione della  $v_{s30}$  è necessario far riferimento alla profondità di imposta delle fondazioni previste nel progetto esecutivo: per le fondazioni superficiali tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre

AssoGeo - Studio di Geologia

per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali; nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera, mentre per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

In fase di **progetto esecutivo**, sulla base della tipologia e della profondità di imposta delle fondazioni, dovrà essere nuovamente valutato il valore di  $v_{s30}$  per definire in via definitiva la categoria di suolo di fondazione.

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>Depositati 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>Depositati 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).

### **Individuazione delle classi di pericolosità geologica, idraulica e sismica ai sensi del D.P.G.R. 53R del 25.10.2011**

Sulla base di quanto riportato nel nuovo Regolamento di Attuazione dell'art. 62 della L.R. n° 1/2005, sono state redatte le cartografie di pericolosità dell'area in studio, sulla base dei dati raccolti derivanti dalle cartografie esistenti (pericolosità geomorfologica, idraulica e sismica) e delle indagini di dettaglio considerate.

#### **Pericolosità geologica** (limitatamente all'area in studio)

L'area di intervento si presenta stabile, con assenza di fenomenologie dovute a movimenti geodinamici anche potenziali, trattandosi di un'area di pianura e dunque con bassa propensione al dissesto.

Per quanto sopra esposto, sulla base di quanto riportato nell'Allegato A del D.P.G.R. 53/R al punto C.1, viene attribuita una classe di pericolosità geologica media (G.2).

**Pericolosità idraulica** (limitatamente all'area in studio)

Gli studi idrologico-idraulici allegati al **R.U.** comunale, indicano che parte della porzione nord orientale dell'area in studio, in caso di evento esondativo con tempi di ritorno ( $T_r$ ) compresi tra 30 e 200 anni, può essere interessata da un battente d'acqua con  $h \leq a$  10 cm. Tale condizione è riferibile alla esondazione del Fiume Cascina, posto a circa 700 metri di distanza nel settore orientale dell'area.

Il restante 70% dell'area, pur trovandosi in un'area pianeggiante posta nelle vicinanze della Fossa Nuova, può essere interessata da un evento esondativo con tempo di ritorno ( $T_r$ ) compreso tra 200 e 500 anni.

Per i motivi sopra esposti alla zona nord orientale dell'area in studio viene attribuita una classe di pericolosità idraulica elevata (I.3), mentre per il restante 70% dell'area a disposizione una pericolosità idraulica media (I.2).

**Pericolosità sismica** (limitatamente all'area in studio)

Le caratteristiche stratigrafiche del terreno di fondazione e l'indagine sismica svolta permettono di ipotizzare possibili amplificazioni del moto del suolo per effetti stratigrafici, con alto contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato rigido, entro alcune decine di metri.

Come specificato dal geol. Massimo Baglione della Regione Toscana in risposta ad un quesito posto dallo scrivente (che si riporta negli Allegati), per la determinazione della classe di pericolosità sismica è necessario far riferimento alla "Carta delle Zone a Maggiore Pericolosità Sismica Locale (ZMPSL)" allegata allo strumento comunale vigente, ovvero alla Tabella dell'Allegato 2 della D.P.G.R. n° 26/R del 2007, che correla la zona sismica di appartenenza del territorio comunale (Ponsacco 3s) con la situazione stratigrafica esistente ricavata dai dati sismici.

Nella carta delle ZMPSL l'area di intervento è interna alle zone soggette ad amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta a fenomeni di amplificazione stratigrafica.

Sulla base di quanto sopra esposto l'area di intervento è classificabile a pericolosità sismica elevata (S.3).



## **Fattibilità dell'intervento e considerazioni conclusive**

La presente relazione tecnica di fattibilità geologica è stata redatta sulla base della normativa nazionale, regionale e provinciale vigente in materia di progettazione in zone sismiche e di prevenzione dal rischio idraulico.

In particolare sono state seguite il **D.M.** 14.01.2008, il **P.I.T.** Regione Toscana in relazione alla salvaguardia delle aree al rischio idraulico, il **P.A.I.** Autorità di Bacino - fiume Arno, il **P.T.C.** della Provincia di Pisa per le direttive generali, la **L.R.** 1/2005 ed il **D.P.G.R.** 53R del 2011.

La Regione Toscana con la **Del.G.R.** n° 878 del 08.10.2012 ha approvato la nuova classificazione sismica di tutto il territorio regionale: in seguito all'entrata in vigore delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008), che impongono un approccio maggiormente sito-dipendente nella valutazione del grado di sismicità locale, il comune di Ponsacco è stato inserito in zona sismica classe 3, maggiormente cautelativa rispetto a quella precedente (classe 3s).

In ottemperanza a tale classificazione sono state condotte una serie di indagini geologiche, geotecniche e sismiche per fornire una valutazione sulle caratteristiche geomeccaniche del terreno di fondazione.

Le indagini penetrometriche analizzate (CPT1 e le prove n° 114, 129, 133 e 140 allegate al **Piano Strutturale comunale**), hanno evidenziato la presenza di terreni argilloso limosi alternati a sabbie limose e argillose con buone caratteristiche geotecniche, queste ultime riferibili alla presenza di paleo-alvei sepolti del Fiume Arno.

Il livello di falda, misurato in un pozzo a sterro posto in prossimità del confine occidentale dell'area di lottizzazione, ha evidenziato la presenza di acqua a partire da quota -1,80 m dal p.c..

Di questo aspetto idrogeologico si dovrà tener conto durante la stesura delle relazioni Geotecniche sulle fondazioni per la fase esecutiva dei vari lotti individuati.

L'indagine penetrometrica a disposizione (CPT1) ha evidenziato l'alternarsi di terreni a composizione prevalente argillosa e sabbiosa con contenuto in limo variabili, per complessivi 8 livelli, caratterizzati dai seguenti parametri geotecnici medi:

LIVELLO	quota dal p.c.	$\phi$	cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\gamma$ (kg/dm <sup>3</sup> )
1	0,00 a -0,60 m	0°	1,05	1,95
2	-0,60 a -2,80 m	0°	0,59	1,90
3	-2,80 a -3,80 m	0°	0,73	1,89
4	-3,80 a -4,60 m	0°	0,55	1,88
5	-4,60 a -5,60 m	33°	0,00	1,87
6	-5,60 a -6,40 m	0°	0,26	1,80
7	-6,40 a -9,20 m	31°	0,10	1,86
8	-9,20 a -10,00m	0°	0,52	1,86

Sulla base dei valori di  $v_s$  ricavati dall'indagine sismica eseguita in prossimità dell'area soggetta a **Piano di Lottizzazione**, è stata dedotta la tipologia di suolo di fondazione, classificandolo come tipo **C** (*Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza .....*), presentando valori di  $vs_{30}$  pari a 233 m/sec, velocità valutata a partire dal p.c..

In fase esecutiva tale stima dovrà essere nuovamente eseguita a partire dal piano di appoggio delle fondazioni superficiali, o dalla testa dei pali, nel caso di utilizzo di fondazioni profonde.

Parte della porzione sud occidentale dell'area di intervento è soggetta alle salvaguardie in difesa dei fenomeni alluvionali disposte in ambito "B" dal **P.I.T.** della Regione Toscana in quanto posta internamente ad esso, in riferimento alla Fossa Nuova (cod. PI1471), ad una distanza inferiore ai 300 metri riportati nell'Art. 77.

La cartografia allegata al "**P.A.I.** - fiume Arno" ha classificato la porzione centrale e quella meridionale dell'area di intervento in pericolosità P.I.1 (*pericolosità moderata*), ovvero ricadente in "*aree inondabili da eventi con tempo di ritorno 200 <TR ≤ 500 anni*".

Il settore nord orientale del comparto è invece classificato a pericolosità P.I.2 (*pericolosità media*) in quanto interna ad "*aree inondabili per eventi con tempo di ritorno 30 <TR ≤ 100 anni e con battente h < 30 cm e aree inondabili con tempo di ritorno 100 <TR ≤ 200*".

L'analisi della cartografia della pericolosità idraulica allegata al **R.U.** comunale (anno 2008) ha confermato quanto riportato nella cartografia **P.A.I.**, evidenziando che circa il 70% dell'area di intervento è soggetta ad inondazione per eventi con tempi di

ritorno (Tr) compresi tra 200 e 500 anni e la restante parte (settore nord orientale) è interessata da eventi esondativi con Tr compreso da 30 e 200 anni.

Lo studio idrologico idraulico di dettaglio allegato al **R.U.** comunale riporta che, in caso di inondazione per Tr = 200 anni, la porzione nord orientale del comparto è interessata da una lama d'acqua variabile tra 0,00 e 10 cm.

La pericolosità dell'area di lottizzazione, mediata sulla base di quanto riportato nella **D.P.G.R. Toscana** n° 53R del 2011, dalla cartografia allegata al **Regolamento Urbanistico comunale**, dal **P.T.C.** della Provincia di Pisa per gli aspetti geomorfologici ed idraulici e dalle indagini penetrometriche e sismiche analizzate durante il presente incarico, è inquadrabile come **G.2** (*pericolosità geomorfologica media*), **I.2** (*pericolosità idraulica media* - per il settore centrale e sud occidentale), **I.3** (*pericolosità idraulica elevata* - per il settore nord orientale) e **S.3** (*pericolosità sismica elevata*).

Per definire la varie fattibilità all'intervento proposto (geologica, idraulica e sismica) sono state confrontate le destinazione d'uso previste nella proposta di progetto presentato, ed il grado di pericolosità individuato.

L'intero comparto (aree edificabili, strade, piazza, aree a parcheggio ed aree a verde) presenta una fattibilità per gli aspetti geologici di tipo **F.2(G.2)** (*fattibilità senza particolari limitazioni*).

Per quanto riguarda la fattibilità idraulica è necessario analizzare in maniera separata le aree a pericolosità I.2 (*pericolosità idraulica media*) e quelle a pericolosità I.3 (*pericolosità idraulica elevata*).

Il settore nord orientale del comparto, circa il 30% dell'intera superficie fondiaria, presenta un grado di pericolosità idraulica I.3, con la presenza di una potenziale lama d'acqua in caso di inondazione per un evento con Tr = 200 anni, variabile tra 0,0 e 10,0 cm.

Per tale motivo ai lotti edificabili interessati da strutture con presenza di persone, è stata attribuita una fattibilità **F.3(I.3)** (*fattibilità condizionata*).

La pericolosità idraulica stimata (I.3) **ammette** la realizzazione di eventuali locali interrati o seminterrati a condizione che siano assenti aperture dirette sull'esterno (porte e finestre) poste al di sotto della quota di sicurezza valutabile in 10 cm, dai piani stradali attigui, battente riportato nello studio idraulico di dettaglio allegato al R.U. comunale per un evento con Tr = 200 anni.

La realizzazione di rampe o scale di accesso a locali interrati, con ingresso posto al di sotto del piano campagna, sono ammesse a condizioni che siano protette da soglie con altezza di almeno 10 cm + franco di sicurezza. In qualsiasi caso **non sono ammesse destinazioni d'uso che comportino la permanenza di persone negli ambienti interrati.**

L'eventuale realizzazione di piani interrati comporta la necessita di prevedere opere di allerta e gestione del rischio idraulico. Tali opere, di tipo attivo o passivo, sono finalizzate alla salvaguardia delle persone e dei beni presenti nei locali interrati in caso di inondazione.

In particolare a livello esecutivo dovrà essere previsto:

- un punto di accumulo nel vano interrato per l'alloggiamento di una pompa ad immersione ad attivazione automatica, per lo svuotamento dei locali dall'acqua;
- una rete di raccolta e smaltimento delle acque dal vano interrato, realizzato mediante caditoie e griglie;
- un segnalatore visivo e sonoro ad attivazione automatica, per indicare la presenza di acqua nei vani interrati;
- un sistema di arresto automatico degli ascensori (se presenti) al piano primo in caso di inondazione dei locali;

Nelle aree destinate a strade, piazza, aree a parcheggio ed aree a verde è stata attribuita una fattibilità **F.2(I.3)** (*fattibilità con normali vincoli*).

Nelle aree caratterizzate da pericolosità idraulica elevata sarà necessario inoltre effettuare la compensazione delle volumetrie sottratte all'esondazione dalle strutture, mediante la realizzazione di aree depresse, per esempio nelle aree verdi, o l'installazione di vasche di accumulo di volume pari alla superficie impermeabilizzata moltiplicato la potenziale lama d'acqua massima (10 cm) calcolata per un evento con  $Tr = 200$  anni.

Sulla base di volumi calcolati sarà possibile individuare l'ubicazione ottimale della depressione o dei manufatti per la compensazione; in entrambe i casi le cavità dovranno essere lasciate libere per poter accogliere le acque in caso di inondazione. Esse dovranno inoltre essere munite di un sistema di pompe per il loro svuotamento rapido, terminata la fase critica.

Il settore centrale e quello sud occidentale del comparto, circa il 70% dell'intera superficie fondiaria, presenta un grado di pericolosità idraulica I.2, con assenza di una potenziale lama d'acqua in caso di evento con  $Tr$  compreso tra 200 e 500 anni.

Per tale motivo ai lotti edificabili, alle strade, alle aree a parcheggio ed a quelle a verde è stata attribuita una fattibilità **F.2<sub>(t.2)</sub>** (*fattibilità con normali vincoli*).

In merito alla fattibilità sismica occorre valutare separatamente le aree destinate ad accogliere gli immobili e quelle che saranno occupate da strade, piazza, aree a parcheggio ed a verde,

Nel caso dei lotti edificabili è stata attribuita una fattibilità sismica **F.3<sub>(s.3)</sub>** (*fattibilità condizionata*) in ragione della presenza di persone internamente agli immobili.

Per quanto riguarda le infrastrutture e le aree a verde è stata attribuita una fattibilità sismica **F.2<sub>(s.3)</sub>** (*fattibilità con normali vincoli*).

Una più approfondita parametrizzazione geotecnica del terreno di fondazione dovrà essere oggetto di specifica indagine da realizzarsi a supporto della progettazione esecutiva (ai sensi del D.M. 14.01.2008), che permetterà di valutare la resistenza del terreno ( $R_d$ ) agli **Stati Limite Ultimi** secondo i due approcci di calcolo in condizioni statiche e dinamiche, ed i cedimenti attesi agli **Stati Limite di Esercizio**, sulla base delle caratteristiche progettuali delle fondazioni dei manufatti.

Si rimane a disposizione per qualsiasi precisazione in merito.

Ponsacco, 8 agosto 2013

dott. geol. Antonio Esposito

### **Allegati**

- *Logs* prove penetrometriche analizzate ed indagine sismica (metodo MASW)
- Sezione stratigrafica interpretativa lungo la traccia A-A'
- Scheda Norma del Comparto PA10
- Nota del dott. geol. Massimo Baglione della Regione Toscana, datata 13.12.2011, in seguito ad un quesito posto dallo scrivente.

Geognostica

Monitoraggio  
idrogeologico



Geofisica

Indagini  
ambientali

**Committenza: Studio Assogeo**

**località d'indagine: podere Ascellina - Ponsacco (PI)**

**data: 12 / 05 / 2011**



indagine: 1 CPT

strumentazione: Pagani 63/200

software di elaborazione: WinCPT2

per la geOLUK s.r.l.,

l'Amministratore

**geOLUK S.R.L.**  
**GEOGNOSTICA E GEOFISICA**  
www.geoluk.com info@geoluk.com

sede operativa: Via San Marco, 224 - 55100 Lucca - sede legale: Via Nericci, 176 55100 Lucca

codice fiscale e numero di iscrizione al registro delle imprese di Lucca: 02069440465

R.E.A. Lucca n. 194371 - capitale sociale € 10.000,00 i.v.

tel 393 9371580 - fax 0583 956364 - [www.geoluk.com](http://www.geoluk.com) - [info@geoluk.com](mailto:info@geoluk.com)

## LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

### **PENETROMETRO STATICO tipo:**

Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, angolo di apertura  $\alpha = 60^\circ$  - (area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$ )
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ( $\varnothing$  35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. =  $150 \text{ cm}^2$ )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm / sec}$  ( $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$ )
- spinta max nominale dello strumento  $S_{max}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett.  $\Rightarrow$  spinta)  $C_t = \text{spinta (Kg)} / \text{LETTURA al manometro}$

$$\text{fase 1 - resistenza alla punta} \quad q_c \text{ ( Kg / cm}^2\text{)} = L_1 \times C_t / 10$$

$$\text{fase 2 - resistenza laterale locale} \quad f_s \text{ ( Kg / cm}^2\text{)} = (L_2 - L_1) \times C_t / 150$$

$$\text{fase 3 - resistenza totale} \quad R_t \text{ ( Kg )} = (L_t) \times C_t$$

$$q_c / f_s = \text{rapporto Begemann}$$

- L1. punta = lettura di campagna durante l'infissione della sola punta ( fase 1 )
- L2. totale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto ( fase 2 )
- Lt. aste = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne ( fase 3 )

N.B. : la spinta  $S$  ( Kg ), corrispondente a ciascuna fase , si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna  $L$  per la costante di trasformazione  $C_t$  .

N.B. : causa la distanza intercorrente ( 20 cm circa ) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale  $f_s$  viene computata 20 cm sopra la punta .

### CONVERSIONI

$$1 \text{ kN ( kiloNewton )} = 1000 \text{ N} \approx 100 \text{ kg} = 0,1 \text{ t} - 1 \text{ MN ( megaNewton )} = 1000 \text{ kN} = 1000000 \text{ N} \approx 100 \text{ t}$$

$$1 \text{ kPa ( kiloPascal )} = 1 \text{ kN/m}^2 = 0,001 \text{ MN/m}^2 = 0,001 \text{ MPa} \approx 0,1 \text{ t/m}^2 = 0,01 \text{ kg/cm}^2$$

$$1 \text{ MPa ( MegaPascal )} = 1 \text{ MN/m}^2 = 1000 \text{ kN/m}^2 = 1000 \text{ kPa} \approx 100 \text{ t / m}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{kg/cm}^2 = 10 \text{ t/m}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MN/m}^2 = 0,1 \text{ Mpa}$$

$$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} \approx 10 \text{ kN}$$



## LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto:  $F = (qc / fs)$

( Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977 )

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

F = qc / fs	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
F < 15	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
15 < F ≤ 30	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
30 < F ≤ 60	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
F > 60	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di qc e di FR = (fs / qc) %

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$  di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato ( inalterato ) , per depositi coesivi

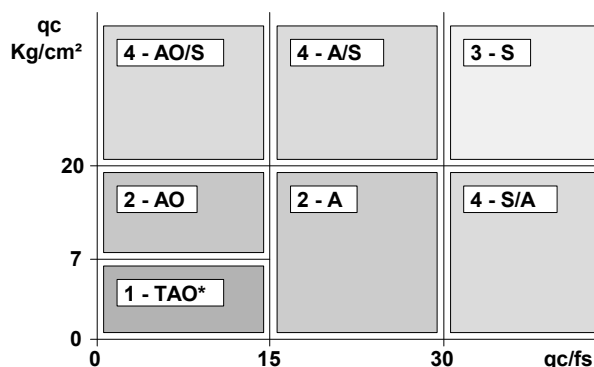
## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

### SCELTE LITOLOGICHE ( validità orientativa )

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto  $qc / fs$  ( Begemann 1965 -Raccomandazioni A.G.I. 1977 ), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$qc \leq 20 \text{ kg/cm}^2$  : possibili terreni COESIVI anche se  $( qc / fs ) > 30$

$qc \geq 20 \text{ kg/cm}^2$  : possibili terreni GRANULARI anche se  $( qc / fs ) < 30$



### NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

### PARAMETRI GEOTECNICI ( validità orientativa ) - simboli - correlazioni - bibliografia

- $\gamma'$  = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [ correlazioni :  $\gamma'$  - qc - natura ] ( Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982 )
- $\sigma'_{vo}$  = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno ( valutata in base ai valori di  $\gamma'$  )
- $C_u$  = coesione non drenata (terreni coesivi ) [ correlazioni :  $C_u$  - qc ]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi ) [ correlazioni : OCR -  $C_u$  -  $\sigma'_{vo}$  ] ( Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983 )
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [ correl. : Eu -  $C_u$  - OCR -  $I_p$   $I_p$ = indice plastico] Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico corrisp. al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976 )
- $E'$  = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [ correlazioni :  $E'$  - qc ]  $E'_{50}$  -  $E'_{25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico corrisp. al 50-25% (coefficiente di sicurezza  $F = 2 - 4$  rispettivamente ) (Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983 )
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [ correl. : Mo - qc - natura] (Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973 )
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati) [ correlazioni : Dr - qc -  $\sigma'_{vo}$  ] (Schmertmann 1976 )
- $\emptyset'$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C. ) [ correl. :  $\emptyset'$  - Dr - qc -  $\sigma'_{vo}$  ] (Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976 )  
 $\emptyset'_{1s}$  - (Schmertmann) sabbia fine uniforme       $\emptyset'_{2s}$  - sabbia media uniforme/ fine ben gradata  
 $\emptyset'_{3s}$  - sabbia grossa uniforme/ media ben gradata  
 $\emptyset'_{4s}$  - sabbia-ghiaia poco limosa/ ghiaietto unorme
- Amax = accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari ) ( g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni : (Amax/g) - Dr]

**PROVA PENETROMETRICA STATICA**  
**LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

**CPT 1**

2.0105-PG076

- committente : Studio Assogeo  
- lavoro : indagine geognostica  
- località : podere Ascellina - Ponsacco (PI)  
- assist. cantiere :  
- data : 12/05/2011  
- quota inizio : Piano Campagna  
- falda : 0,00 da quota inizio  
- data di emissione : 13/05/2011

- note : falda -1.38m da p.c.

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-	m	-	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-
0,20	83,0	---	83,0	0,33	249,0	5,20	17,0	25,0	17,0	0,53	32,0
0,40	38,0	43,0	38,0	2,47	15,0	5,40	30,0	38,0	30,0	0,27	112,0
0,60	23,0	60,0	23,0	2,40	10,0	5,60	20,0	24,0	20,0	0,40	50,0
0,80	17,0	53,0	17,0	2,07	8,0	5,80	6,0	12,0	6,0	0,20	30,0
<b>1,00</b>	18,0	49,0	18,0	1,60	11,0	<b>6,00</b>	7,0	10,0	7,0	0,20	35,0
1,20	17,0	41,0	17,0	1,40	12,0	6,20	6,0	9,0	6,0	0,27	22,0
1,40	15,0	36,0	15,0	0,53	28,0	6,40	5,0	9,0	5,0	0,20	25,0
1,60	13,0	21,0	13,0	0,47	28,0	6,60	23,0	26,0	23,0	0,40	57,0
1,80	11,0	18,0	11,0	0,33	33,0	6,80	20,0	26,0	20,0	0,40	50,0
<b>2,00</b>	13,0	18,0	13,0	0,47	28,0	<b>7,00</b>	22,0	28,0	22,0	0,33	66,0
2,20	9,0	16,0	9,0	0,40	22,0	7,20	22,0	27,0	22,0	0,40	55,0
2,40	9,0	15,0	9,0	0,27	34,0	7,40	14,0	20,0	14,0	0,20	70,0
2,60	11,0	15,0	11,0	0,47	24,0	7,60	11,0	14,0	11,0	0,33	33,0
2,80	14,0	21,0	14,0	0,40	35,0	7,80	14,0	19,0	14,0	0,47	30,0
<b>3,00</b>	36,0	42,0	36,0	0,60	60,0	<b>8,00</b>	25,0	32,0	25,0	0,47	54,0
3,20	21,0	30,0	21,0	0,80	26,0	8,20	20,0	27,0	20,0	0,80	25,0
3,40	20,0	32,0	20,0	0,67	30,0	8,40	24,0	36,0	24,0	0,33	72,0
3,60	18,0	28,0	18,0	0,53	34,0	8,60	28,0	33,0	28,0	0,27	105,0
3,80	14,0	22,0	14,0	0,33	42,0	8,80	30,0	34,0	30,0	0,40	75,0
<b>4,00</b>	12,0	17,0	12,0	0,40	30,0	<b>9,00</b>	26,0	32,0	26,0	0,33	78,0
4,20	14,0	20,0	14,0	0,67	21,0	9,20	25,0	30,0	25,0	0,33	75,0
4,40	11,0	21,0	11,0	0,40	27,0	9,40	17,0	22,0	17,0	0,33	51,0
4,60	11,0	17,0	11,0	0,33	33,0	9,60	9,0	14,0	9,0	0,20	45,0
4,80	28,0	33,0	28,0	0,67	42,0	9,80	9,0	12,0	9,0	0,27	34,0
<b>5,00</b>	27,0	37,0	27,0	0,53	51,0	<b>10,00</b>	11,0	15,0	11,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (con anello allargatore) -  
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s  
- punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

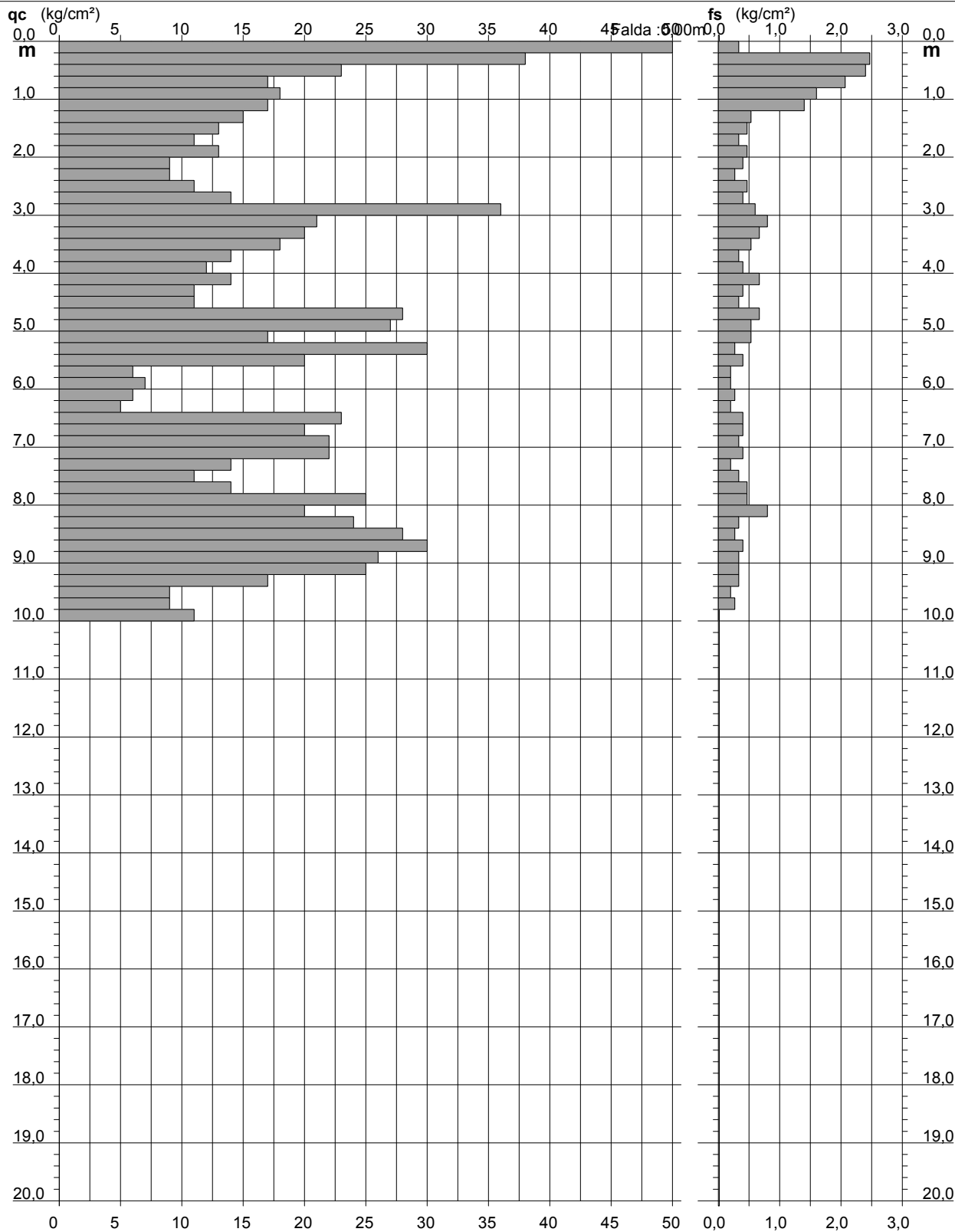
**CPT 1**

2.0105-PG076

- committente : Studio Assogeo  
- lavoro : indagine geognostica  
- località : podere Ascellina - Ponsacco (PI)  
- assist. cantiere :

- data : 12/05/2011  
- quota inizio : Piano Campagna  
- falda : 0,00 da quota inizio  
- data di emissione : 13/05/2011

- note : falda -1.38m da p.c.



# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

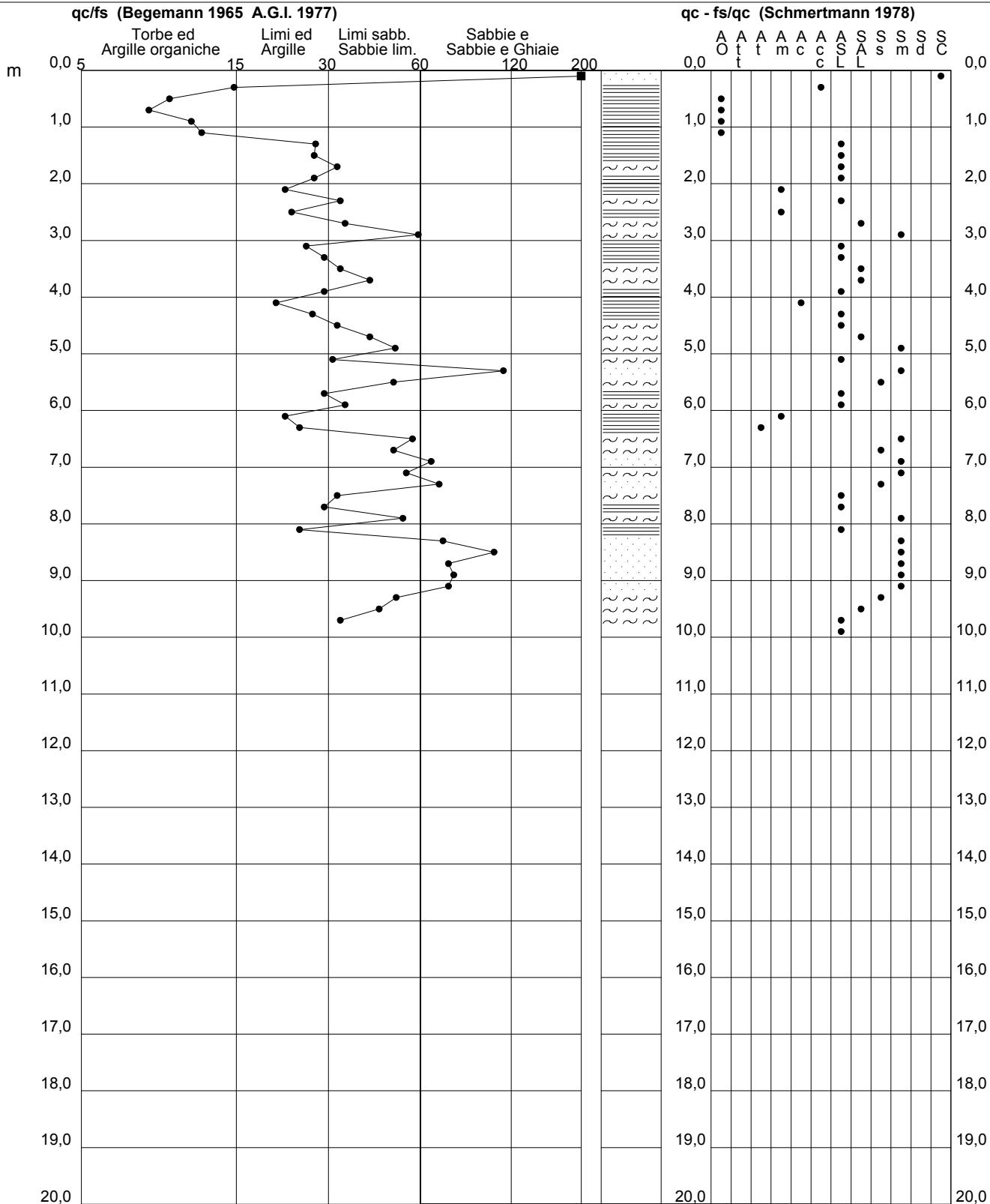
**CPT 1**

2.0105-PG076

- committente : Studio Assogeo  
- lavoro : indagine geognostica  
- località : podere Ascellina - Ponsacco (PI)  
- assist. cantiere :

- data : 12/05/2011  
- quota inizio : Piano Campagna  
- falda : 0,00 da quota inizio  
- data di emissione : 13/05/2011

- note : falda -1.38m da p.c.



**PROVA PENETROMETRICA STATICA**  
**TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

**CPT 1**

2.0105-PG076

- committente : Studio Assogeo  
- lavoro : indagine geognostica  
- località : podere Ascellina - Ponsacco (PI)  
- assist. cantiere :

- data : 12/05/2011  
- quota inizio : Piano Campagna  
- falda : 0,00 da quota inizio  
- data di emissione : 13/05/2011

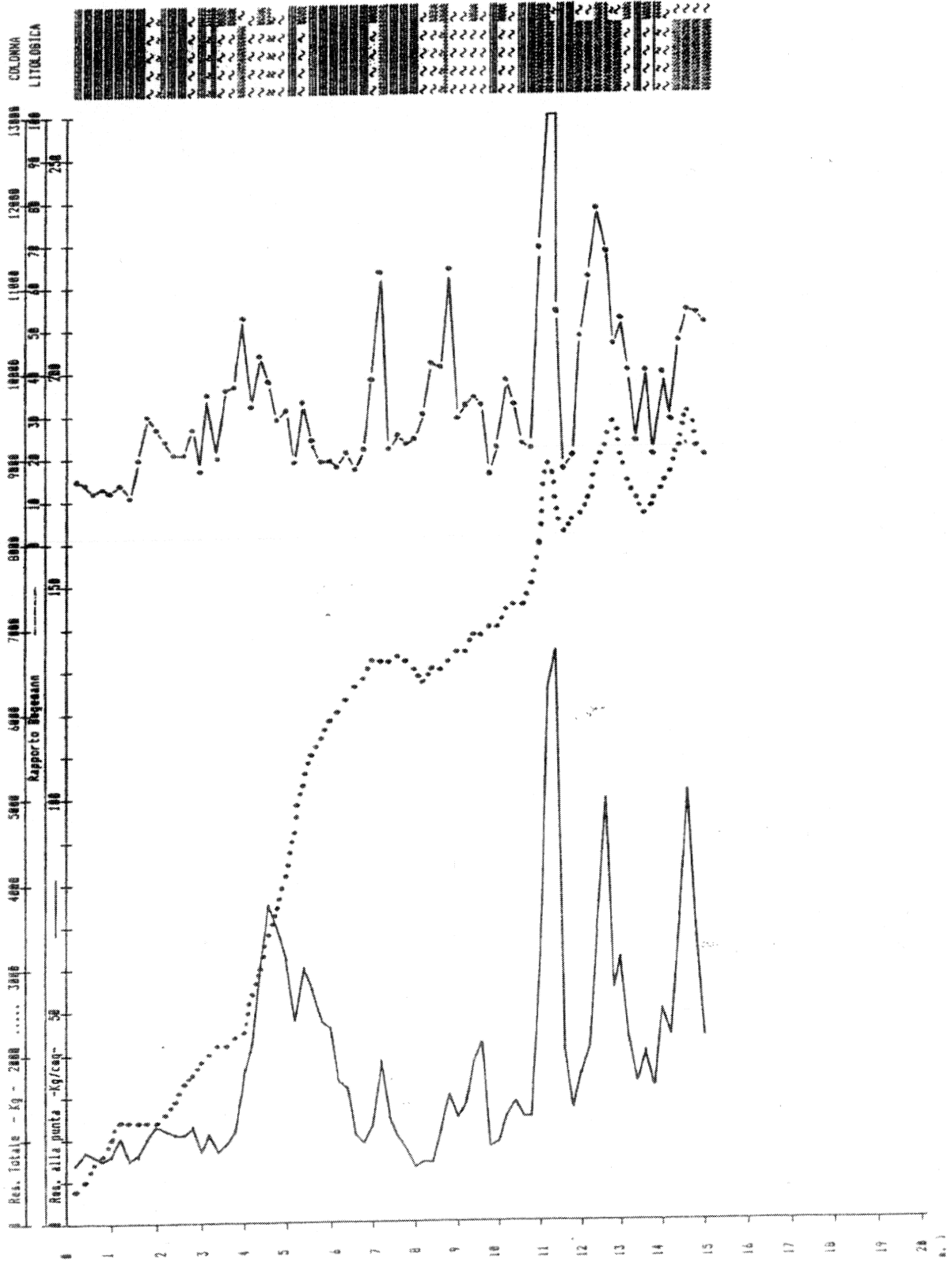
- note : falda -1.38m da p.c.

NATURA COESIVA															NATURA GRANULARE														
Prof. m	qc kg/cm <sup>2</sup>	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m <sup>3</sup>	p'vo kg/cm <sup>2</sup>	Cu kg/cm <sup>2</sup>	OCR (-)	Eu50 kg/cm <sup>2</sup>	Eu25 kg/cm <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm <sup>2</sup>	E'25 kg/cm <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>								
0,20	83	249	3:::	0,97	0,02	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	33	0,258	138	208	249								
0,40	38	15	4:/:	0,99	0,04	1,27	99,9	215	323	114	100	42	43	45	46	45	30	0,258	63	95	114								
0,60	23	10	4:/:	0,94	0,06	0,87	99,9	148	221	69	91	41	42	44	45	43	28	0,226	38	58	69								
0,80	17	8	2:////	0,97	0,08	0,72	99,9	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
1,00	18	11	2:////	0,98	0,10	0,75	80,9	128	191	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
1,20	17	12	2:////	0,97	0,12	0,72	61,6	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
1,40	15	28	2:////	0,95	0,14	0,67	46,0	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
1,60	13	28	2:////	0,93	0,15	0,60	34,7	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
1,80	11	33	4:/:	0,87	0,17	0,54	26,1	91	137	42	39	33	36	38	41	35	26	0,078	18	28	33								
2,00	13	28	2:////	0,93	0,19	0,60	26,7	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
2,20	9	22	2:////	0,88	0,21	0,45	16,5	77	115	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
2,40	9	34	4:/:	0,85	0,22	0,45	15,0	77	115	38	26	32	34	37	40	32	26	0,049	15	23	27								
2,60	11	24	2:////	0,91	0,24	0,54	16,9	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
2,80	14	35	4:/:	0,89	0,26	0,64	19,2	108	162	48	37	33	36	38	41	34	26	0,073	23	35	42								
3,00	36	60	3:::	0,89	0,28	--	--	--	--	--	68	38	39	41	43	38	30	0,153	60	90	108								
3,20	21	26	4:/:	0,93	0,30	0,82	22,5	140	210	63	48	35	37	39	42	35	27	0,099	35	53	63								
3,40	20	30	4:/:	0,93	0,32	0,80	20,1	136	204	60	45	34	37	39	42	34	27	0,091	33	50	60								
3,60	18	34	4:/:	0,91	0,33	0,75	17,3	128	191	56	40	34	36	39	41	34	27	0,079	30	45	54								
3,80	14	42	4:/:	0,89	0,35	0,64	13,2	108	162	48	30	32	35	38	40	32	26	0,058	23	35	42								
4,00	12	30	4:/:	0,88	0,37	0,57	10,8	97	146	45	23	31	34	37	40	31	26	0,045	20	30	36								
4,20	14	21	2:////	0,94	0,39	0,64	11,7	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
4,40	11	27	2:////	0,91	0,41	0,54	8,9	96	144	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
4,60	11	33	4:/:	0,87	0,42	0,54	8,4	101	151	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
4,80	28	42	3:::	0,87	0,44	--	--	--	--	--	48	35	37	39	42	34	28	0,100	47	70	84								
5,00	27	51	3:::	0,87	0,46	--	--	--	--	--	46	34	37	39	42	34	28	0,094	45	68	81								
5,20	17	32	4:/:	0,91	0,48	--	--	--	--	--	29	32	35	37	40	31	27	0,056	28	43	51								
5,40	30	112	3:::	0,88	0,49	--	--	--	--	--	48	35	37	39	42	34	29	0,099	50	75	90								
5,60	20	50	4:/:	0,93	0,51	0,80	11,0	136	204	60	33	33	35	38	41	32	27	0,064	33	50	60								
5,80	6	30	4:/:	0,82	0,53	0,30	3,1	146	219	29	--	28	31	35	38	25	26	--	10	15	18								
6,00	7	35	4:/:	0,83	0,55	0,35	3,6	154	231	32	--	28	31	35	38	26	26	--	12	18	21								
6,20	6	22	2:////	0,82	0,56	0,30	2,9	151	227	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
6,40	5	25	2:////	0,80	0,58	0,25	2,2	137	206	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
6,60	23	57	3:::	0,86	0,59	--	--	--	--	--	34	33	35	38	41	32	28	0,067	38	58	69								
6,80	20	50	4:/:	0,93	0,61	0,80	8,8	145	218	60	29	32	35	37	40	31	27	0,055	33	50	60								
7,00	22	66	3:::	0,86	0,63	--	--	--	--	--	31	32	35	38	40	31	28	0,060	37	55	66								
7,20	22	55	3:::	0,86	0,65	--	--	--	--	--	31	32	35	38	40	31	28	0,059	37	55	66								
7,40	14	70	4:/:	0,89	0,67	0,64	5,9	177	265	48	14	30	33	36	39	28	26	0,028	23	35	42								
7,60	11	33	4:/:	0,87	0,68	0,54	4,6	190	285	42	5	29	32	35	38	27	26	0,013	18	28	33								
7,80	14	30	4:/:	0,89	0,70	0,64	5,6	189	284	48	13	30	33	36	39	28	26	0,026	23	35	42								
8,00	25	54	3:::	0,86	0,72	--	--	--	--	--	32	33	35	38	41	31	28	0,063	42	63	75								
8,20	20	25	4:/:	0,93	0,74	0,80	7,0	185	277	60	24	31	34	37	40	30	27	0,046	33	50	60								
8,40	24	72	3:::	0,86	0,75	--	--	--	--	--	30	32	35	38	40	31	28	0,057	40	60	72								
8,60	28	105	3:::	0,87	0,77	--	--	--	--	--	35	33	35	38	41	31	28	0,068	47	70	84								
8,80	30	75	3:::	0,88	0,79	--	--	--	--	--	36	33	36	38	41	32	29	0,072	50	75	90								
9,00	26	78	3:::	0,87	0,81	--	--	--	--	--	31	32	35	38	40	31	28	0,060	43	65	78								
9,20	25	75	3:::	0,86	0,82	--	--	--	--	--	29	32	35	37	40	30	28	0,056	42	63	75								
9,40	17	51	4:/:	0,91	0,84	0,72	5,2	231	346	54	15	30	33	36	39	28	27	0,030	28	43	51								
9,60	9	45	4:/:	0,85	0,86	0,45	2,8	229	343	38	--	28	31	35	38	25	26	--	15	23	27								
9,80	9	34	4:/:	0,85	0,87	0,45	2,7	231	347	38	--	28	31	35	38	25	26	--	15	23	27								
10,00	11	--	2:////	0,91	0,89	0,54	3,3	250	375	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								

**GEOPROBETTI**

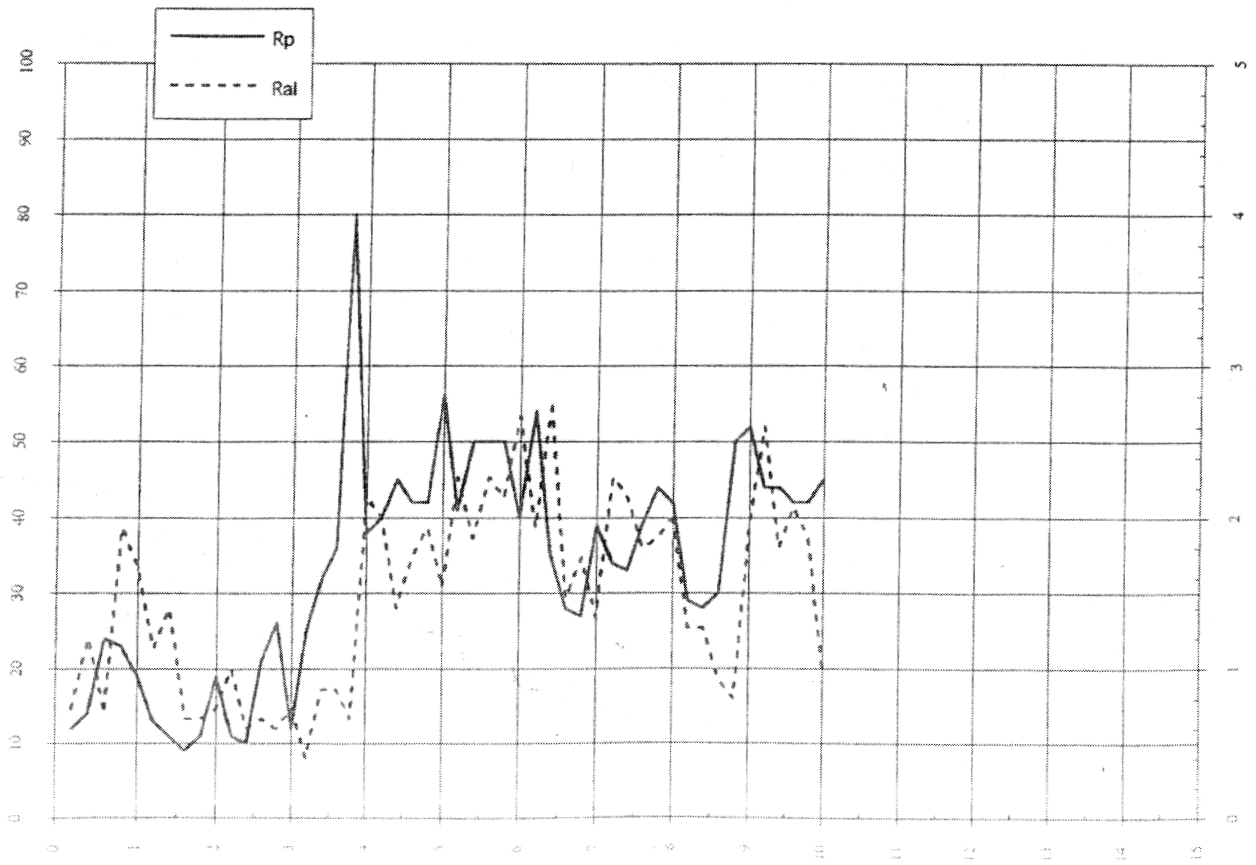
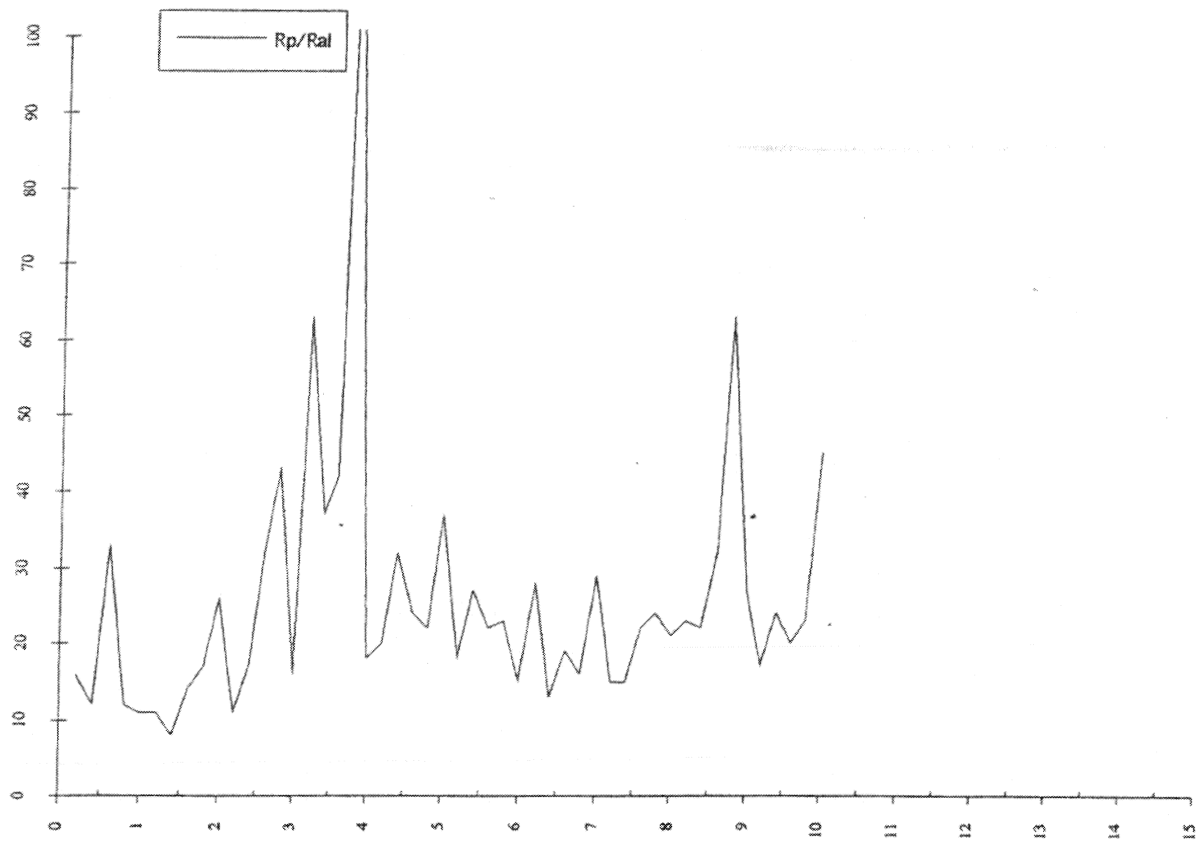
Piazza Martiri della Libertà 45 - 56025 PONTEDERA (PISA)  
 Tel. 0587 / 54881 P. I.V.A. 0886639 058 3

Prova penetrometrica numero : 1  
 Consulente : AN.ME CON.LE PONSACCO  
 Località : PONSACCO  
 Cantiere : CIRCONVALLAZIONE  
 Data : 22.7.87



Committente: Buselli Piero  
Località: Via Rospicciano - Ponsacco

Prova penetrometrica n°: 1  
Data: 16.07.1998



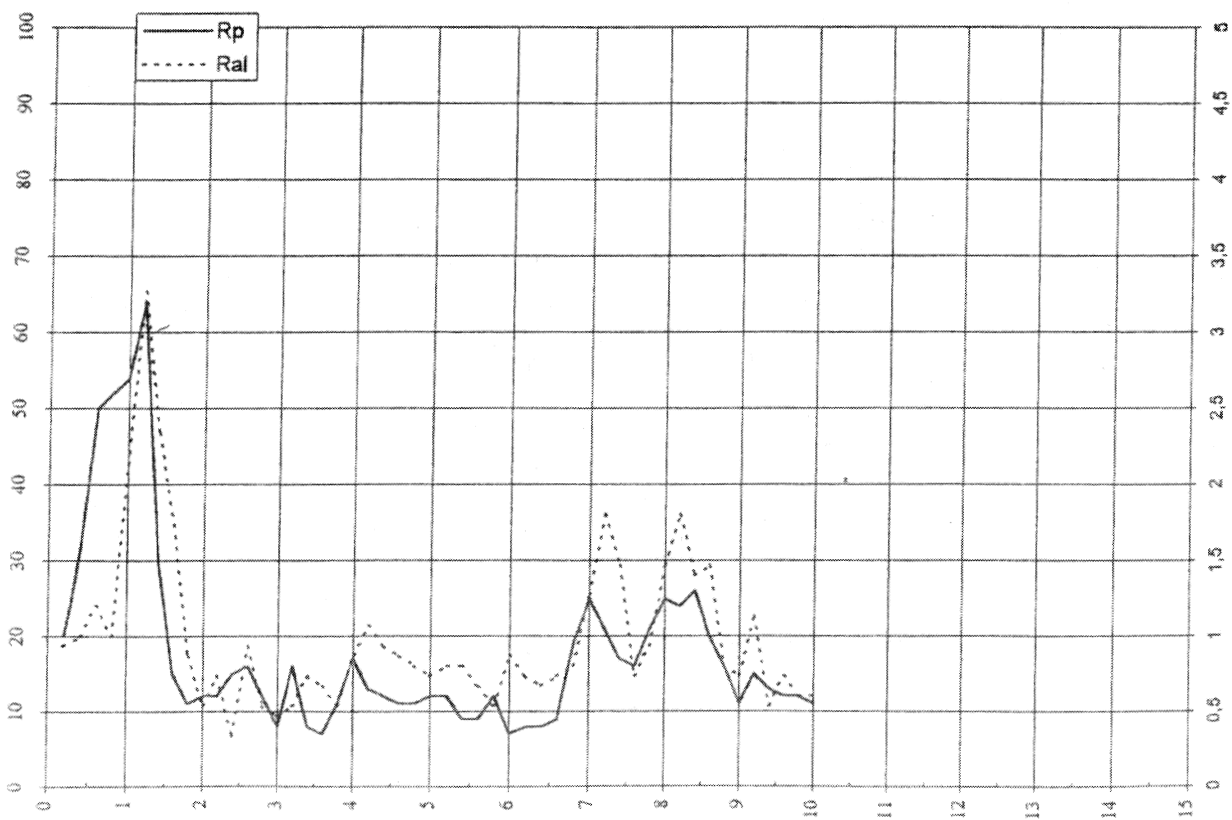
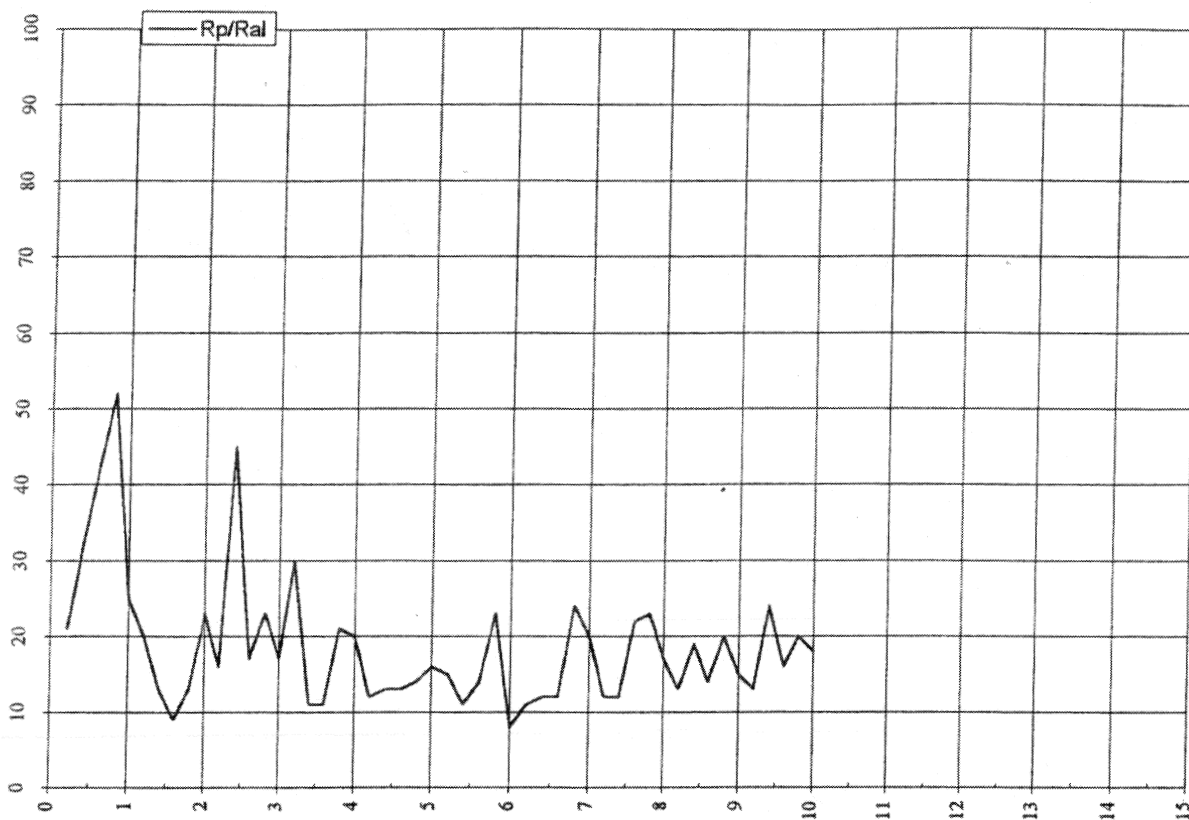


Committente: PUGI PIETRO

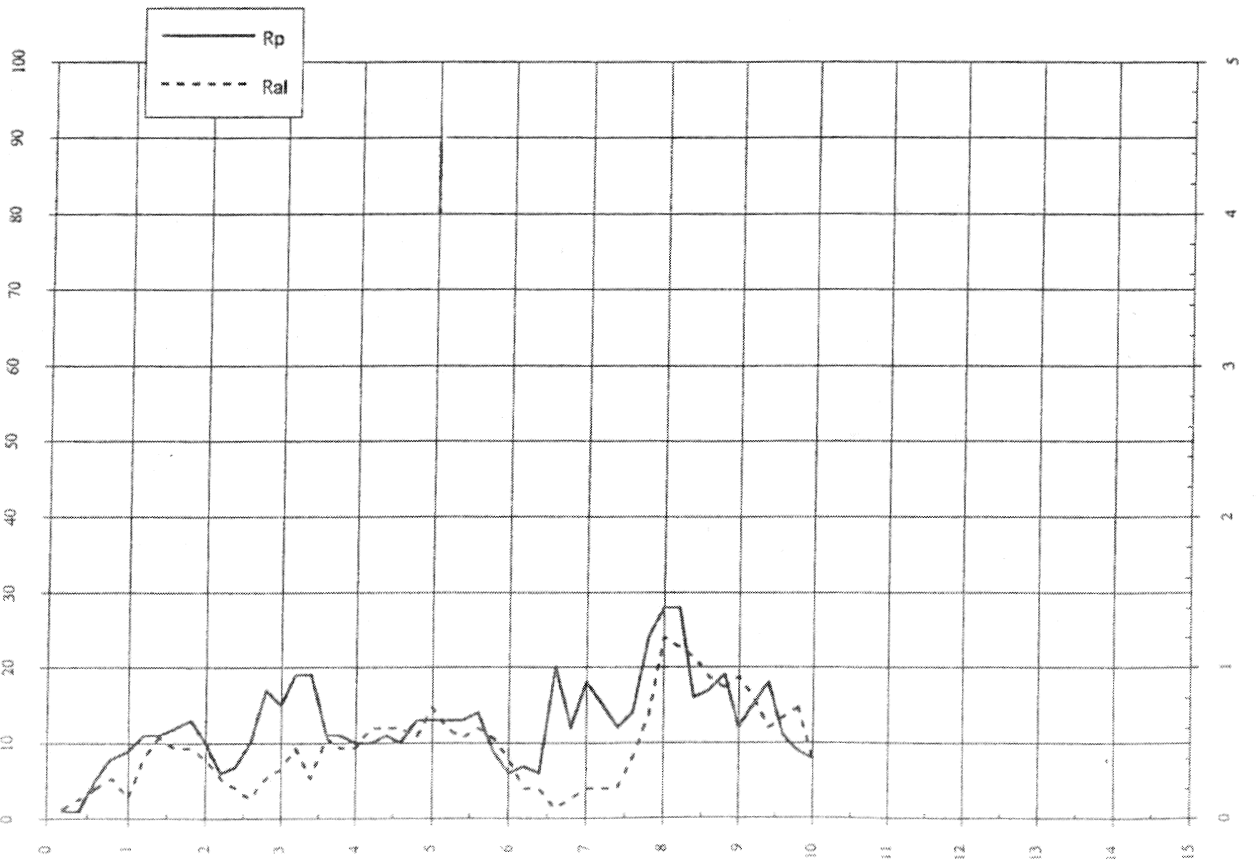
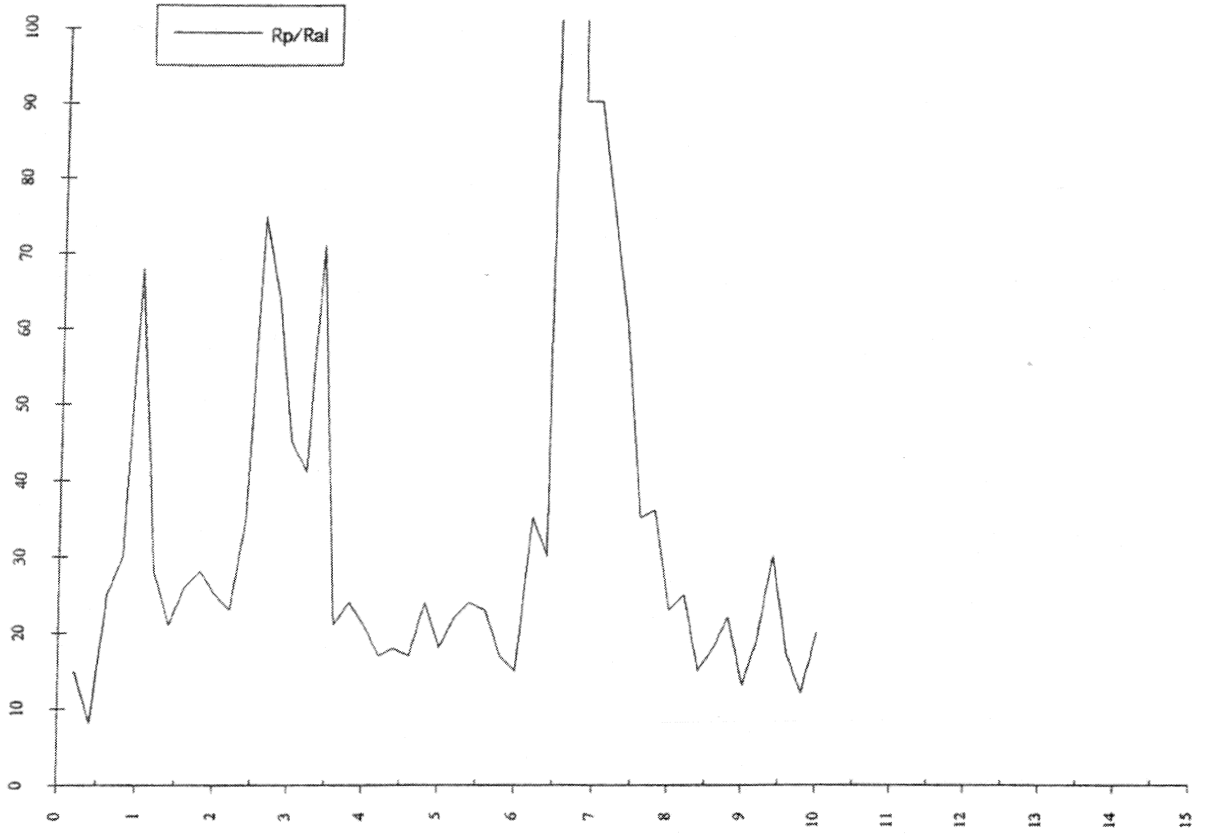
Prova penetrometrica n°: 1

Località: Via di Rospicciano - Ponsacco

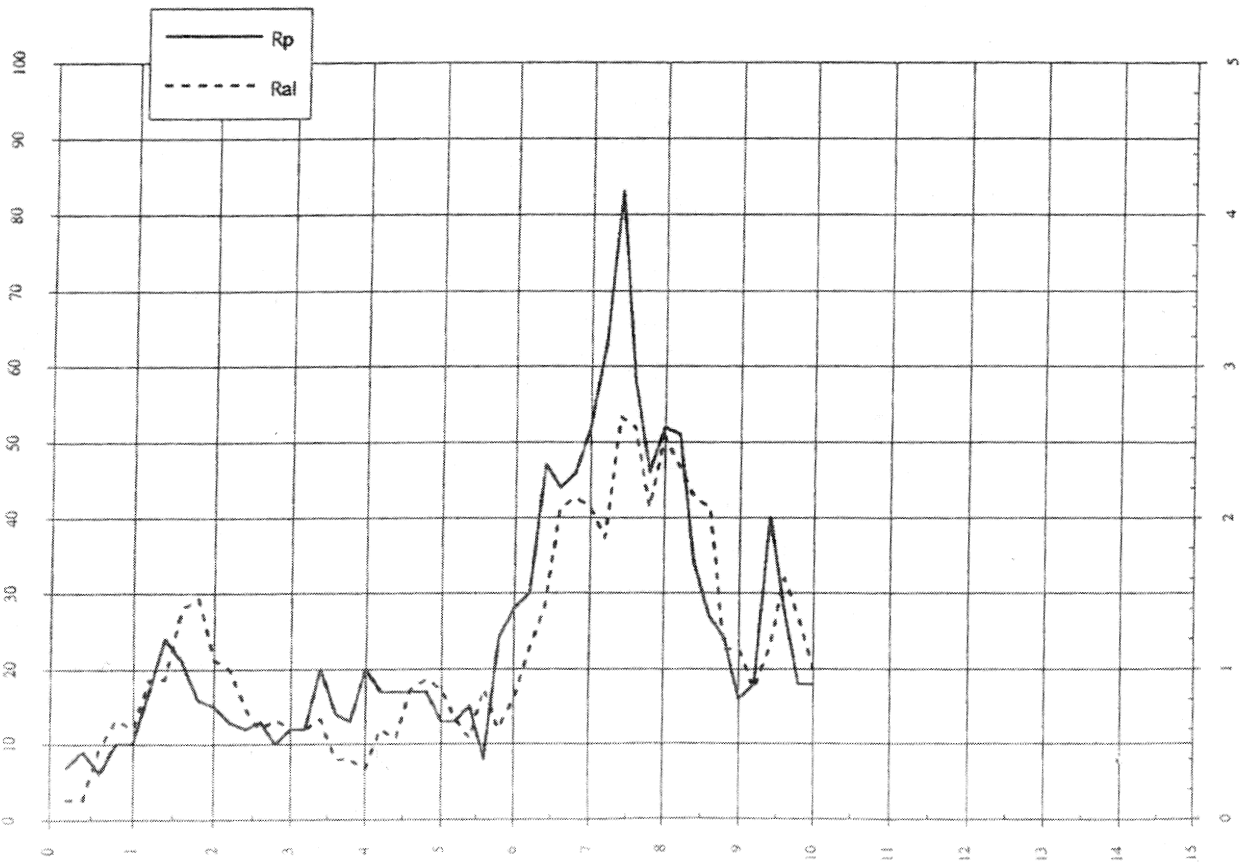
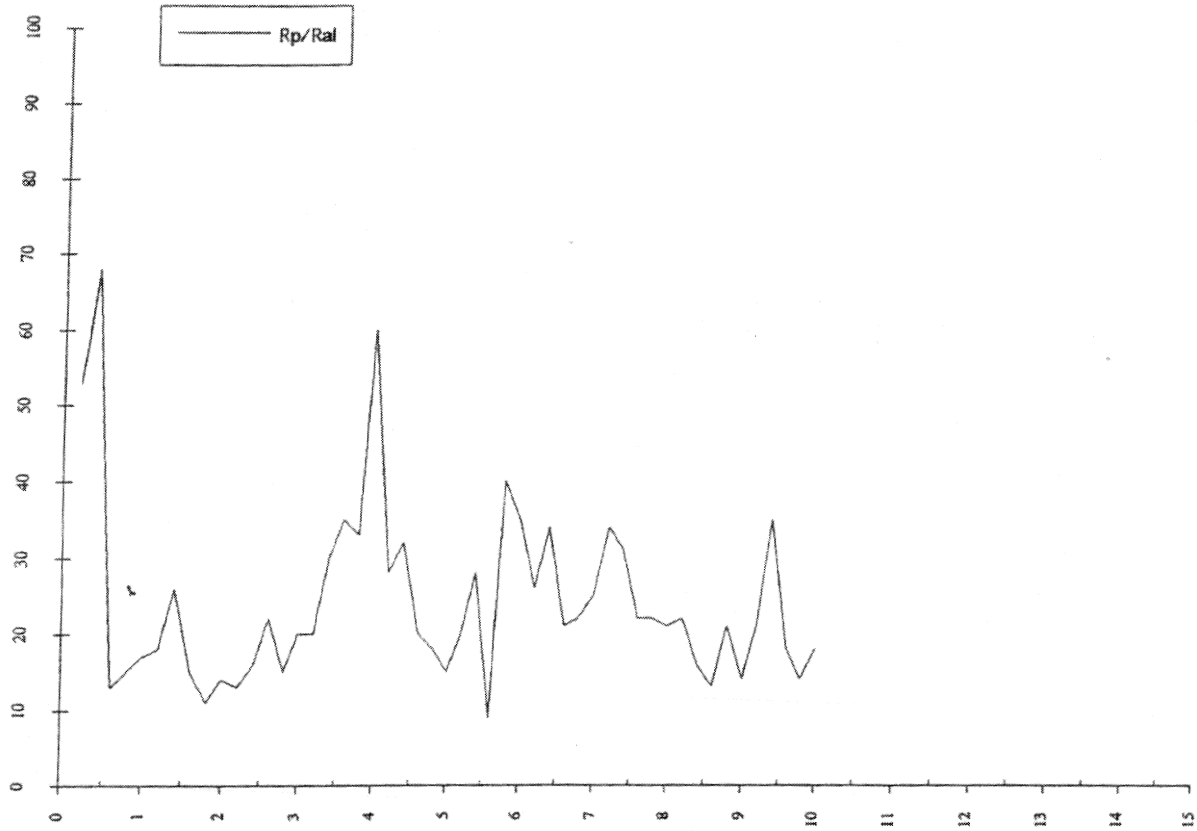
Data: 09 .09 .1998







410



Geognostica

Monitoraggio  
idrogeologico



Geofisica

Indagini  
ambientali

**Committente: Studio Assogeo**

**Località d'indagine: podere Ascellina – Ponsacco (PI)**

**data: 12 / 05 / 2011**



indagine: MASW

strumentazione: Ambrogeo Echo 12/24 2002

software di elaborazione: WinMASW 4.1 std

per la geOLUK s.r.l.,

l'Amministratore

**geOLUK s.r.l.**  
**GEOGNOSTICA E GEOFISICA**  
www.geoluk.com info@geoluk.com

sede legale: Via Nericì, 176 Sant'Anna 55100 Lucca  
sede operativa: Via San Marco, 224 - 55100 Lucca - sede legale: Via Nericì, 176 55100 Lucca  
codice fiscale e numero di iscrizione al registro delle imprese di Lucca: 02069440465  
R.E.A. Lucca n. 194371 - capitale sociale € 10.000,00 i.v.  
tel 393 9371580 - fax 0583 956364 - [www.geoluk.com](http://www.geoluk.com) - [info@geoluk.com](mailto:info@geoluk.com)

## INDICE

1. Premessa.....	3
1.1. Introduzione al metodo.....	3
2. Acquisizione.....	4
2.1.1. Strumentazione impiegata.....	4
3. Elaborazione.....	5
4. Conclusioni.....	7

## ALLEGATI e FIGURE

Sismogramma acquisito in campagna

Spettro di velocità e curva di dispersione e picking

Profilo verticale delle Vs

Determinazione parametro  $V_{s30}$

Esempio di modello stratigrafico

# 1. Premessa

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto del sito in esame, ubicato in località "podere Ascellina" a Ponsacco (PI), è stata effettuata una serie di acquisizioni MASW utili a definire il profilo verticale della  $V_S$  (velocità di propagazione delle onde di taglio).

Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo a quanto riportato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni del DM 14 gennaio 2008 (ex DM 14/09/2005); queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio ( $V_S$ ) entro i primi 30m di profondità.

## 1.1. Introduzione al metodo

La Metodologia M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) adottata per il presente lavoro è una tecnica di investigazione sismica non invasiva del sottosuolo di tipo attivo, presentata nel 1999 in seguito agli studi effettuati dal Kansas Geological Survey (Park et al., 1999). Attraverso l'analisi delle onde superficiali di Rayleigh questa tecnica mira a ricostruire un profilo sismostratigrafico in onde di taglio lungo la verticale in asse col centro dello stendimento (profilo  $V_S$ -z).

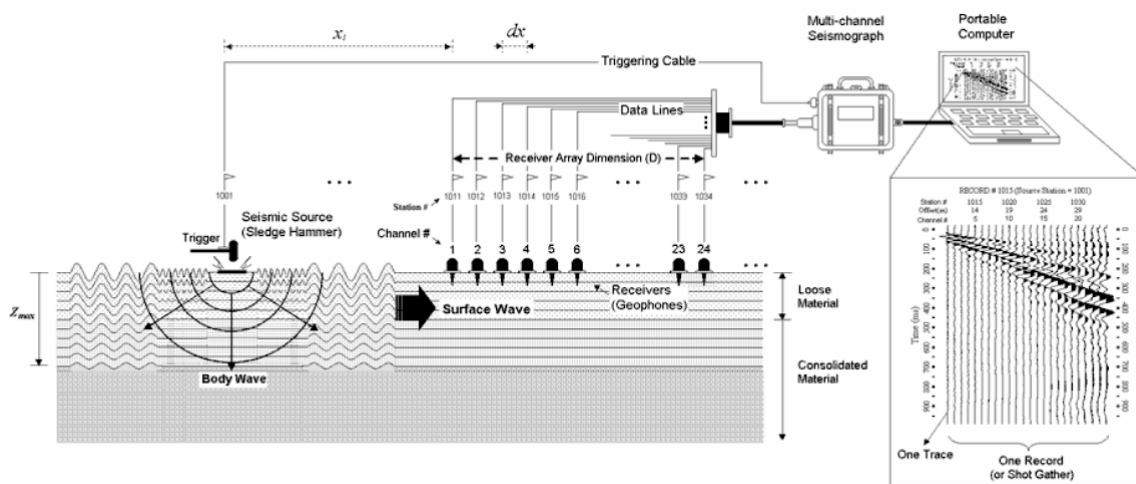


Figura 1. Illustrazione della tecnica di indagine eseguita (SurfSeis – Active Masw, 2006)

La propagazione delle onde, nel caso di mezzi stratificati e trasversalmente isotropi, avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più una unica velocità ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie

lunghezze d'onda (fenomeno detto della dispersione in frequenza). Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, appunto variabili con la profondità. Le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità; al contrario le lunghezze d'onda più piccole, poiché sono associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze della superficie.

Come tutte le tecniche di investigazione del sottosuolo, anche il M.A.S.W. presenta dei limiti nella sua applicabilità e dei vantaggi che devono essere tenuti ben presente nel momento in cui si pianifica e commissiona una campagna di investigazione geofisica. Brevemente i principali limiti della metodologia sono la necessità di operare in condizioni geologiche particolari (strati circa piano paralleli e lateralmente isotropi), la necessità di disporre di una taratura stratigrafica di riferimento fino alla profondità di interesse per ottimizzare il modello finale e la necessità di effettuare lo stendimento su superfici che non presentino brusche irregolarità morfologiche (salti, scalini...)

Per contro, i principali vantaggi della metodologia sono per esempio, a parità di profondità di investigazione, la possibilità di lavorare in ambienti con ingombri limitati, oppure al fine di poter ottimizzare il modello sismostratigrafico finale la possibilità di intervenire attivamente nel software di elaborazione in virtù delle conoscenze geologiche/geotecniche dell'area indagata. Inoltre, la tecnica M.A.S.W riesce, come ad es. il downhole, a rilevare il fenomeno dell'inversione di velocità.

## **2. Acquisizione**

### **2.1.1. Strumentazione impiegata**

#### *Hardware*

L'acquisizione è avvenuta tramite sismografo a 24 canali (mod. Echo 12-24 della Ambrogeo), collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4.5Hz.

Di seguito vengono brevemente elencate le caratteristiche tecniche del sismografo:

- Registrazione a 24 canali
- Impedenza di ingresso 20 Kohm
- Range dinamico: 93 dB
- Conversione A/D a 16 bit
- Intervallo di campionamento selezionabile a: 25, 50, 100, 200, 400, 800, 1000, 30000 ms
- Guadagno 10 dB – 100 dB, passo 1 dB
- Tensione di saturazione +/- 2,3 V



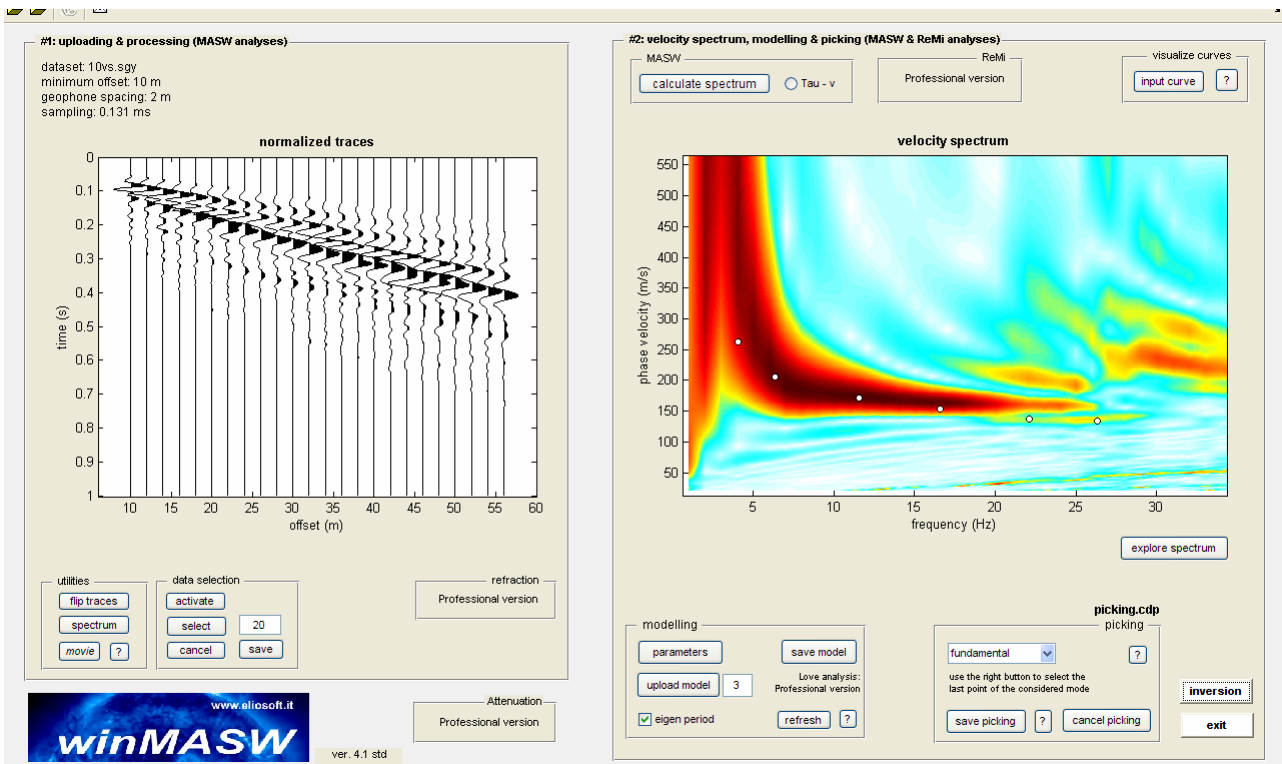
- Distorsione 0,01%
- Campionamento 130 ms
- Filtro passa basso da 50 a 950 Hz, passo 1 Hz
- Alimentazione 12V

## Software

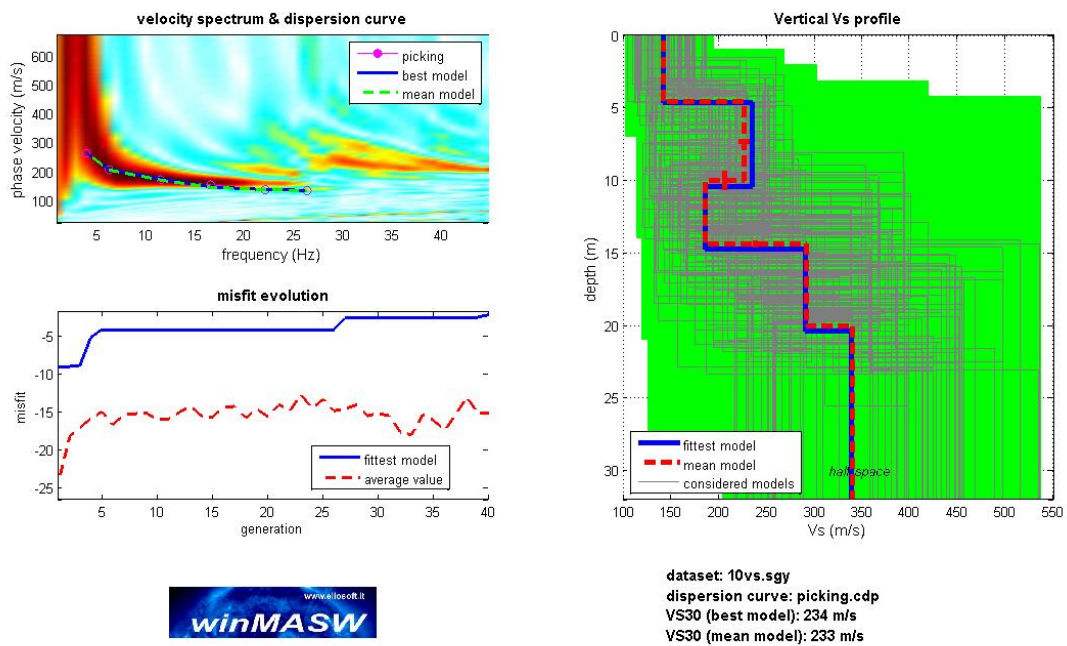
Per la registrazione in campagna del segnale sismico è stato utilizzato il software Ambrogeo v 7.1.1 Segy mentre, per le analisi dei dati acquisiti, è stato adottato il software *winMASW* 4.1.1 Std.

## 3. Elaborazione

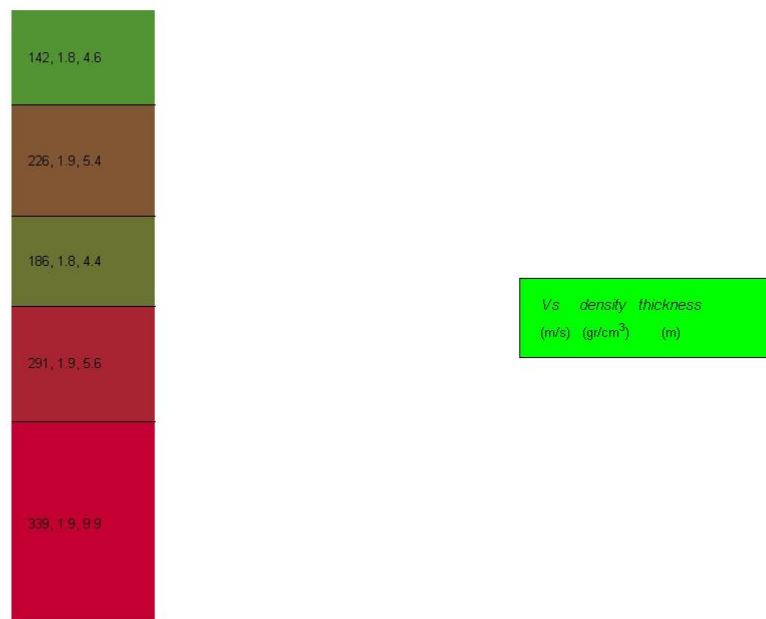
I dati *MASW* sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) e stimare quindi il valore del parametro  $V_{s30}$  utile alla classificazione del terreno (determinazione della categoria di sottosuolo).



**Fig. 2.** Sulla sinistra i dati di campagna e, sulla destra, lo spettro di velocità calcolato.



**Fig. 3.** Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione "piccate" e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale  $V_s$  identificato. In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli *Algoritmi Genetici* – Dal Moro et al., 2007).



**Fig. 4.** Colonnina sismo-stratigrafica di massima del sito. Per ciascun strato indicate VS, densità (stimate) e spessori.

## 4. Conclusioni

Dall'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh, a partire da dati di sismica attiva (MASW) e in riferimento alla ricostruzione stratigrafica (modello di partenza) ricavabile dalle indagini puntuali a taratura messe a disposizione dalla Committenza, è stato elaborato un profilo sismostratigrafico della  $V_s$  monodimensionale al di sotto del centro dello stendimento effettuato.

Sulla base dei dati disponibili viene pertanto fornito il calcolo della  $V_{s,30}$  - a partire dal piano campagna attuale - secondo le modalità di calcolo indicate nella Normativa vigente (D.M. 14/1/2008) "Norme Tecniche per le costruzioni":

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]}.$$

dove:

$h_i$  = spessore (in metri) dell'  $i$ -esimo strato compreso nei primi 30m di profondità;

$V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell'  $i$ -esimo strato;

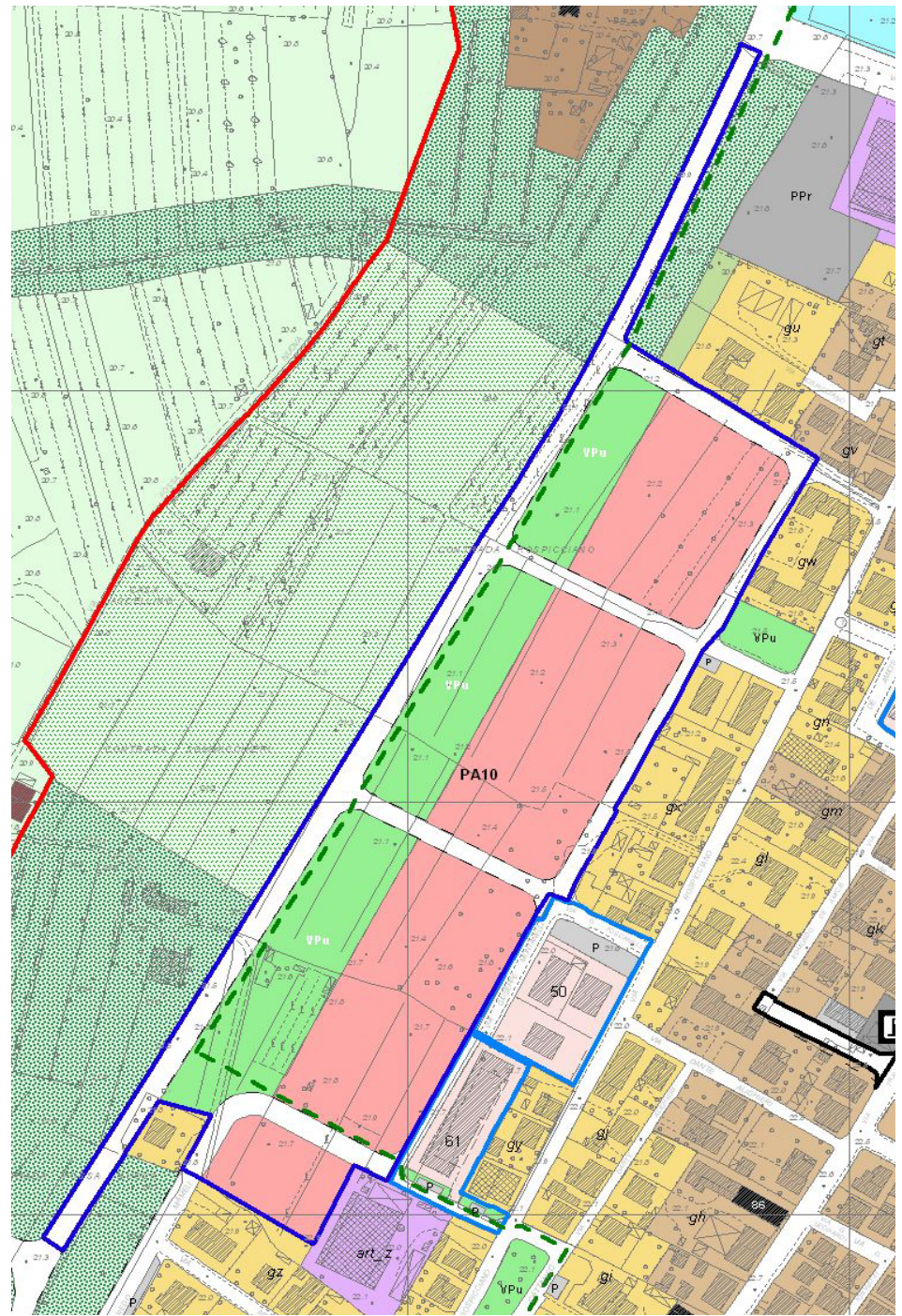
$N$  = numero di strati compresi nei 30m di profondità.

$$V_{s,30} = 233 \text{ m/s}$$

Tuttavia si ricorda che, sempre in ottemperanza alla Normativa, per la determinazione della  $V_{s,30}$  si deve far riferimento alla profondità di imposta delle fondazioni previste nel progetto: per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

<b>U.T.O.E.</b>	<b>Ponsacco</b>			
<b>SCHEMA COMPARTO</b>	<b>PA10</b>			
<i>Destinazione urbanistica</i>	Ambito di espansione residenziale			
<i>Funzioni ammesse</i>	Residenziale Servizi pubblici di interesse generale (caserma carabinieri) Commerciale			
<i>Strumento di attuazione</i>	Piano Particolareggiato di iniziativa pubblica e/o privata convenzionata			
<i>Superficie territoriale</i>	$S_t = 53066$ mq			
<i>Superficie a standard</i>	$\%_{stand} = 60$		$S_{stand} = 31840$ mq	
<i>Superficie fondiaria</i>	$S_f = 21226$ mq			
<i>Parametri urbanistici</i>	$I_t$ (mc/mq)	1	$I_f$ (mc/mq)	2,5
			$h_{max}$ (m)	10
			$R_{c max}$ %	30
	$S_{utile} = 17689$ mq			
	distanza dalla strada = 7,5 mt			
<i>Carico urbanistico previsto</i>	$V_{max} = 53066$ mc di cui 80% resid. = 42453 mc 20% servizi 10613 mc		$N_{ab} = 272$	
<i>Condizioni alla trasformazione</i>	Adozione di misure finalizzate al contenimento dei consumi idrici ed energetici, delle emissioni rumorose, degli inquinanti atmosferici e della impermeabilizzazione dei suoli; verifica preventiva della disponibilità della risorsa idrica e di adeguate possibilità di depurazione (vedi norme RU art.49). Verifiche delle condizioni di fattibilità degli interventi di cui agli elaborati geologico-idraulici. Cessione dell'area per la nuova caserma dei Carabinieri			
<i>Vincoli sovraordinati</i>	Fascia di rispetto della viabilità			
<i>Prescrizioni e orientamenti per la progettazione</i>	L'intervento è finalizzato alla realizzazione di un asse caratterizzato dalla nuova viabilità e da un edificato di qualità inserito all'interno di una importante sistemazione a verde e parcheggi. Tale processo permette la riqualificazione dell'asse storico Ponsacco-Pontedera. Il Piano Attuativo dovrà essere attuato con intervento unitario esteso all'intero comparto, comprensivo delle aree per viabilità, standard e servizi individuate dal R.U. All'interno del comparto dovrà essere prevista, preferibilmente in connessione con la viabilità ed il sistema degli spazi pubblici, un'area per la nuova sede della Caserma dei Carabinieri. Una particolare attenzione dovrà essere posta nella progettazione degli spazi di uso pubblico, i quali, oltre a soddisfare il fabbisogno di parcheggi e di verde, dovranno svolgere una funzione di filtro e protezione rispetto alla nuova viabilità, nonché di rappresentazione del margine urbano. La sistemazione complessiva dell'area dovrà tenere conto delle indicazioni contenute nel Piano del Verde approvato dall'A.C.			

*Estratto cartografico*



**Antonio**

---

**Da:** "Massimo BAGLIONE" <massimo.baglione@regione.toscana.it>  
**A:** "Antonio" <a.esposito@studioassogeo.it>  
**Data invio:** martedì 13 dicembre 2011 23.03  
**Oggetto:** Re: incontro di Firenze del 12.12.2011 promosso dalla Fondazione Geologi Toscana in merito alla DPGR 53/R del 2011

Buonasera.

Le confermo che la carta MOPS deve essere redatta nell'ambito del quadro conoscitivo dello S.U. generale e non nei Piani

Attuativi. Per cui nel caso specifico bisogna fare riferimento al quadro conoscitivo pregresso di cui al 26R.

In altre parole se in quell'area è stata redatta una carta ZMPSL bisogna fare riferimento a tali elementi di pericolosità e

quindi dovranno essere desunte le classi di pericolosità sismica.

Se, al contrario, non esistono carte ZMPSL redatte, allora non deve essere realizzata la carta della pericolosità sismica.

Spero di essere stato chiaro e di avere chiarito i suoi dubbi in merito.

Cordiali Saluti

Massimo Baglione

----- Messaggio originale -----

Da: "Antonio" <[a.esposito@studioassogeo.it](mailto:a.esposito@studioassogeo.it)>  
A: "massimo baglione" <[massimo.baglione@regione.toscana.it](mailto:massimo.baglione@regione.toscana.it)>  
Inviato: Martedì, 13 dicembre 2011 16:54:27  
Oggetto: Fw: incontro di Firenze del 12.12.2011 promosso dalla Fondazione Geologi Toscana in merito alla DPGR 53/R del 2011

Buonasera Baglione,

mi chiamo Antonio Esposito ed ho partecipato all'incontro di ieri sulla 53/R.

Vorrei farle una domanda in merito alla valutazione della pericolosità sismica di un'area soggetta a Piano Attuativo, cartografia da redarre ai sensi della 53/R.

Se non ho capito male per i Piani Attuativi non è necessario fare degli studi mirati di microzonazione sismica, aspetto che dovrebbe essere affrontato in fase di redazione dello strumento urbanistico comunale.

Come faccio allora a redigere la carta della pericolosità sismica? applico la scheda presente nella 26/R?

la ringrazio anticipatamente della risposta

saluti

Antonio Esposito