

## REALIZZAZIONE DI NUOVO FABBRICATO DA ADIBIRE A ARCHIVIO/MAGAZZINO NEL COMUNE DI PRATO IN LOC. IOLO

### DOCUMENTO PRELIMINARE ALLA PROGETTAZIONE – ART. 15 DPR 554/99

#### PREMESSE - TIPOLOGIA DI CONTRATTO

Il presente Documento Preliminare alla Progettazione, di cui all'art. 15 DPR 554/99, ha per oggetto l'edificazione del nuovo Archivio Magazzino Comunale nel Comune di Prato da realizzarsi "CHIAVI IN MANO" mediante locazione finanziaria (leasing in costruendo) - art. 160 bis D.lgs 163/2006 s.m.i.

La struttura contrattuale del leasing in costruendo, di cui all'art. 160bis del D.Lgs. 163/2006, prevede che la società che risulterà aggiudicataria della gara, dovrà obbligarsi, dopo la realizzazione dell'opera indicata dall'Amministrazione indicente la gara, a concederla per un periodo in locazione finanziaria a quest'ultima contro il pagamento di un corrispettivo, fisso ed invariabile, determinato già in fase di offerta, da versarsi a cadenze mensili a decorrere dalla consegna e collaudo positivo dell'opera realizzata .

#### PREMESSE – GESTIONE ATTUALE DEI SERVIZI E STATO DEI LUOGHI

Attualmente il Comune di Prato gestisce il proprio archivio ed il magazzino in vari edifici di proprietà di terzi, dovendo quindi pagare un canone di locazione per ciascuno di essi. Nell'ottica del contenimento della spesa e dell'ottimizzazione delle risorse, l'Amministrazione Comunale ha deciso di concentrare entrambe le funzioni in un unico edificio di nuova realizzazione.

A tal scopo, è stato individuato il lotto, di proprietà dell'amministrazione, posto in località Iolo, tra via D. Bessi, via A. Ghisleri e via C. Cipriani.

Attualmente, un'ampia superficie del lotto, opportunamente recintata, viene utilizzata come deposito all'aperto, mentre la porzione contigua che si affaccia su via Ghisleri risulta ineditata. Su quest'ultima è, inoltre, prevista la realizzazione di un parcheggio con accesso dalle due vie pubbliche, a servizio dell'area sportiva limitrofa (D.C.C. n.73 del 30/07/2010) di cui potrà usufruire anche l'utenza dell'archivio e del magazzino.

#### INQUADRAMENTO URBANISTICO

Il lotto ha destinazione di PRG come di seguito riportata:



<b>Tipo di intervento</b>			<b>ne</b>		
<b>H</b>	<b>12.0</b>	<b>If</b>	<b>0.5</b>		
<b>Sub-sistema</b>			<b>P2</b>		
<b>Destinazione d'uso</b>			<b>St</b>		
<b>Zone omogenee</b>			<b>D</b>		



<b>Unità Minima d'Intervento</b>	<b>23_3</b>
<b>Superficie lotto</b>	<b>38.774,00</b>

Dal punto di vista urbanistico il nuovo edificio si collocherà su porzione, pari a circa 10.900 mq., di un più vasto ambito destinato dal vigente Regolamento Urbanistico a nuova edificazione di servizi tecnici ed amministrativi, con indice fondiario di 0,5 mc/mq di superficie fondiaria e altezza massima di ml. 12,00. Sarà interessata dall'intervento anche una fascia, destinata dal R.U. a giardini pubblici (Vg), che si sviluppa lungo tutto il fronte su via Ghisleri per una profondità di circa 40 ml.

Il nuovo edificio destinato ad Archivio e Magazzino comunali (servizi comunali), risulta funzionalmente conforme alle previsioni della vigente disciplina urbanistica, fatta eccezione per la volumetria di progetto che sarà esuberante rispetto alla potenzialità volumetrica espressa dai parametri urbanistici dell'ambito (mq.  $10.900 \times 0,50 = 5.450$  mc.). A tal proposito il Consiglio Comunale, giusto l'art. 205 della L.R. 1/05, può esercitare i poteri di deroga agli atti della pianificazione territoriale, per interventi pubblici purché su aree già destinate a funzioni pubbliche, con esclusivo riferimento ai parametri dimensionali di intervento, come appunto nella fattispecie.

### INDAGINI GEOLOGICHE

Ai fini della progettazione del fabbricato si rimanda all'ALLEGATO B – Relazione geologica, redatta nella zona prospiciente il lotto di intervento.

### ESIGENZE - FABBISOGNI

Il progetto dovrà prevedere la costruzione di un edificio isolato, possibilmente sviluppato su due piani fuori terra, con superficie coperta di circa 2.300,00 mq.

Al fabbricato dovranno essere annesse aree pertinenziali tali da permettere la totale accessibilità carrabile all'edificio oltre a rappresentare anche un'area utilizzabile come parcheggio interno. Data la prossimità del lotto all'area a deposito all'aperto confinante, si dovrà tener conto della possibilità di connettere direttamente le due attività.

Più precisamente:

L'archivio potrà svilupparsi su due livelli, dove al piano terreno dovranno essere collocate le funzioni quali l'ingresso, la consultazione, il bancone front-office, la zona servizi e lo spazio destinato all'archivio di documentazione a consultazione frequente (circa il 10% della capacità complessiva di archivio). Sempre al piano terreno potranno essere presenti anche il locale tecnico e un accesso dedicato per carico e scarico della documentazione d'archivio. I collegamenti verticali dovranno prevedere oltre la scala, un ascensore capace di trasportare anche materiale di archivio. Al piano superiore saranno ubicati gli uffici per la gestione del servizio e l'archivio vero e proprio. Si dovranno prevedere percorsi d'esodo sicuri e zone filtro tali che da ogni spazio dell'archivio possa essere possibile evacuare l'edificio in assoluta sicurezza, saranno inoltre ben separate e compartimentate le aree di frequentazione dell'utenza e del personale dalle aree di carico e scarico. Al piano superiore dovrà essere prevista almeno una scala di sicurezza esterna.

Il magazzino, per ragioni funzionali si svilupperà preferibilmente su un solo livello al piano terra; sul fronte del fabbricato si dovrà prevedere l'accesso all'attività, dove sarà previsto anche una zona uffici. Il magazzino vero e proprio dovrà comprendere la zona spogliatoi e servizi per il personale. Si dovrà cercare di rendere il magazzino come un luogo facilmente accessibile e sicuro su ogni lato. È preferibile che al lotto si possa accedere sia da via Bessi sia da via Cipriani. La superficie netta destinata a magazzino vero e proprio, esclusi i locali di servizio, sarà pari a circa 1.500,00 mq

### Archivio – ulteriori specifiche

In fase di studio di fattibilità si è preso in esame un sistema di archiviazione con armadi compattabili scorrevoli su rotaia dotati di scaffalature su entrambi i lati.

Tale sistema offre una capacità di archiviazione, per le superfici prese in esame, pari a circa 30.000 ml di archivio, che corrispondono alle richieste a suo tempo formulate dall'Ufficio Protocollo (Prot. n. 100190 del 18/7/2008).

Trattandosi di deposito di materiale cartaceo superiore ai 50 q è considerata attività soggetta a rilascio di Certificato di Prevenzione Incendi (attività 43 del D.M. 16.02.86) e come tale il progetto dovrà prevedere:

- strutture portanti orizzontali e verticali e di compartimentazione tali da garantire una resistenza al fuoco idonea al carico di incendio;
- locali adibiti a deposito di materiali combustibili con superficie di compartimento inferiore a 2.500 mq. (per gli edifici isolati);
- comunicazioni con ambienti di attività pertinenti (anche non soggette) tramite filtro a prova di fumo con strutture e porte di resistenza al fuoco adeguata;

- un sistema di aerazione adeguato;
- un sistema organizzato di vie di uscita per il deflusso degli occupanti verso l'esterno;
- scale, ascensori e montacarichi racchiusi in appositi vani di resistenza al fuoco idonea e dotati di filtro a prova di fumo;
- scaffalature, comunque di tipo metallico, disposte in modo tale da lasciare corridoi di larghezza secondo normativa;
- materiali in deposito sulle scaffalature posizionate ad una distanza non inferiore ad 1 Mt dall'intradosso della copertura.
- impianto elettrico di illuminazione ordinaria e di sicurezza;
- impianti meccanici: impianto di riscaldamento ad aria per i locali; UTA e sistema a pannelli radianti per gli uffici; gruppo di pressurizzazione antincendio;
- impianti antincendio: sistemi di evacuazione automatica di fumo e calore, sistemi automatici di estinzione ad acqua o ad altro estinguente; sistema automatico di rilevazione, segnalazione e allarme antincendio, rete idrica antincendio.

#### **LOCALI DA PREVEDERE NELLA SEZIONE ARCHIVIO**

- consultazione
- uffici
- archivio frequente
- archivio
- servizi – ripostigli
- veni tecnici
- distribuzione
- carico e scarico

#### **LOCALI DA PREVEDERE NELLA SEZIONE MAGAZZINO**

- ingresso
- ufficio
- servizi
- spogliatoi
- filtro
- magazzino

#### **IMPIANTI**

Tutti gli impianti dovranno garantire il massimo livello di comfort per gli utenti, utilizzando tecniche e materiali tali da ridurre sia i costi di realizzazione che di gestione.

Impianti meccanici:

- Impianti di produzione di energia termica;
- Impianto solare termico;
- Impianti idrosanitari (distribuzione acqua potabile fredda, acqua calda sanitaria, apparecchi igienico sanitari, reti di scarico acque nere interne ed esterne al fabbricato fino ai collettori (fognari pubblici))
- Impianti antincendio

Impianti elettrici e speciali:

- Impianti di approvvigionamento energia elettrica ed impianti di autoproduzione,
- Reti di distribuzione elettrica;
- Impianti di forza motrice;
- Impianti di regolazione, comando e controllo per impianti meccanici;
- Impianti di illuminazione generale per interni ed esterni;
- Impianti di illuminazione di emergenza;
- Impianti di rilevazione incendi ed attuazione procedure antincendio;
- Impianti telefonici e trasmissione dati (cablaggio strutturato);
- Impianti controllo accessi, video sorveglianza ed antintrusione.

### CRITERI DI SOSTENIBILITA' AMBIENTALE

Viene richiesta una particolare attenzione nella progettazione, sotto l'aspetto della sostenibilità ambientale per l'intero edificio:

- Impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica a totale o parziale copertura del fabbisogno dell'edificio, anche utilizzando le forme di incentivo promosse dal Governo Italiano;
- Impianto solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria e come integrazione dell'impianto termico;
- Metodi costruttivi e materiali di costruzione eco-compatibili;
- Isolamento termico e acustico nel rispetto delle normative vigenti;

### SISTEMAZIONI ESTERNE

La sistemazione delle aree esterne dovrà garantire:

- Un'area a verde inerbata e piantumata tale da costituire quinta/filtro con la viabilità stradale;
- Un'area pavimentata tale da costituire zona di transito e sosta interna per i mezzi di servizio e del personale della struttura edificata, per il carico e scarico e per l'accesso al piano magazzino;
- Spazi attrezzati per la sosta cicli;
- Organizzazione dei percorsi dei pedoni e dei veicoli.

### REGOLE E NORME TECNICHE DA RISPETTARE

La progettazione dovrà essere redatta nel rispetto della normativa vigente in materia di lavori pubblici:

- D.P.R. 554 del 21.12.1999 e s.m.i. ;
- D.Lgs 163 del 12.04.2006 e s.m.i.;
- D.M. delle Infrastrutture e dei Trasporti 14/09/2005 Testo Unitario sulle Costruzioni
- D.M. 15.09.2005 e s.m.i.;
- L. 41/1986; L. 104/1992; DPR 503/1996;
- Normative e disposizioni di settore;
- Normative di prevenzione incendi: DM 16.02.82 e s.m.i.;
- Norme di igiene e sicurezza sui luoghi di lavoro;
- Norme in materia di isolamento acustico: L. 447/95, DPCM 5.12.97 e s.m.i.;
- Norme in materia di isolamento termico: D.Lgs 192/05 del 19.8.05, D.L. 311/06 del 29.12.06 e s.m.i.;
- Norme per edifici sismici: DM 14.1.08 e s.m.i.

L'opera ricade in un territorio con rischio sismico e classificato dalla Regione (Ord. PCM 3519 del 28.04.2006 - Delib. G.R. n. 431 del 19.06.2006) come zona 3S.

### LIVELLI DI PROGETTAZIONE ED ELABORATI GRAFICI E DESCRITTIVI DA REDIGERE

Elaborati minimi di progetto

Gli elaborati richiesti sono quelli dettagliatamente previsti nel Codice dei contratti e dal Regolamento DPR 554/99. Inoltre sarà cura del progettista predisporre appositi elaborati, anche non tecnici, per meglio evidenziare sia le proposte nel rapporto intermedio sia la valutazione degli impatti.

#### **Progetto preliminare**

Il progetto preliminare sarà redatto secondo le normative afferenti. In ogni caso i contenuti dovranno essere concordati con il Responsabile del Procedimento.

#### **Progetto definitivo**

Il progetto definitivo dovrà essere prodotto in modo da rispondere alle esigenze funzionali sopra descritte oltre che a quanto disposto dalle normative e a quanto necessario per il rilascio dei permessi, nulla osta e autorizzazioni di Enti per il rilascio del permesso di costruire.

#### **Progetto esecutivo**

Il progetto esecutivo comprenderà tutti gli elaborati previsti dalle norme, ivi compreso il piano della sicurezza e di coordinamento.

### LIMITI FINANZIARI DA RISPETTARE, STIMA DEI COSTI E FONTI DI FINANZIAMENTO

Il limite finanziario da rispettare è stabilito in € 3.665.500 ed è comprensivo sia della voce lavori che delle somme a disposizione dell'amministrazione, come meglio specificato nella sottostante tabella.



## QUADRO ECONOMICO

A	Lavori (compreso oneri sicurezza pari a € 30.000,00)	€	2 980 000,00
B	Somme a disposizione a.c.		
B.1	IVA 10% su lavori	€	298 000,00
B.2	spese tecniche comp. iva	€	357 600,00
B.3	allacciamenti utenze	€	15 000,00
B.4	incentivo (prog. preliminare+rup+amministrativi)	€	<u>14 900,00</u>
	<b>TOTALE COMPLESSIVO</b>	<b>€</b>	<b><u>3 665 500,00</u></b>





Gennaio 2011

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Paolo BARTALINI

# ALLEGATO A Planimetria generale

**LEGENDA**

-  AREA D'INTERVENTO
-  PORZIONE EDIFICABILE
-  VG GIARDINI PUBBLICI
-  FASCIA DI RISPETTO DI ml. 70 PER PRESENZA ELETTRODOTTO ALTA TENSIONE

AREA D'INTERVENTO  
superficie: mq. 10.900

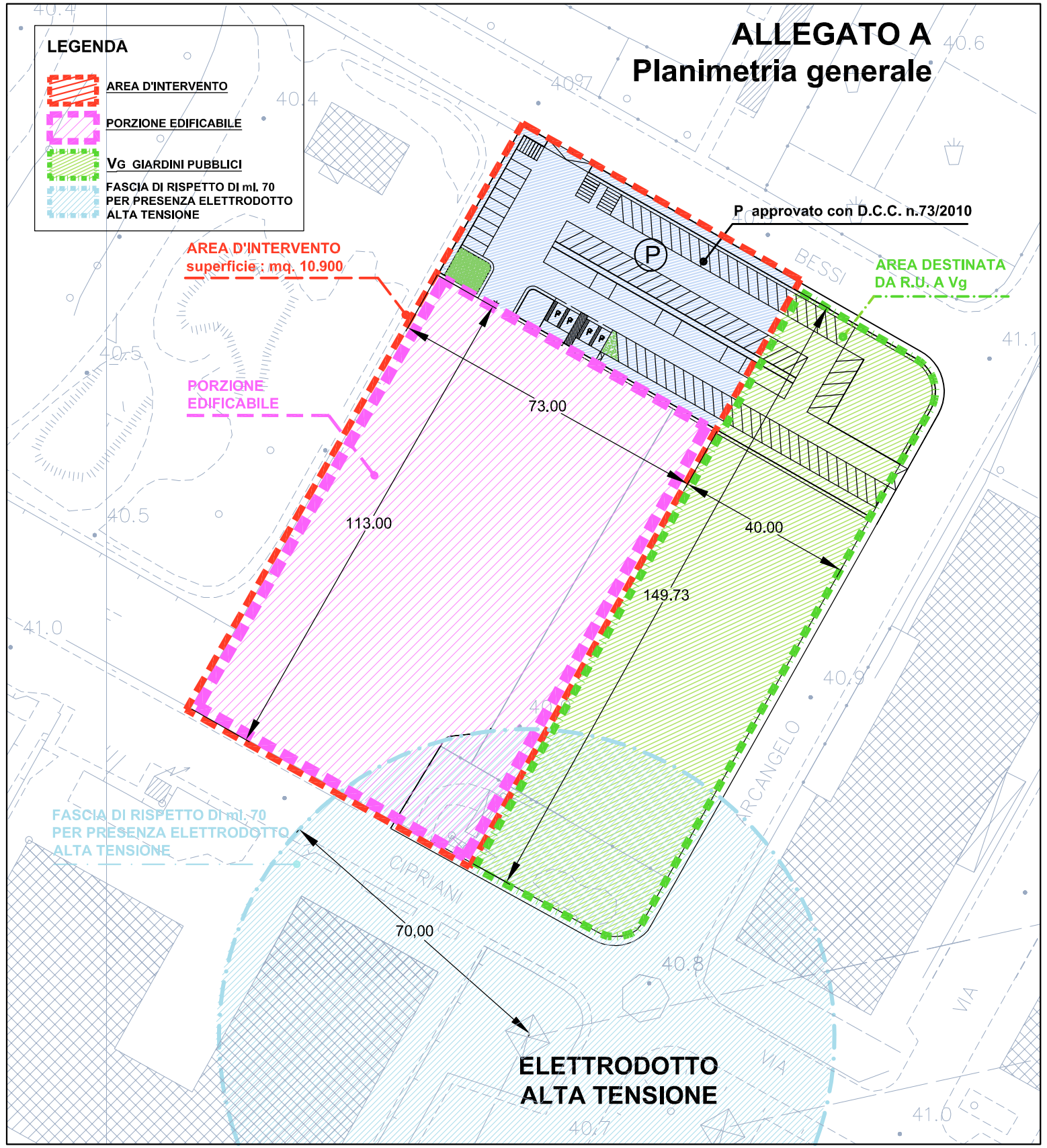
PORZIONE  
EDIFICABILE

P approvato con D.C.C. n.73/2010

AREA DESTINATA  
DA R.U. A Vg

FASCIA DI RISPETTO DI ml. 70  
PER PRESENZA ELETTRODOTTO  
ALTA TENSIONE

ELETTRODOTTO  
ALTA TENSIONE



# COMUNE DI PRATO

Progetto di riqualificazione "Centro sportivo e per il tempo libero"  
Rugby Club I Cavalieri situato in via Bessi, località Iolo

Relazione geologica di supporto al permesso a costruire

Il geologo



Gennaio 2011

## **Premessa**

Questo documento costituisce la relazione geologica di fattibilità di supporto al permesso a costruire per la realizzazione del Centro sportivo e per il tempo libero del Rugby Club I Cavalieri come progetto di riqualificazione delle strutture esistenti in Via Bessi (figura 1), ai sensi dell'art.121 del R.U. vigente.

Per la definizione della fattibilità geologica, idraulica e sismica si prenderanno in considerazione gli esiti della campagna geognostica effettuata nel Luglio del 2004 per la realizzazione dell'attuale club-house. Anche se tale indagine geognostica è stata realizzata prima dell'entrata in vigore delle nuove norme tecniche per le costruzioni D.M. Infrastrutture 14/01/2008 e del DPGR 36/R del 9/07/2009, i dati da essa ricavabili sono sufficienti per una prima verifica delle condizioni generali del substrato.

In questa sede, sulla base degli esiti della suddetta campagna geognostica, si predispone la relazione geologica ai sensi del D.M.14/01/2008 che contiene la caratterizzazione del terreno di fondazione, rimandando l'elaborazione della necessaria relazione geotecnica in sede di deposito al Genio Civile del progetto delle opere strutturali.

In relazione alla tipologia ed alle dimensioni degli edifici la classe di indagine geologica, geofisica e geotecnica di cui all'art.7 del D.P.G.R. n.36/R è da considerare la 2 e la 3 in quanto siamo in presenza di corpi di fabbrica di altezza inferiore ai 10 metri con un volume lordo inferiore ai 1.500 metri cubi ad eccezione dell'edificio che ospiterà una struttura polivalente che supera, in volume, il limite posto per la categoria 2.

## **1. Inquadramento geomorfologico e idrogeologico**

Il contesto geologico e geomorfologico in cui sorge il campo da rugby dei Cavalieri è quello tipico della pianura pratese; terreni completamente pianeggianti con substrato costituito dalle alluvioni fluvio-lacustri più antiche e, in superficie, sedimenti alluvionali depositi dalle inondazioni più recenti dei corsi d'acqua che solcano la pianura (figura 2).

In particolare nella zona di lolo sono presenti, mediamente alla profondità di circa 6-7 metri dal piano di campagna, tipici sedimenti grossolani di tipo sabbioso e ghiaioso estesi con continuità per un ampio areale. Al di sopra la sequenza litologica è costituita, quasi esclusivamente, da argille e limi fino allo strato pedologico del piano di campagna.

Da un punto di vista idrogeologico la sequenza dei terreni argilloso-limosi si può considerare praticamente impermeabile all'infiltrazione e allo scorrimento delle acque sotterranee che, invece, potrebbero essere confinate all'interno degli strati ghiaiosi più profondi.

Il drenaggio delle acque di scorrimento superficiale, invece, è affidato ai fossi e alle scoline ancora presenti, qua e là, non sempre mantenuti in efficienza a causa dell'intensa urbanizzazione.

In ogni caso lo smaltimento delle acque di precipitazione meteorica è affidato alla rete fognaria già presente (figura 3) ed all'infiltrazione dalle aree permeabili.

## **2. Descrizione delle caratteristiche tipologiche e dimensionali del progetto**

L'intervento di riqualificazione si articola in tre aree distinte (figura 4):

Area A1 - denominata "Area rugby" che comprende il campo da rugby, la club-house ed il gruppo spogliatoi esistente, il progetto prevede, la realizzazione di nuove tribune coperte in metallo, con 1750 posti a sedere e la copertura della tribuna esistente; la costruzione di un nuovo blocco biglietteria/servizi di circa 50 mq coperti (edificio A).



Area A2 - denominata "Fantaccini", oggetto di una D.I.A. a parte, prevede la sostituzione del campo sussidiario da calcio con un campo sussidiario da rugby, di supporto al campo già esistente nell'area adiacente, oltre al ripristino e la risistemazione del manto erboso, dell'illuminazione, l'adeguamento alle norme CONI del blocco spogliatoi esistente, nonché un accesso all'area dal lato piscina proprio per migliorare l'accessibilità dell'area.

Area A3 - denominata "Ludico-sportiva", prevede la realizzazione di un'area calcetto con due campi da gioco di dimensioni 18x38 in sintetico, un blocco spogliatoi/servizi di circa 158 mq; una palestra di circa 340 mq complessivi; un'area ludica e sportiva polifunzionale, composta da una struttura coperta di 1.250 mq pronta per ospitare eventuali eventi sportivi, con allegato un blocco bar/ristoro e servizi igienici pubblici di circa 125 mq coperti ed una pista di pattinaggio scoperta di 420 mq; un nuovo parcheggio a raso di circa 2.200 mq con accesso e uscita da via Ghisleri, con una dotazione di circa 70 posti auto.

Al di là della risistemazione delle aree a verde che comprendono anche i campi da gioco, la definizione della fattibilità geomorfologica, idraulica e sismica, riguarderà i nuovi edifici che saranno realizzati con strutture prefabbricate in cemento armato ed in carpenteria metallica, perlopiù ad un piano fuori terra, così come in prefabbricati di tipo metallico saranno realizzate le nuove strutture delle tribune. Per tutti gli edifici si prevede la realizzazione di fondazioni di tipo superficiale.

### **3. Caratterizzazione geotecnica del substrato di fondazione**

Come anticipato in premessa, per una prima verifica delle condizioni generali del substrato di fondazione per le nuove strutture edilizie si può fare riferimento alla campagna geognostica realizzata nel 2004 per la costruzione dell'edificio posto a bordo campo ad oggi utilizzato come club-house.

In quell'occasione furono realizzate quattro prove penetrometriche statiche spinte fino alla profondità di 10 metri ed uno stendimento di sismica a rifrazione (figura 5) per la valutazione della velocità delle onde sismiche nei primi trenta metri di profondità ( $V_{s30}$ ) dal piano di campagna.

In sintesi, si è potuto verificare che il substrato di fondazione è caratterizzato da terreno fine, esclusivamente coesivo, fino alla profondità di circa -6.50 metri; oltre tale profondità si rileva la presenza di uno strato prevalentemente ghiaioso-sabbioso. In particolare:

#### **CPT 1**

- 1) da 0.00 a -5.80 metri alternanza di argilla consistente e argilla limosa plastica che, nel complesso sono dotate di una coesione media pari a  $C_u=0.65$  kg/cmq.
- 2) da -5.80 a -6.60 metri alternanza di limo argilloso consistente e argilla limosa molto consistente caratterizzati da valori della coesione più alti ( $C_u=1.50$  kg/cmq);
- 3) da 6.60 a -10.00 metri sabbia limosa, ghiaia sabbiosa e ghiaia in alternanza di livelli che, nel complesso, costituiscono uno strato ben addensato caratterizzato da valori della densità relativa ( $D_r$ ) superiori all'85%.

#### **CPT 2**

- 1) da 0.00 a - 6.60 metri si rileva un orizzonte pressochè continuo di argilla limosa plastica, maggiormente consistente nella porzione superficiale e basale, a contatto con lo strato sabbioso-ghiaioso sottostante. Nel complesso il valore della coesione  $C_u$  è pari a 0.70 kg/cmq;
- 2) da -6.60 a -10.0 metri sabbia ghiaiosa e ghiaia addensata con valori di densità relativa  $D_r$  intorno all'85%;

#### **CPT3**

- 1) da 0.00 a -0.80 metri terreno di riporto;
- 2) da -0.80 a - 5.60 metri fango poco consistente;

- 3) da -5.60 a -6.60 metri argilla limosa e limo argilloso sabbioso consistente ( $C_u=0.80$  kg/cmq);
- 4) da -6.60 a -7.20 metri sabbia ghiaiosa addensata ( $D_r=85\%$ ); la prova è stata interrotta a questa profondità per rifiuto all'avanzamento della punta all'interno dello strato sabbioso-ghiaioso.

#### **CPT4**

- 1) da 0.00 a -0.60 metri terreno di riporto;
- 2) da -0.60 a -2.20 metri argilla limosa consistente ( $C_u=1.10$  kg/cmq);
- 3) da -2.20 a -5.00 metri argilla limosa e limo argilloso plastico ( $C_u=0.70$  kg/cmq);
- 4) da -5.00 a -5.40 limo argilloso soffice ( $C_u=0.50$  kg/cmq);
- 5) da -5.40 a -6.60 limo argilloso sabbioso mediamente addensato ( $C_u=1.8$  kg/cmq);
- 6) da -6.60 a -7.00 metri sabbia ghiaiosa e ghiaia addensata ( $D_r>90\%$ ); la prova è stata interrotta a questa profondità per rifiuto all'avanzamento della punta del penetrometro.

Come si evince dalla descrizione sopra indicata ed anche dai "report" delle prove in Appendice 1 la prova CPT3 si differenzia fortemente dalle altre in quanto indica la presenza di terreni molto compressibili e poco consistenti, addirittura fangosi, al di sopra dello strato sabbioso-ghiaioso che, invece, si conferma come orizzonte continuo ed esteso per tutta l'area indagata.

La prova numero 4, fatta in un secondo momento, è stata, quindi, finalizzata ad una ulteriore verifica delle condizioni locali del piano di appoggio delle fondazioni, in quanto la prova numero 3, molto probabilmente, aveva interessato un fosso tombato durante le fasi di costruzione delle prime strutture e piazzali intorno ai campi da gioco.

#### **3.1 Misurazione della falda**

Nel corso delle prove penetrometriche, attrezzate con piezometro costituito da un tubo in pvc fenestrato, non è stata rilevata la presenza di acqua di falda. Poiché le prove penetrometriche sono state realizzate in ottobre e nei primi giorni di luglio, considerata anche l'abbondanza delle precipitazioni invernali e primaverili di quest'anno, si può ritenere corretto, che in quella zona la falda acquifera si mantenga ad una profondità superiore ai 10 metri.

#### **4. Definizione dell'azione sismica**

Nella campagna geognostica del 2004 fu effettuata anche una indagine di sismica a rifrazione, con onde P di compressione e onde SH di taglio, per individuare la velocità delle onde sismiche nei primi 30 metri di profondità e, di conseguenza, individuare la "categoria di suolo di fondazione" ai sensi dell'allora vigente Ordinanza Ministeriale n°3274. Quest'ultima anticipava l'approvazione definitiva del D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 recante le nuove norme tecniche per le costruzioni che, ad oggi, definiscono le nuove verifiche geotecniche da elaborare per la realizzazione di tutte le strutture edilizie.

Da un punto di vista sismico, il recente decreto ministeriale ripropone, sostanzialmente, le stesse indicazioni contenute nell'Ordinanza Ministeriale, tanto che l'indagine sismica, già effettuata, ci permette di valutare l'azione sismica anche per i nuovi edifici proposti nel piano di riqualificazione.

#### **4.1 Prova geofisica mediante sismica a rifrazione**

Lo stendimento sismico (in Appendice 2) ha permesso di misurare la velocità delle onde sismiche che si propagano in profondità, mettendo in evidenza tre differenti "orizzonti" sismici caratterizzati dalle seguenti velocità delle onde S:

H1 (0 a -4 m.)  $V_1 = 131 - 142$  m/s

H2 (da -4 a -14 m.)  $V_2 = 331$  m/s

H3 (oltre -14 m.)  $V_3 = 588$  m/s

Per definire l'azione sismica di progetto è necessario valutare la risposta sismica locale mediante il metodo che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento così come espresse nelle seguenti Tabelle 1 e 2 (Tabelle 3.2.II 3.2.III del D.M.14/1/08).

Tabella 1 - Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	Annessi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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	Rocce 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 $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{q(T),30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	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 $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{q(T),30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	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 $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{q(T),30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 30 m, posti nel substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 2 - Categorie aggiuntive di sottosuolo

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Sulla base delle misure di velocità, ed in accordo con la nuova normativa, viene calcolato il valore del parametro  $V_{s,30}$  tramite la formula:

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

Dalla geologia dell'area si desume che lo spessore dei depositi alluvionali è superiore a 30 m; mentre dalle misure sismiche, ottenute con tecnica di sismica a rifrazione si ha indicazione di valori di  $V_{s,30}$  di circa 330 m/sec. Si può pertanto concludere che il sito in esame ricade nella categoria di sottosuolo C.

Per quanto riguarda la situazione geomorfologica si osserva che in condizioni topografiche riconducibili a geometrie semplici si può fare riferimento alla Tabella 3 (Tabella 3.2.IV delle NTC):

Tabella 3 - Categorie topografiche

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

Poiché il sito d'intervento presenta una morfologia pianeggiante la categoria topografica di appartenenza è la T1. Pertanto gli effetti delle caratteristiche stratigrafiche e topografiche del sito contribuiscono a modificare la forma spettrale attraverso i coefficienti  $S_s$ ,  $S_t$  e  $C_c$  definiti dalle seguenti Tabelle 4 e 5 (Tabelle 3.2.V e 3.2.VI delle NTC).

Tabella 4

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_v \cdot \frac{a_p}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_0^*)^{-0,25}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_v \cdot \frac{a_p}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_0^*)^{-0,35}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_v \cdot \frac{a_p}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_0^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_v \cdot \frac{a_p}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_0^*)^{-0,40}$

Tabella 5 - valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_t$

Categoria topografica	Ubicazioni dell'opera o dell'intervento	$S_t$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cratta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cratta del rilievo	1,4

## 5. Pericolosità geologica e idraulica

Nella figura 6 si riporta l'estratto della carta della pericolosità geologica di supporto al P.S. vigente in scala 1:5.000. In questo elaborato si può verificare che l'area oggetto dell'intervento è inserita in classe due di pericolosità geologica. Questo significa che data la morfologia e la costituzione litologica del substrato (depositi alluvionali prevalentemente argillosi e limosi) non si sono rilevate particolari problematiche di tipo geologico e/o idraulico tali da far ritenere necessari particolari approfondimenti di indagini, in fase esecutiva, rispetto a quelle previste dalla normativa vigente. In particolare l'indagine geognostica preliminare ha permesso di verificare la discreta consistenza del terreno di fondazione confermando la classe 2 di pericolosità geologica indicata a livello generale. Relativamente alla pericolosità idraulica, si può fare riferimento alla cartografia del Piano stralcio Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno che oltre ad esser sovraordinata alla carta di pericolosità del Piano Strutturale è anche più recente. In figura 7 si evidenzia come l'area oggetto di studio rientra in classe di pericolosità media (P.I.2) secondo la quale non vengono imposte ulteriori condizioni per la fattibilità degli interventi rispetto a quanto già previsto a livello locale con il P.S. ed il R.U.

## 6. La fattibilità geologica

Conseguentemente alla definizione della pericolosità geologica e, in relazione all'articolo 121 delle norme tecniche di attuazione del Regolamento Urbanistico vigente, poiché il progetto proposto si configura come "Ristrutturazione urbanistica/Recupero ambientale" ricadente in una zona posta a pericolosità geologica e idraulica 2, si può attribuire la classe 2 di fattibilità geologica. Questa classificazione indica, infatti, situazioni fisiche nelle quali non si riconoscono particolari fenomeni di origine fisica e antropica tali da richiedere indagini di dettaglio a livello di

“area complessiva”. Le normali indagini geologico-tecniche previste dalla normativa vigente (D.M.14/1/08 e DPGR.n.36/R/07), opportunamente dimensionate rispetto alla tipologia ed alle caratteristiche delle nuove strutture edilizie, saranno sufficienti per la caratterizzazione meccanica del terreno di fondazione comunque necessaria per il deposito al Genio Civile.

Tipi di intervento	Pericolosità														
	2	2f	3	3r	3v	3d	3s	3e	4fr	4acc	4tr	4i	4a	4r	4all
Manutenzione ordinaria	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Manutenzione straordinaria	2	2	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3
Risanamento conservativo	2	2	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3
Restauro	2	2	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3
Ristrutturazione	2	2	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3
Ampliamento	2	2	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3
Demolizione/ricostruzione	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4
Demolizione	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ristrutt.urbanist./recupero ambientale	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4
Nuova edificazione e nuovo impianto	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4

In sede di progettazione esecutiva si dovrà, quindi, procedere alla realizzazione di una specifica campagna geognostica che possa integrare quanto già rilevato in precedenza per poter elaborare le verifiche geotecniche a lungo ed a breve termine, previste dalle nuove norme tecniche per le costruzioni.

A questo proposito, anche in relazione al DPGR.n.36/R/07 che stabilisce le classi di indagine geognostica in relazione alla tipologia ed alle dimensioni delle nuove strutture edilizie, si può affermare che l'indagine di sismica a rifrazione già eseguita può essere utilizzata per le verifiche geotecniche di tutti i nuovi edifici previsti dal progetto di riqualificazione in quanto gli stessi rientrano in categoria 2 e 3.

In riferimento al fatto che nella precedente campagna geognostica è stato intercettato un fosso di scolo, parzialmente tombato, si ritiene necessario, in sede di realizzazione della nuova campagna geognostica, prestare particolare attenzione nell'interpretazione dei dati rilevati nei primi due-tre metri di profondità.

Relativamente alla zona di rispetto dei punti di approvvigionamento idrico dell'acquedotto sarà necessario prevedere il collettamento di tutte le acque reflue unicamente in fognatura ai sensi del D.Lgs.n.152/06.

Prato, 17 gennaio 2011



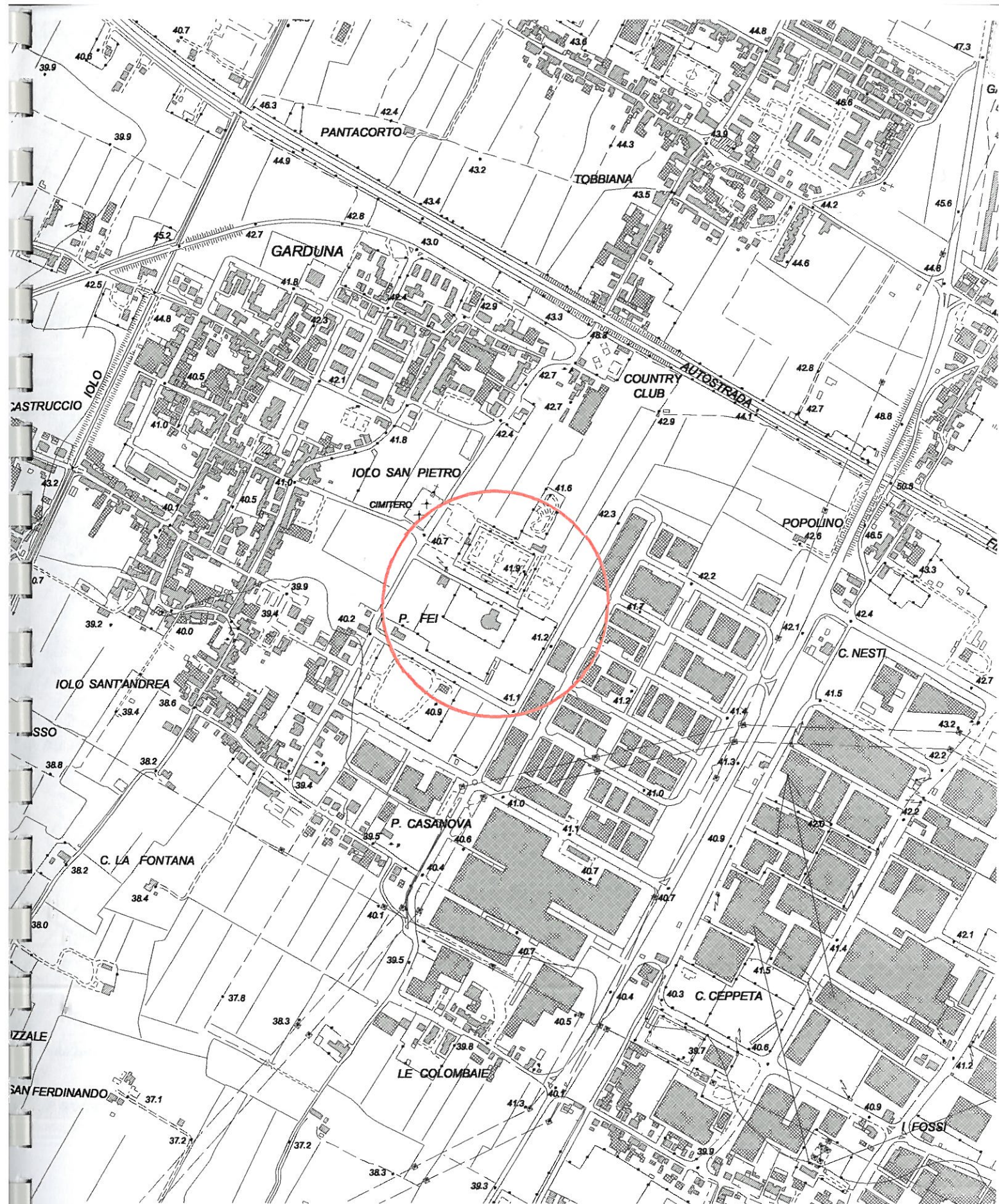


figura 1 - ubicazione della zona di intervento scala 1:10.000

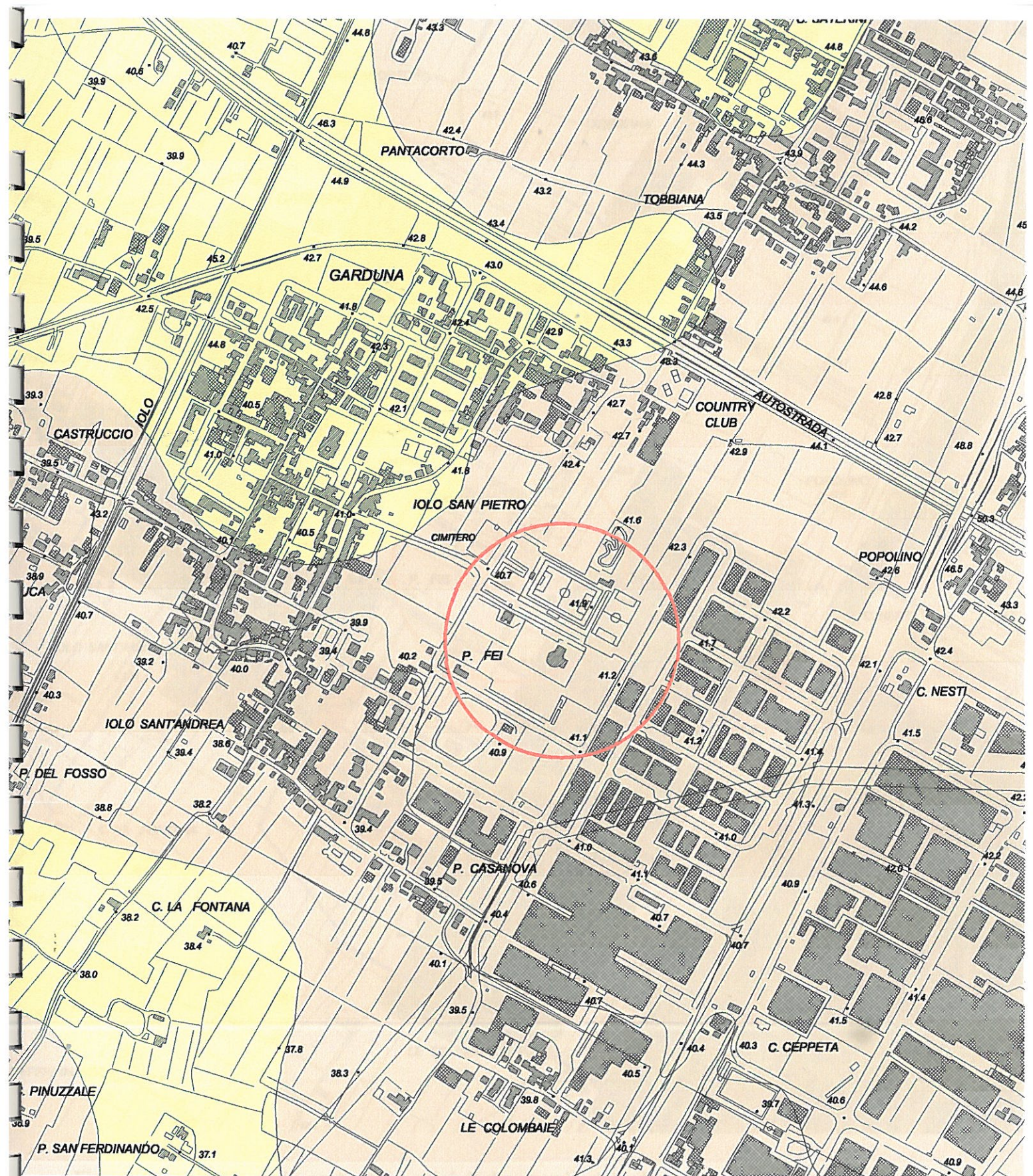


figura 2 - estratto della carta geolitologica del P.S. scala 1:10.000

*depositi alluvionali superficiali*

- terreni prevalentemente limosi*
- terreni prevalentemente argillosi*

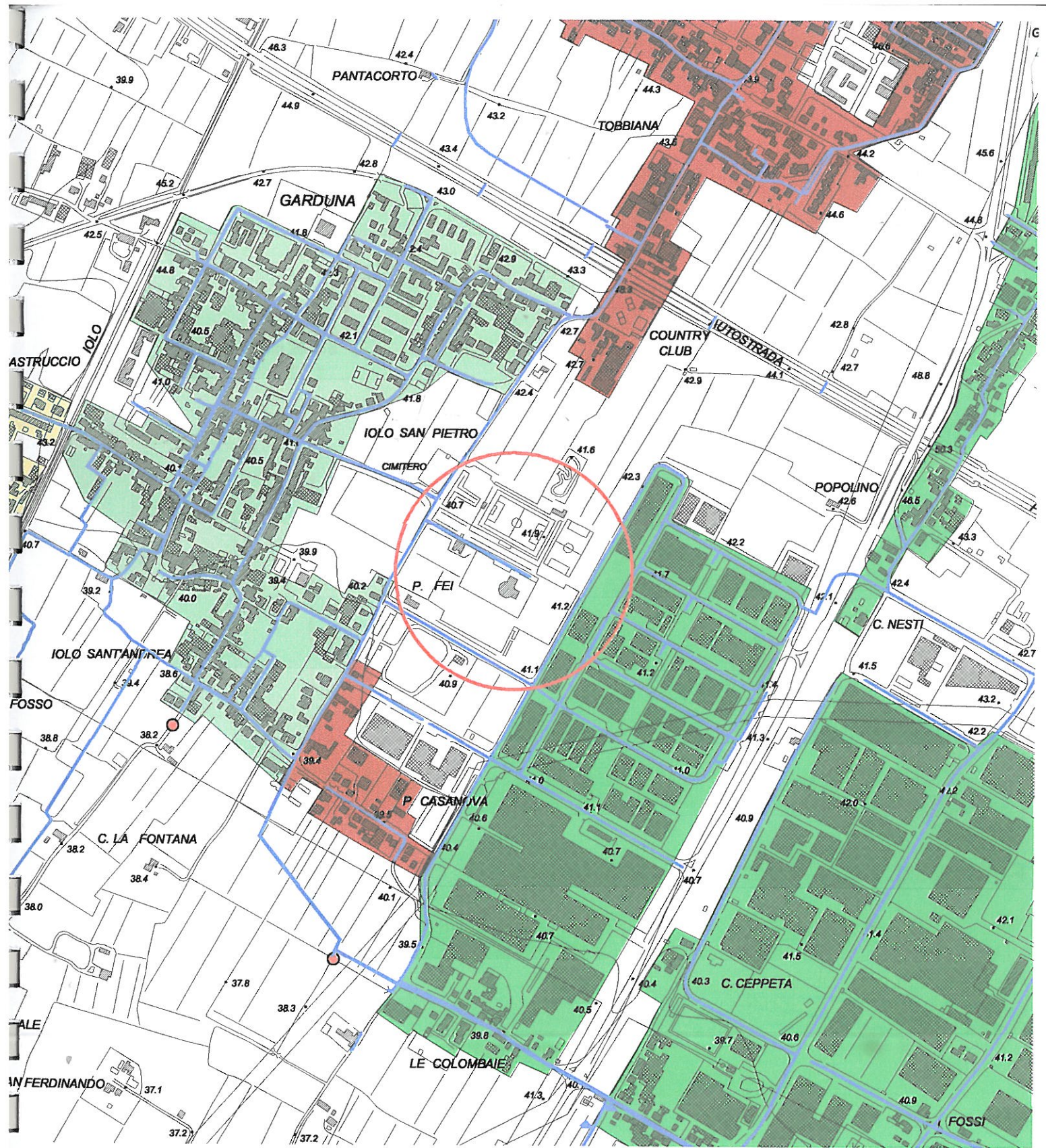








Figura 3 - estratto della carta dei bacini di drenaggio delle fognature scala 1:10.000

- |   |   |  |  |
|---|---|--|--|
|  | <i>Viaccia, Sant'Ippolito, Casale</i>       |  | <i>condotti fognari principali</i>   |
|  | <i>Galciana Sud, Capezzana, Tobbiana</i>    |   | <i>scolmatore che sversa nella rete di deflusso delle acque superficiali</i> |
|  | <i>Iolo S. Pietro, Iolo S. Andrea</i>       |  |  |
|  | <i>S. Giusto, Città ovest, Macrolotto I</i> |  |  |



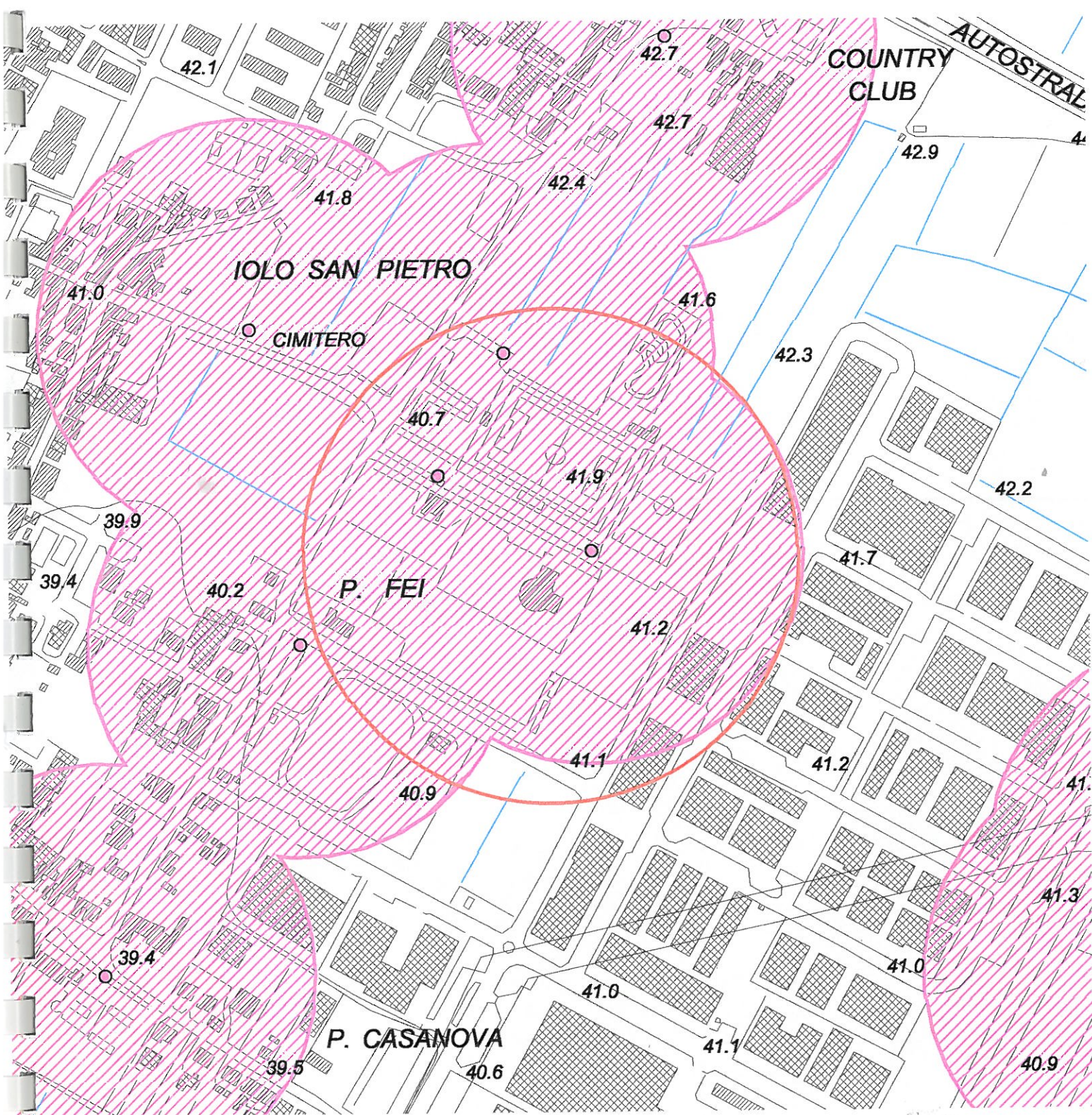


figura 6 - estratto della carta della pericolosità geologica del P.S. scala 1:5.000

- 2 pericolosità bassa
- pozzo ad uso acquedottistico
- zona di rispetto dei pozzi ad uso acquedottistico (D.Lgs.n.152/06)

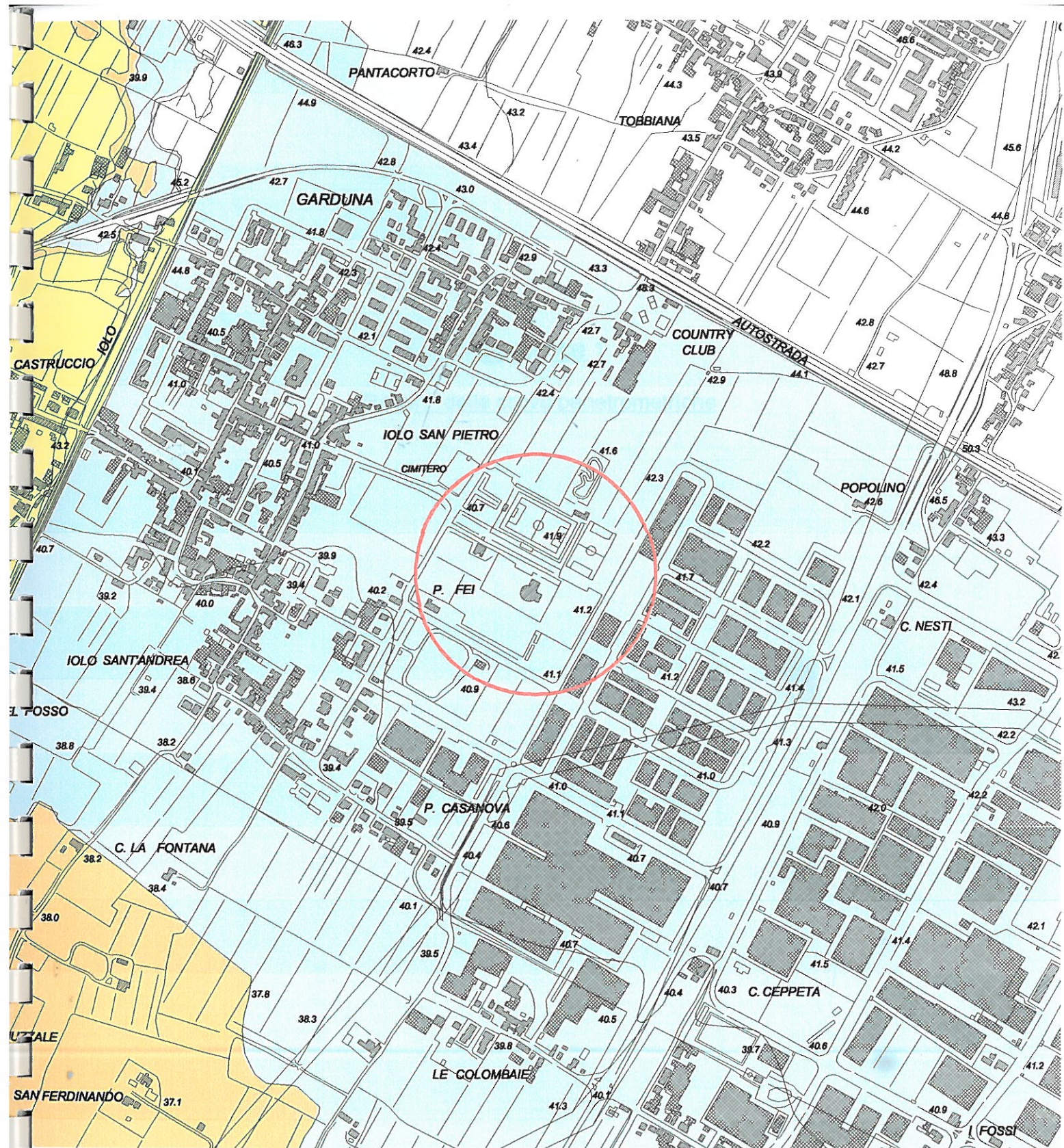


figura 7 - estratto della cartografia del P.A.I. scala 1:10.000 (aggiornato ad ottobre 2010)

- P.I.1 pericolosità idraulica moderata
- P.I.2 pericolosità idraulica media
- P.I.3 pericolosità idraulica elevata
- P.I.4 pericolosità idraulica molto elevata

Appendice 1

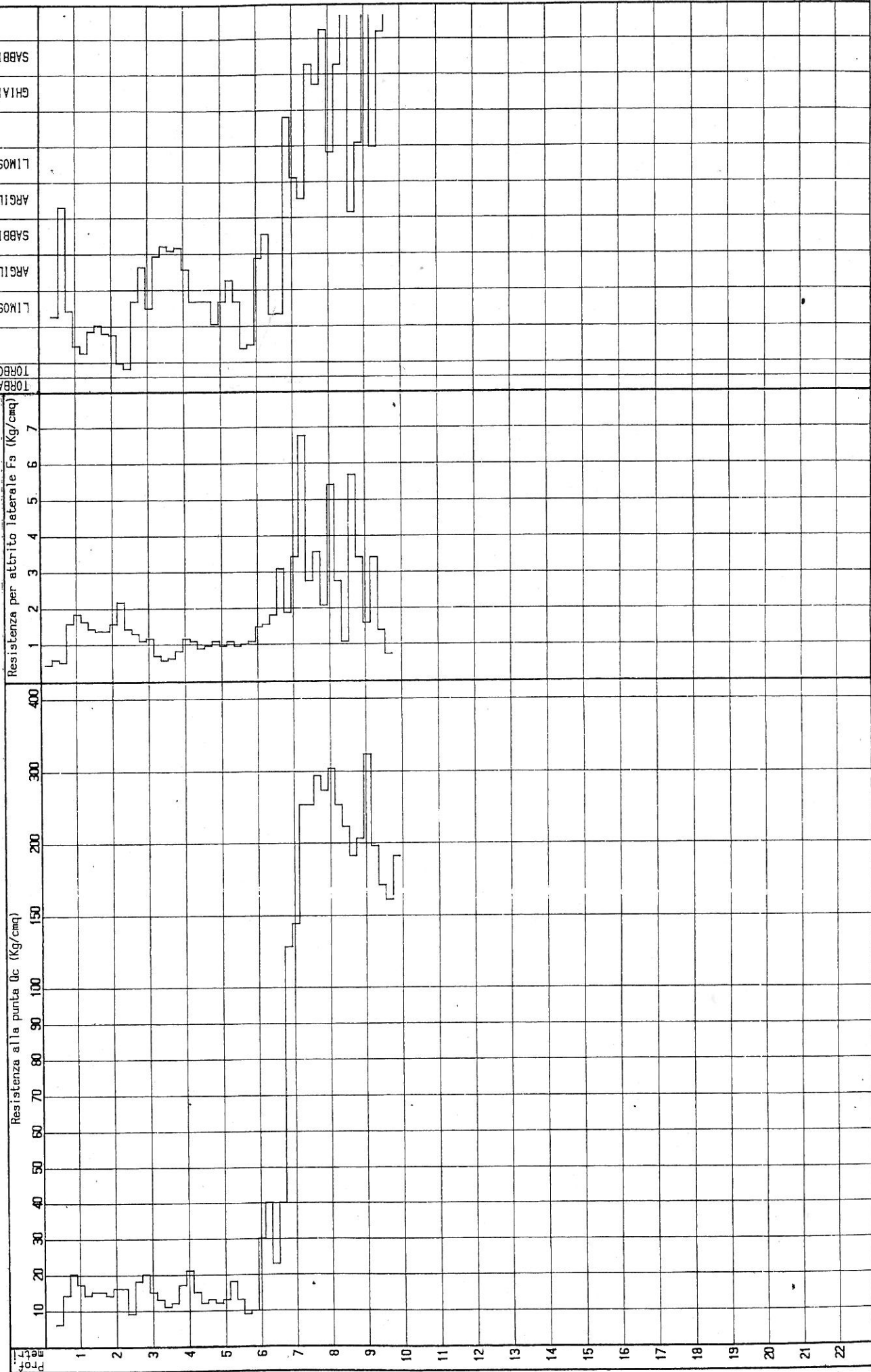
"Report" delle prove penetrometriche

### PROVA PENETROMETRICA STATICA C.P.T. n. 1

ns. rif. 088

Data esecuzione : 5/10/2003  
Profondità prova : 10 m.  
Profondità falda : assente

Committente : DOTT. ALBERTO TOMEI  
Cantiere : CAMPO RUGBY - 101.0 (P0)  
Dir. Lav. : DOTT. ALBERTO TOMEI



LOCALITA` : CAMPO RUGBY - IOLO (PO)

PROFONDITA` : 10 m dal p.c.

DATA: 5/10/2003

PROVA PENETROMETRICA STATICA (CPT) n. 1

prof. cm	$\sigma_0$	$\sigma_w$	$\sigma'_0$ Kg/cmq	Qc	Fs	FR	Cu Kg/cmq	Dr	$\phi$ gradi	E Kg/cmq	Cc/1+e
40	0.070	0.00	0.070	6.0	0.47	12.9	0.27	0.00	0.0	15.0	.10
60	0.107	0.00	0.107	14.0	0.40	35.0	0.00	51.59	35.3	42.0	.00
80	0.144	0.00	0.144	20.0	1.47	13.6	0.91	0.00	0.0	90.0	.05
100	0.181	0.00	0.181	17.0	1.73	9.8	0.78	0.00	0.0	42.5	.05
120	0.217	0.00	0.217	14.0	1.53	9.1	0.64	0.00	0.0	35.0	.10
140	0.254	0.00	0.254	15.0	1.33	11.3	0.69	0.00	0.0	37.5	.10
160	0.290	0.00	0.290	15.0	1.27	11.8	0.69	0.00	0.0	37.5	.10
180	0.327	0.00	0.327	14.0	1.27	11.1	0.64	0.00	0.0	35.0	.10
200	0.364	0.00	0.364	16.0	1.47	10.9	0.74	0.00	0.0	40.0	.10
220	0.400	0.00	0.400	16.0	2.07	7.7	0.74	0.00	0.0	25.6	.10
240	0.436	0.00	0.436	9.0	1.33	6.8	0.42	0.00	0.0	14.4	.15
260	0.473	0.00	0.473	18.0	1.20	15.0	0.83	0.00	0.0	45.0	.10
280	0.510	0.00	0.510	20.0	1.00	20.0	0.93	0.00	0.0	90.0	.10
300	0.547	0.00	0.547	15.0	1.07	14.1	0.70	0.00	0.0	37.5	.10
320	0.583	0.00	0.583	13.0	0.60	21.7	0.60	0.00	0.0	32.5	.10
340	0.619	0.00	0.619	11.0	0.47	23.6	0.51	0.00	0.0	27.5	.15
360	0.656	0.00	0.656	12.0	0.53	22.5	0.56	0.00	0.0	30.0	.15
380	0.692	0.00	0.692	17.0	0.73	23.2	0.79	0.00	0.0	42.5	.10
400	0.730	0.00	0.730	21.0	1.07	19.7	0.98	0.00	0.0	94.5	.10
420	0.766	0.00	0.766	15.0	1.00	15.0	0.70	0.00	0.0	37.5	.15
440	0.803	0.00	0.803	12.0	0.80	15.0	0.56	0.00	0.0	30.0	.15
460	0.839	0.00	0.839	13.0	0.87	15.0	0.61	0.00	0.0	32.5	.15
480	0.875	0.00	0.875	12.0	1.00	12.0	0.56	0.00	0.0	30.0	.15
500	0.912	0.00	0.912	13.0	0.87	15.0	0.61	0.00	0.0	32.5	.15
520	0.949	0.00	0.949	18.0	1.00	18.0	0.85	0.00	0.0	45.0	.15
540	0.985	0.00	0.985	13.0	0.87	15.0	0.61	0.00	0.0	32.5	.15
560	1.021	0.00	1.021	9.0	0.93	9.6	0.43	0.00	0.0	22.5	.30
580	1.057	0.00	1.057	10.0	1.00	10.0	0.47	0.00	0.0	25.0	.30
600	1.094	0.00	1.094	30.0	1.40	21.4	1.42	0.00	0.0	135.0	.10
620	1.133	0.00	1.133	40.0	1.47	27.3	1.90	0.00	0.0	180.0	.10
640	1.170	0.00	1.170	23.0	1.73	13.3	1.09	0.00	0.0	46.0	.15
660	1.209	0.00	1.209	40.0	3.00	13.3	1.90	0.00	0.0	80.0	.10
680	1.250	0.00	1.250	127.0	1.80	70.6	0.00	72.67	40.2	381.0	.00
700	1.291	0.00	1.291	143.0	3.33	42.9	0.00	76.07	39.2	429.0	.00
720	1.333	0.00	1.333	250.0	6.67	37.5	0.00	94.82	41.5	750.0	.00
740	1.375	0.00	1.375	250.0	2.67	93.8	0.00	94.11	44.1	750.0	.00
760	1.417	0.00	1.417	290.0	3.47	83.7	0.00	98.59	44.1	870.0	.00
780	1.460	0.00	1.460	270.0	2.00	135.0	0.00	95.44	46.2	810.0	.00
800	1.502	0.00	1.502	300.0	5.33	56.3	0.00	98.46	42.8	900.0	.00
820	1.545	0.00	1.545	250.0	2.67	93.8	0.00	91.47	43.7	750.0	.00
840	1.586	0.00	1.586	220.0	1.00	220.0	0.00	86.41	49.5	660.0	.00
860	1.628	0.00	1.628	190.0	5.60	33.9	0.00	80.72	39.3	570.0	.00

880	1.670	0.00	1.670	204.0	3.33	61.2	0.00	82.62	41.0	612.0	.00
900	1.713	0.00	1.713	320.0	1.53	208.7	0.00	97.74	49.9	960.0	.00
920	1.754	0.00	1.754	197.0	3.33	59.1	0.00	80.29	40.6	591.0	.00
940	1.796	0.00	1.796	170.0	1.33	127.5	0.00	74.62	43.6	510.0	.00
960	1.837	0.00	1.837	160.0	0.67	240.0	0.00	71.99	49.6	480.0	.00
980	1.878	0.00	1.878	190.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	.00

E G E N D A

$\sigma_o$  : Pressione litostatica totale;  $\tau = 1,6 Qc^{0.05}$

$\sigma_o$  : Pressione neutra

$\sigma'_o$  : Pressione litostatica efficace

$Qc$  : Resistenza penetrometrica statica alla punta

$Es$  : Resistenza penetrometrica statica per attrito laterale

$R$  : rapporto di Begemann  $Qc/Fs$

$Cu$  : Resistenza al taglio rapido non drenato ( $Cu=0$  per terr. attritivi);  $Cu = qc$

$Dr$  : Densità relativa ( $Dr=0$  per terr. coesivi);  $D=(1/C2)*\log(Qc/C0*\sigma'_o^{C1})$ ;  $C0, C1$

$\phi$  : Angolo di attrito interno;  $\phi=28+(FR-33,5)/(8,65+(Dr*12,97/100))$

$E$  : Modulo di compressibilità edometrica

$Cc$  : Indice di compressibilità, valutato secondo Schmertmann

$e_o$  : Indice dei vuoti iniziale

I parametri geomeccanici derivati sono calcolati con le formule sopra indicate; possibili interpretazioni diverse a giudizio e responsabilità del tecnico incaricato

LOCALITA` : CAMPO RUGBY - IOLO (PO)

PROFONDITA` : 10 m dal p.c.

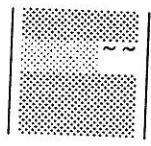
DATA : 5/10/2003

PROVA PENETROMETRICA STATICA (CPT) n. 1

prof. cm	classificazione	stato fisico (SEARLE)	stratigrafia
40	argilla limosa	soffice	===== ~ ~
60	sabbia arg/limosa	sciolta	===== ~ ~
80	argilla limosa	consistente	===== ~ ~
100	argilla	consistente	=====
120	argilla	consistente	=====
140	argilla	consistente	=====
160	argilla	consistente	=====
180	argilla	consistente	=====
200	argilla	consistente	=====
220	argilla torbosa	consistente	=====
240	argilla torbosa	consistente	=====
260	argilla limosa	consistente	===== ~ ~
280	limo argilloso	plastica/o	~~~~~
300	argilla limosa	plastica/o	===== ~ ~
320	limo argilloso	plastica/o	~~~~~
340	limo arg/sabbioso	sciolta	~~~~~
360	limo argilloso	soffice	~~~~~
380	limo arg/sabbioso	mediamente addensata	~~~~~
400	limo argilloso	plastica/o	~~~~~
420	argilla limosa	plastica/o	===== ~ ~
440	argilla limosa	plastica/o	===== ~ ~
460	argilla limosa	plastica/o	===== ~ ~
480	argilla	plastica/o	=====
500	argilla limosa	plastica/o	===== ~ ~
520	limo argilloso	plastica/o	~~~~~
540	argilla limosa	plastica/o	===== ~ ~
560	argilla	plastica/o	=====
580	argilla	plastica/o	=====
600	limo argilloso	consistente	~~~~~
620	limo arg/sabbioso	mediamente addensata	~~~~~
640	argilla limosa	consistente	===== ~ ~
660	argilla limosa	molto consistente	===== ~ ~
680	sabbia	mediamente addensata	=====
700	sabbia arg/limosa	addensata	===== ~ ~
720	sabbia arg/limosa	addensata	===== ~ ~
740	ghiaia sabbiosa	addensata	=====
760	sabbia ghiaiosa	addensata	=====
780	ghiaia	mediamente addensata	=====
800	sabbia limosa	addensata	===== ~ ~
820	ghiaia sabbiosa	addensata	=====
840	ghiaia	mediamente addensata	=====
860	sabbia arg/limosa	addensata	===== ~ ~
880	sabbia limosa	addensata	===== ~ ~

ghiaia  
sabbia limosa  
ghiaia  
ghiaia

mediamente addensata  
addensata  
mediamente addensata  
mediamente addensata



GEO



## PROVA PENETROMETRICA STATICA C.P.T. n. 2

0882

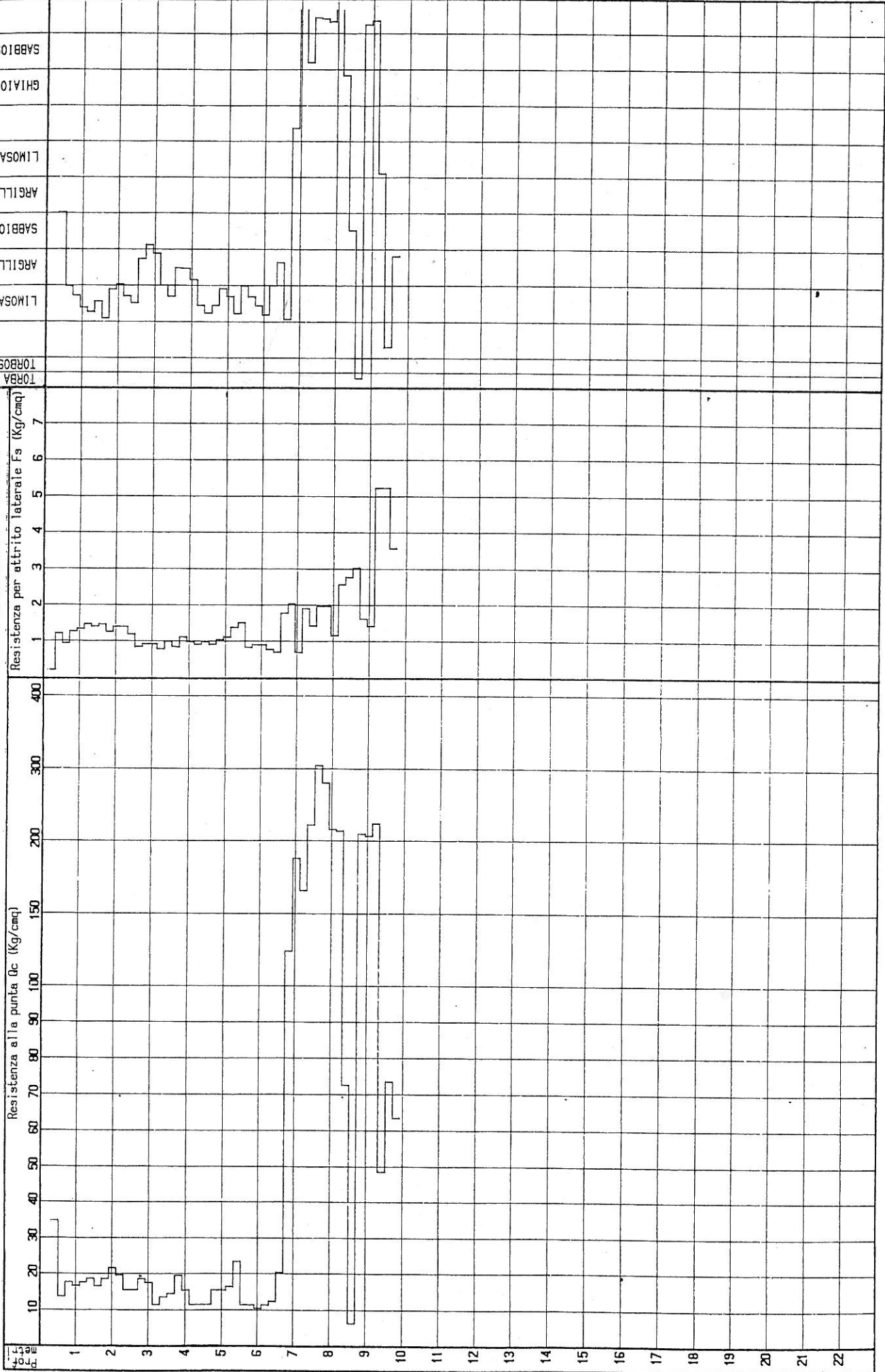
na. rif.

Committente : DOTT. ALBERTO TOMEI  
 Cantiere : CAMPO RUGBY - LOLO (PO)  
 Dir. Lav. : DOTT. ALBERTO TOMEI

Data esecuzione : 5/12/2003  
 Profondità prova : 10 m.  
 Profondità falda : assente

Classificazione granulometrica (Searle)

ARGILLA	LIMOSA	ARGILLOSA	SABBIOSO	ARGILLOSA	LIMOSA	SABBIA	GHIAIOSA	GHIAIA
TORBOSA								SABBIOSA



LOCALITA` : CAMPO RUGBY - IOLO (PO)

PROFONDITA` : 10 m dal p.c.

DATA : 5/12/2003

PROVA PENETROMETRICA STATICA (CPT) n. 2

prof. cm	$\sigma_o$	$\sigma_w$	$\sigma'_{o}$ Kg/cmq	Qc	Fs	FR	Cu Kg/cmq	Dr	$\phi$ gradi	E Kg/cmq	Cc/1+e
40	0.076	0.00	0.076	34.0	1.07	31.9	1.55	0.00	0.0	153.0	.05
60	0.113	0.00	0.113	13.0	0.80	16.3	0.59	0.00	0.0	32.5	.05
80	0.150	0.00	0.150	17.0	1.13	15.0	0.78	0.00	0.0	42.5	.05
100	0.186	0.00	0.186	16.0	1.20	13.3	0.73	0.00	0.0	40.0	.10
120	0.223	0.00	0.223	17.0	1.33	12.8	0.78	0.00	0.0	42.5	.10
140	0.260	0.00	0.260	18.0	1.27	14.2	0.83	0.00	0.0	45.0	.10
160	0.297	0.00	0.297	16.0	1.33	12.0	0.74	0.00	0.0	40.0	.10
180	0.334	0.00	0.334	18.0	1.13	15.9	0.83	0.00	0.0	45.0	.10
200	0.371	0.00	0.371	21.0	1.27	16.6	0.97	0.00	0.0	42.0	.10
220	0.408	0.00	0.408	19.0	1.27	15.0	0.88	0.00	0.0	47.5	.10
240	0.445	0.00	0.445	15.0	1.07	14.1	0.69	0.00	0.0	37.5	.10
260	0.482	0.00	0.482	15.0	0.73	20.5	0.69	0.00	0.0	37.5	.10
280	0.519	0.00	0.519	18.0	0.80	22.5	0.83	0.00	0.0	45.0	.10
300	0.555	0.00	0.555	17.0	0.80	21.3	0.79	0.00	0.0	42.5	.10
320	0.591	0.00	0.591	11.0	0.67	16.5	0.51	0.00	0.0	27.5	.15
340	0.628	0.00	0.628	13.0	0.87	15.0	0.60	0.00	0.0	32.5	.15
360	0.664	0.00	0.664	14.0	0.73	19.1	0.65	0.00	0.0	35.0	.15
380	0.701	0.00	0.701	19.0	1.00	19.0	0.89	0.00	0.0	47.5	.10
400	0.738	0.00	0.738	15.0	0.87	17.3	0.70	0.00	0.0	37.5	.15
420	0.774	0.00	0.774	11.0	0.80	13.8	0.51	0.00	0.0	27.5	.15
440	0.810	0.00	0.810	11.0	0.87	12.7	0.52	0.00	0.0	27.5	.15
460	0.846	0.00	0.846	11.0	0.80	13.8	0.52	0.00	0.0	27.5	.15
480	0.883	0.00	0.883	15.0	0.93	16.1	0.70	0.00	0.0	37.5	.15
500	0.920	0.00	0.920	15.0	1.00	15.0	0.71	0.00	0.0	37.5	.15
520	0.956	0.00	0.956	16.0	1.27	12.6	0.75	0.00	0.0	40.0	.15
540	0.994	0.00	0.994	23.0	1.40	16.4	1.09	0.00	0.0	46.0	.10
560	1.030	0.00	1.030	11.0	0.73	15.0	0.52	0.00	0.0	27.5	.15
580	1.066	0.00	1.066	11.0	0.80	13.8	0.52	0.00	0.0	27.5	.30
600	1.102	0.00	1.102	10.0	0.80	12.5	0.47	0.00	0.0	25.0	.30
620	1.138	0.00	1.138	11.0	0.67	16.5	0.52	0.00	0.0	27.5	.30
640	1.174	0.00	1.174	12.0	0.60	20.0	0.57	0.00	0.0	30.0	.30
660	1.211	0.00	1.211	20.0	1.67	12.0	0.95	0.00	0.0	110.0	.15
680	1.252	0.00	1.252	122.0	1.93	63.1	0.00	71.23	39.6	366.0	.00
700	1.294	0.00	1.294	186.0	0.60	310.0	0.00	85.19	50.4	558.0	.00
720	1.335	0.00	1.335	164.0	1.80	91.1	0.00	80.09	42.2	492.0	.00
740	1.377	0.00	1.377	218.0	1.33	163.5	0.00	89.31	46.9	654.0	.00
760	1.419	0.00	1.419	300.0	1.87	160.7	0.00	99.75	47.9	900.0	.00
780	1.462	0.00	1.462	276.0	1.87	147.9	0.00	96.17	46.9	828.0	.00
800	1.504	0.00	1.504	212.0	1.07	198.8	0.00	86.34	48.4	636.0	.00
820	1.545	0.00	1.545	210.0	2.47	85.1	0.00	85.39	42.6	630.0	.00
840	1.585	0.00	1.585	72.0	2.67	27.0	3.47	0.00	0.0	324.0	.10

860	1.620	0.00	1.620	6.0	2.93	2.0	0.29	0.00	0.0	9.6	.4
880	1.662	0.00	1.662	206.0	1.53	134.3	0.00	83.07	44.8	618.0	.0
900	1.703	0.00	1.703	203.0	1.33	152.3	0.00	82.00	45.6	609.0	.0
920	1.745	0.00	1.745	220.0	5.13	42.9	0.00	84.25	40.3	660.0	.0
940	1.784	0.00	1.784	48.0	5.13	9.4	2.33	0.00	0.0	264.0	.1
960	1.824	0.00	1.824	73.0	3.47	21.1	3.55	0.00	0.0	328.5	.1
980	1.863	0.00	1.863	63.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	.0

L E G E N D A

- σ<sub>o</sub> : Pressione litostatica totale;  $\tau = 1,6 Qc^{0.05}$
- σ<sub>o</sub> : Pressione neutra
- σ'<sub>o</sub> : Pressione litostatica efficace
- Qc : Resistenza penetrometrica statica alla punta
- s : Resistenza penetrometrica statica per attrito laterale
- FR : rapporto di Begemann Qc/Fs
- Cu : Resistenza al taglio rapido non drenato (Cu=0 per terr. attritivi); Cu = qc
- φ : Angolo di attrito interno;  $\phi = 28 + (FR - 33,5) / (8,65 + (Dr * 12,97 / 100))$
- E : Modulo di compressibilità edometrica
- cc : Indice di compressibilità, valutato secondo Schmertmann
- po : Indice dei vuoti iniziale

parametri geomeccanici derivati sono calcolati con le formule sopra indicate;  
 possibili interpretazioni diverse a giudizio e responsabilità del tecnico incar

arg  
 arg  
 limo  
 limo  
 limo  
 argil  
 argil  
 limo  
 limo  
 limo  
 argil  
 argil  
 argil  
 argil  
 argil  
 argil  
 argil  
 argil  
 argil  
 argil  
 argil  
 argil  
 limo  
 argil  
 sabbia  
 ghiaia  
 ghiaia  
 ghiaia  
 ghiaia  
 ghiaia  
 ghiaia  
 sabbia  
 limo a  
 torba  
 ghiaia

LOCALITA': CAMPO RUGBY - IOLO (PO)

PROFONDITA': 10 m dal p.c.

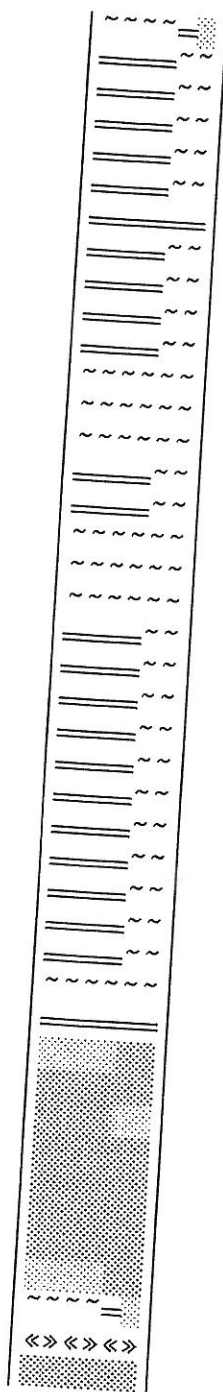
DATA: 5/12/2003

PROVA PENETROMETRICA STATICA (CPT) n. 2

cm	classificazione	stato fisico (SEARLE)	stratigrafia
----	-----------------	-----------------------	--------------

40  
 50  
 60  
 70  
 80  
 90  
 100  
 110  
 120  
 130  
 140  
 150  
 160  
 170  
 180  
 190  
 200  
 210  
 220  
 230  
 240  
 250  
 260  
 270  
 280  
 290  
 300  
 310  
 320  
 330  
 340  
 350  
 360  
 370  
 380  
 390  
 400  
 410  
 420  
 430  
 440  
 450  
 460  
 470  
 480  
 490  
 500

	limo arg/sabbioso	mediamente addensata	
	argilla limosa	plastica/o	
	argilla limosa	consistente	
	argilla limosa	consistente	
	argilla limosa	consistente	
	argilla	consistente	
	argilla limosa	consistente	
	argilla limosa	consistente	
	argilla limosa	consistente	
	argilla limosa	consistente	
	limo argilloso	plastica/o	
	limo argilloso	plastica/o	
	limo argilloso	plastica/o	
	argilla limosa	plastica/o	
	argilla limosa	plastica/o	
	limo argilloso	plastica/o	
	limo argilloso	plastica/o	
	limo argilloso	plastica/o	
	argilla limosa	plastica/o	
	argilla limosa	plastica/o	
	argilla limosa	plastica/o	
	argilla limosa	plastica/o	
	argilla limosa	plastica/o	
	argilla limosa	plastica/o	
	argilla limosa	plastica/o	
	argilla limosa	plastica/o	
	argilla limosa	plastica/o	
	argilla limosa	plastica/o	
	argilla limosa	plastica/o	
	argilla limosa	plastica/o	
	argilla limosa	plastica/o	
	limo argilloso	plastica/o	
	argilla	plastica/o	
	argilla	consistente	
	sabbia ghiaiosa	consistente	
	ghiaia	mediamente addensata	
	ghiaia sabbiosa	mediamente addensata	
	ghiaia	mediamente addensata	
	ghiaia	mediamente addensata	
	ghiaia	mediamente addensata	
	ghiaia	mediamente addensata	
	ghiaia	mediamente addensata	
	sabbia ghiaiosa	mediamente addensata	
	limo arg/sabbioso	addensata	
	torba	addensata	
	ghiaia	molto consistente	
	ghiaia	mediamente addensata	



# GEO

S.a.S.

INDAGINI GEOTECNICHE

Via J. Nardi, 9 - Prato Tel./Fax 0574 99888

## PROVA PENETROMETRICA STATICA C.P.T. n. 3

ns. rif. 0888

Data esecuzione : 5/10/2003

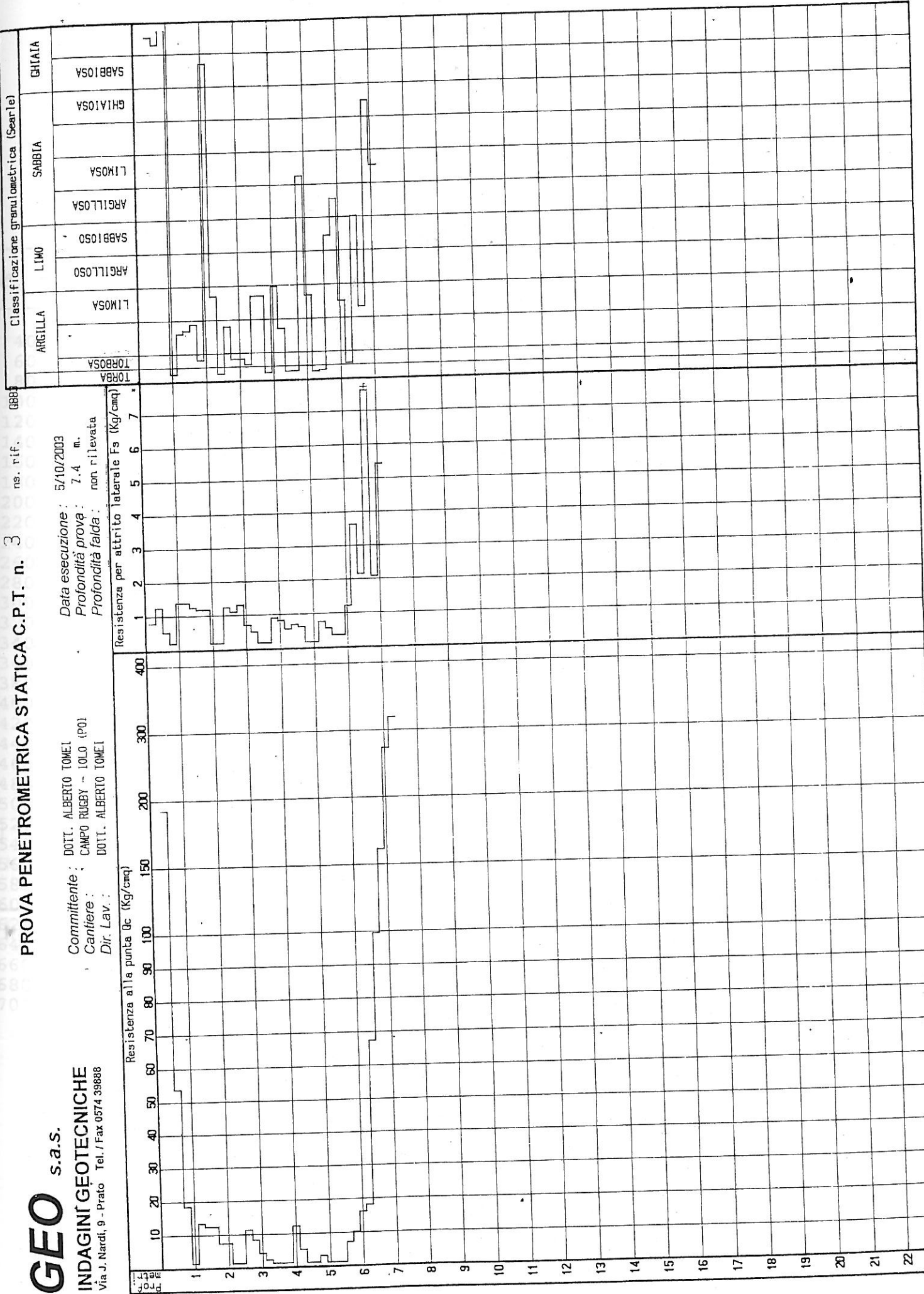
Profondità prova : 7.4 m.

Profondità falda : non rilevata

Committente : DOTT. ALBERTO TOMEI

Cantiere : CAMPO RUGBY - IOLO (PO)

Dir. Lav. : DOTT. ALBERTO TOMEI

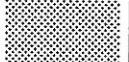

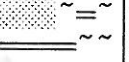
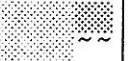


LOCALITA`:CAMPO RUGBY - IOLO (PO)

PROFONDITA`: 7.4 m dal p.c.

DATA:5/10/2003

PROVA PENETROMETRICA STATICA (CPT) n. 3

prof. cm	classificazione	stato fisico (SEARLE)	stratigrafia
40	ghiaia	mediamente addensata	
60	ghiaia	sciolta	
80	fango/ter. >>compres.	fango/ter. >>compres.	#####
100	fango/ter. >>compres.	plastica/o	#####
120	fango/ter. >>compres.	consistente	#####
140	fango/ter. >>compres.	consistente	#####
160	fango/ter. >>compres.	plastica/o	#####
180	fango/ter. >>compres.	plastica/o	#####
200	fango/ter. >>compres.	fango/ter. >>compres.	#####
220	fango/ter. >>compres.	fango/terr.>>compress.	#####
240	fango/ter. >>compres.	plastica/o	#####
260	argilla	plastica/o	=====
280	fango/ter. >>compres.	consistente	#####
300	fango/ter. >>compres.	plastica/o	#####
320	fango/ter. >>compres.	soffice	#####
340	fango/ter. >>compres.	fango/terr.>>compress.	#####
360	fango/ter. >>compres.	fango/terr.>>compress.	#####
380	fango/ter. >>compres.	plastica/o	#####
400	argilla limosa	plastica/o	=====
420	fango/ter. >>compres.	soffice	#####
440	fango/ter. >>compres.	soffice	#####
460	fango/ter. >>compres.	soffice	#####
480	fango/ter. >>compres.	fango/ter. >>compres.	#####
500	fango/ter. >>compres.	fango/terr.>>compress.	#####
520	fango/ter. >>compres.	plastica/o	#####
540	fango/ter. >>compres.	soffice	#####
560	limo arg/sabbioso	sciolta	~~~~~ =====
580	sabbia arg/limosa	sciolta	 ~~~~~ =====
600	argilla limosa	consistente	=====
620	torba	molto consistente	=====
640	limo arg/sabbioso	mediamente addensata	«»«»«» ~~~~~ =====
660	argilla limosa	dura/o	=====
680	sabbia ghiaiosa	mediamente addensata	
700	sabbia limosa	addensata	~~~~~

LOCALITA` : CAMPO RUGBY - IOLO (PO)

PROFONDITA` : 7.4 m dal p.c.

DATA: 5/10/2003

PROVA PENETROMETRICA STATICA (CPT) n. 3

prof. cm	$\sigma_0$	$\sigma_w$	$\sigma'_0$ Kg/cmq	Qc	Fs	FR	Cu Kg/cmq	Dr	$\phi$ gradi	E Kg/cmq	Cc/1+e
40	0.083	0.00	0.083	190.0	1.13	167.6	0.00	100.00	46.0	570.0	.00
60	0.122	0.00	0.122	53.0	0.40	132.5	0.00	94.88	46.0	159.0	.00
80	0.159	0.00	0.159	18.0	0.07	270.0	0.00	51.25	48.7	54.0	.00
100	0.191	0.00	0.191	1.0	1.27	0.8	0.05	0.00	0.0	1.6	.40
120	0.228	0.00	0.228	13.0	1.27	10.3	0.60	0.00	0.0	32.5	.10
140	0.264	0.00	0.264	12.0	1.13	10.6	0.55	0.00	0.0	30.0	.10
160	0.300	0.00	0.300	12.0	1.07	11.3	0.55	0.00	0.0	30.0	.10
180	0.335	0.00	0.335	7.0	1.07	6.6	0.32	0.00	0.0	11.2	.15
200	0.371	0.00	0.371	7.0	0.07	105.0	0.00	0.00	36.3	21.0	.00
220	0.403	0.00	0.403	1.0	0.07	15.0	0.05	0.00	0.0	2.5	.40
240	0.435	0.00	0.435	1.0	1.13	0.9	0.05	0.00	0.0	1.6	.40
260	0.471	0.00	0.471	11.0	1.00	11.0	0.51	0.00	0.0	27.5	.10
280	0.506	0.00	0.506	8.0	1.20	6.7	0.37	0.00	0.0	12.8	.15
300	0.540	0.00	0.540	4.0	0.60	6.7	0.19	0.00	0.0	6.4	.30
320	0.574	0.00	0.574	2.0	0.40	5.0	0.09	0.00	0.0	3.2	.40
340	0.606	0.00	0.606	1.0	0.07	15.0	0.05	0.00	0.0	2.5	.50
360	0.638	0.00	0.638	1.0	0.07	15.0	0.05	0.00	0.0	2.5	.50
380	0.670	0.00	0.670	1.0	0.80	1.3	0.05	0.00	0.0	1.6	.50
400	0.706	0.00	0.706	12.0	0.73	16.4	0.56	0.00	0.0	30.0	.15
420	0.741	0.00	0.741	5.0	0.47	10.7	0.23	0.00	0.0	12.5	.30
440	0.773	0.00	0.773	1.0	0.60	1.7	0.05	0.00	0.0	1.6	.50
460	0.805	0.00	0.805	1.0	0.53	1.9	0.05	0.00	0.0	1.6	.50
480	0.838	0.00	0.838	3.0	0.07	45.0	0.00	0.00	26.1	9.0	.00
500	0.870	0.00	0.870	1.0	0.07	15.0	0.05	0.00	0.0	2.5	.50
520	0.902	0.00	0.902	1.0	0.67	1.5	0.05	0.00	0.0	1.6	.50
540	0.934	0.00	0.934	1.0	0.47	2.1	0.05	0.00	0.0	1.6	.50
560	0.970	0.00	0.970	7.0	0.27	26.3	0.33	0.00	0.0	17.5	.30
580	1.005	0.00	1.005	10.0	0.27	37.5	0.00	0.00	27.0	30.0	.00
600	1.042	0.00	1.042	16.0	1.13	14.1	0.76	0.00	0.0	40.0	.15
620	1.079	0.00	1.079	18.0	3.53	5.1	0.85	0.00	0.0	28.8	.15
640	1.119	0.00	1.119	67.0	2.07	32.4	3.18	0.00	0.0	301.5	.10
660	1.159	0.00	1.159	99.0	7.50	13.2	4.71	0.00	0.0	198.0	.05
680	1.200	0.00	1.200	160.0	2.00	80.0	0.00	81.63	41.8	480.0	.00
700	1.243	0.00	1.243	270.0	5.33	50.6	0.00	99.09	42.7	810.0	.00
720	1.285	0.00	1.285	315.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	.00

LEGGENDA

$\sigma_0$  : Pressione litostatica totale;  $\tau = 1,6 Qc^{0.05}$

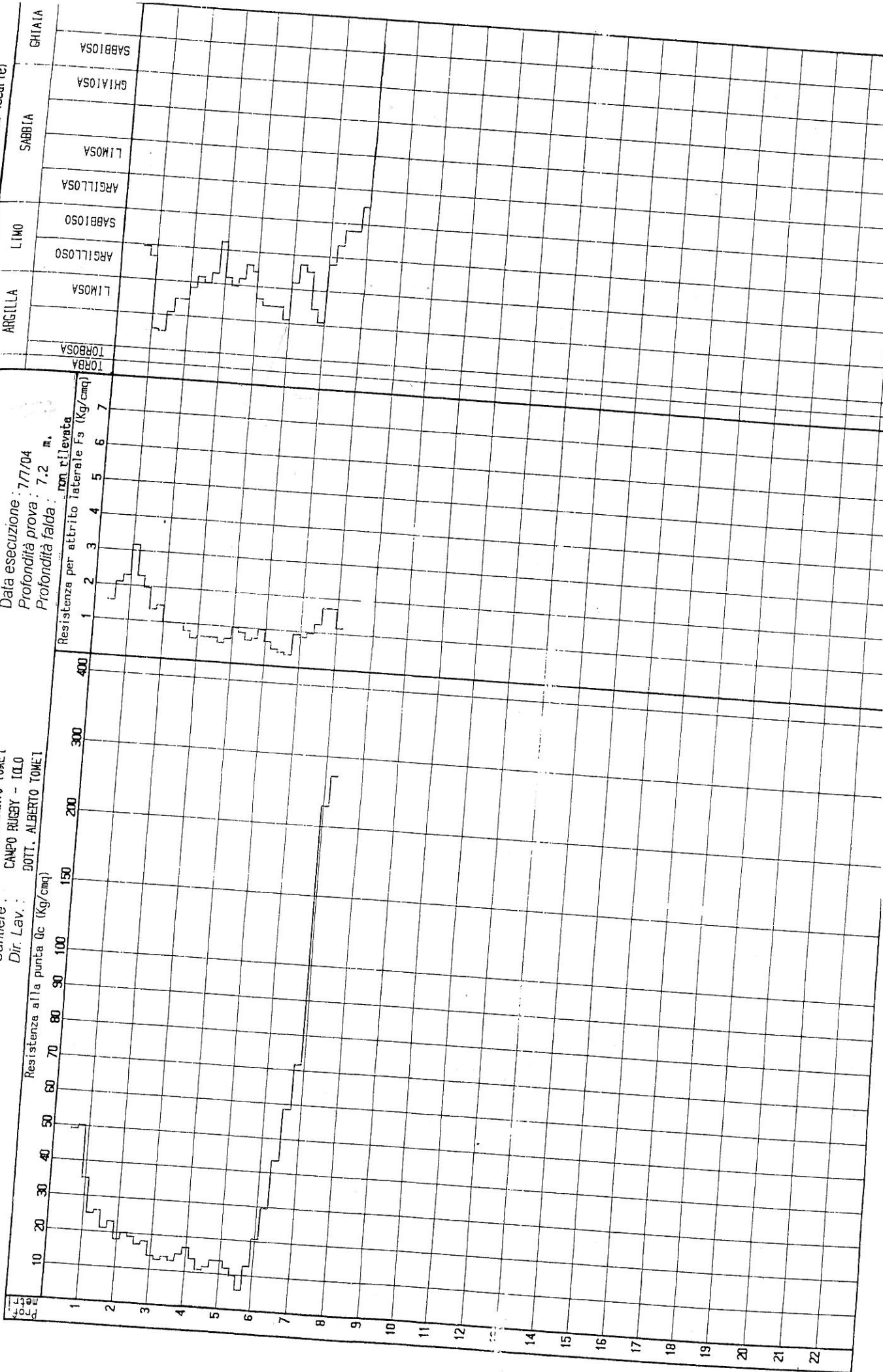
$\sigma_w$  : Pressione neutra

**PROVA PENETROMETRICA STATICA C.P.T. n.4**

no. rif. P221

Committente: DOTT. ALBERTO TOMEI  
 Cantiere: CAMPO RUGBY - ICL  
 Dir. Lav.: DOTT. ALBERTO TOMEI

Data esecuzione: 7/7/04  
 Profondità prova: 7.2 m.  
 Profondità falda: non rilevate





LOCALITA` : CAMPO RUGBY - IOLO

PROFONDITA` : 7.2 m dal p.c.

DATA : 7/7/04

PROVA PENETROMETRICA STATICA (CPT) n. 4

prof. cm	classificazione	stato fisico (SEARLE)	stratigrafia
40	limo arg/sabbioso	mediamente addensata	~~~~~
60	limo argilloso	molto consistente	~~~~~
80	argilla	molto consistente	~~~~~
100	argilla	molto consistente	~~~~~
120	argilla limosa	consistente	~~~~~
140	argilla limosa	consistente	~~~~~
160	argilla limosa	consistente	~~~~~
180	argilla limosa	consistente	~~~~~
200	limo argilloso	consistente	~~~~~
220	limo argilloso	consistente	~~~~~
240	limo argilloso	plastica/o	~~~~~
260	limo arg/sabbioso	mediamente addensata	~~~~~
280	limo argilloso	plastica/o	~~~~~
300	limo argilloso	plastica/o	~~~~~
320	limo argilloso	plastica/o	~~~~~
340	limo argilloso	plastica/o	~~~~~
360	limo argilloso	plastica/o	~~~~~
380	argilla limosa	consistente	~~~~~
400	argilla limosa	plastica/o	~~~~~
420	argilla limosa	plastica/o	~~~~~
440	argilla limosa	plastica/o	~~~~~
460	argilla limosa	consistente	~~~~~
480	limo argilloso	plastica/o	~~~~~
500	limo argilloso	plastica/o	~~~~~
520	limo argilloso	soffice	~~~~~
540	argilla limosa	soffice	~~~~~
560	argilla limosa	plastica/o	~~~~~
580	limo argilloso	plastica/o	~~~~~
600	limo arg/sabbioso	mediamente addensata	~~~~~
620	limo arg/sabbioso	mediamente addensata	~~~~~
640	limo arg/sabbioso	mediamente addensata	~~~~~
660	sabbia arg/limosa	mediamente addensata	~~~~~
680	ghiaia	mediamente addensata	~~~~~

LOCALITA` : CAMPO RUGBY - IOLO

PROFONDITA` : 7.2 m dal p.c.

DATA : 7/7/04

PROVA PENETROMETRICA STATICA (CPT) n. 4

prof. cm	$\sigma_o$	$\sigma_w$	$\sigma'_{o}$ Kg/cmq	Qc	Fs	FR	Cu Kg/cmq	Dr	$\phi$ gradi	E Kg/cmq	Cc/1+e
40	0.078	0.00	0.078	50.0	2.20	22.7	2.28	0.00	0.0	225.0	.05
60	0.117	0.00	0.117	51.0	2.40	21.3	2.33	0.00	0.0	229.5	.05
80	0.155	0.00	0.155	36.0	3.27	11.0	1.65	0.00	0.0	198.0	.05
100	0.193	0.00	0.193	26.0	2.40	10.8	1.19	0.00	0.0	143.0	.05
120	0.230	0.00	0.230	27.0	2.07	13.1	1.24	0.00	0.0	54.0	.05
140	0.268	0.00	0.268	22.0	1.47	15.0	1.01	0.00	0.0	44.0	.10
160	0.305	0.00	0.305	24.0	1.60	15.0	1.10	0.00	0.0	48.0	.10
180	0.342	0.00	0.342	19.0	1.13	16.8	0.87	0.00	0.0	47.5	.10
200	0.380	0.00	0.380	21.0	1.13	18.5	0.97	0.00	0.0	94.5	.10
220	0.417	0.00	0.417	20.0	1.13	17.6	0.92	0.00	0.0	90.0	.10
240	0.454	0.00	0.454	18.0	0.93	19.3	0.83	0.00	0.0	45.0	.10
260	0.491	0.00	0.491	19.0	0.73	25.9	0.88	0.00	0.0	47.5	.10
280	0.528	0.00	0.528	15.0	0.80	18.8	0.70	0.00	0.0	37.5	.10
300	0.564	0.00	0.564	14.0	0.80	17.5	0.65	0.00	0.0	35.0	.10
320	0.601	0.00	0.601	15.0	0.80	18.8	0.70	0.00	0.0	37.5	.10
340	0.637	0.00	0.637	14.0	0.67	21.0	0.65	0.00	0.0	35.0	.10
360	0.674	0.00	0.674	16.0	0.80	20.0	0.75	0.00	0.0	40.0	.10
380	0.711	0.00	0.711	18.0	1.13	15.9	0.84	0.00	0.0	45.0	.10
400	0.748	0.00	0.748	15.0	1.00	15.0	0.70	0.00	0.0	37.5	.15
420	0.784	0.00	0.784	12.0	0.80	15.0	0.56	0.00	0.0	30.0	.15
440	0.820	0.00	0.820	13.0	0.87	15.0	0.61	0.00	0.0	32.5	.15
460	0.857	0.00	0.857	15.0	1.13	13.2	0.70	0.00	0.0	37.5	.15
480	0.893	0.00	0.893	15.0	0.80	18.8	0.70	0.00	0.0	37.5	.15
500	0.930	0.00	0.930	13.0	0.60	21.7	0.61	0.00	0.0	32.5	.15
520	0.966	0.00	0.966	11.0	0.53	20.6	0.52	0.00	0.0	27.5	.15
540	1.001	0.00	1.001	7.0	0.47	15.0	0.33	0.00	0.0	17.5	.30
560	1.038	0.00	1.038	14.0	1.07	13.1	0.66	0.00	0.0	35.0	.15
580	1.075	0.00	1.075	22.0	1.00	22.0	1.04	0.00	0.0	99.0	.15
600	1.113	0.00	1.113	31.0	1.13	27.4	1.47	0.00	0.0	139.5	.10
620	1.152	0.00	1.152	45.0	1.40	32.1	2.14	0.00	0.0	202.5	.10
640	1.191	0.00	1.191	60.0	1.87	32.1	2.85	0.00	0.0	270.0	.10
660	1.231	0.00	1.231	73.0	1.87	39.1	0.00	53.71	35.9	219.0	.00
680	1.273	0.00	1.273	237.0	1.33	177.8	0.00	94.00	48.1	711.0	.00
700	1.315	0.00	1.315	280.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	.00

E G E N D A

$\sigma_o$  : Pressione litostatica totale;  $\tau = 1,6 Qc^{0.05}$

$\sigma_w$  : Pressione neutra

$\sigma'_{o}$  : Pressione litostatica efficace

Qc : Resistenza penetrometrica statica alla punta

Appendice 2

Indagine geofisica di sismica a rifrazione



IGETECMA s.a.s.  
Istituto Sperimentale  
di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Via di Ugnano, 41/b - Firenze  
Tel. 055780705 - Fax 0557320415

## Certificato di Prova n°28/04

**SETTORE:** Geofisica - sismica a rifrazione con onde P e SH  
**COMMITTENTE:** Dott. Geol. A. Tomei  
**CANTIERE:** Campo di rugby, Iolo (PO)  
**RIFERIMENTO:** R.P.E. n°06/04

### **Indice:**

1. Scopo dell'indagine
2. Caratteristiche della strumentazione
3. Procedure di campagna
4. Metodo di elaborazione dei dati
5. Correlazione tra velocità delle onde sismiche e parametri elastici
6. Calcolo del parametro Vs30
7. Presentazione dei dati
8. Risultati dell'indagine

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. F. Politi

Il Tecnico  
Dott. Geol. A. Farolfi

pag. 1 di 14

### 1. Scopo dell'indagine

Per conto del Dott. Geol. A. Tomei è stata eseguita una indagine geofisica mediante sismica a rifrazione presso il campo di rugby a Iolo (PO).

È stato eseguito 1 profilo di sismica a rifrazione superficiale con registrazione delle onde P di compressione e delle onde SH di taglio, utilizzando un'equidistanza di 2.5 m per un totale complessivo di 57.5 m di rilievo. L'ubicazione è stata decisa insieme alla committenza. Scopo dell'indagine è stata la caratterizzazione delle litologie presenti nell'area interessata, del calcolo del parametro  $V_s30$  e dei parametri elastico-dinamici del terreno.

### 2. Caratteristiche della strumentazione

Sismografo GEODE 48 canali (2 Moduli a 24 canali) con Controller StrataVisor NZC:

- Risoluzione 24 bit
- Escursione dinamica 144 dB, 105 dB istantanea a 2 ms
- Passo di campionamento da 0.02 a 16 ms
- Distorsione 0.002 a 2ms, 1.75 – 208 Hz
- Amplificazione del segnale da 0 a 36 dB
- Precisione Trigger in sommatoria 1/32 del passo di campionamento
- Filtri anti-aliasing 90 dB della frequenza di Nyquist
- Filtri digitali a 24/48 dB di low-cut, high-cut e notch
- Pre-trigger fino a 4096 campioni
- Roll-Along incorporato
- Salvataggio dati in formato SEG-2, SEG-D, SEG-Y
- 24 Geofoni verticali con frequenza propria di 14 Hz.
- 24 Geofoni orizzontali con frequenza propria di 4.5 Hz.
- sistema di starter mediante accelerometro;
- cannone sismico con cartucce KILN calibro 8 e/o mazza da 5 Kg.

### 3. Procedure di campagna

Vengono stesi i cavi sismici lungo la zona di interesse e ad essi vengono collegati i geofoni precedentemente infissi nel terreno alle equidistanze prestabilite. L'energizzazione del terreno per generare onde di compressione P può essere effettuata sia mediante massa battente da 5 Kg che tramite l'utilizzo del cannone sismico: l'impatto rende operativo, tramite

un accelerometro reso solidale con la fonte di energizzazione (*trigger*), il sistema di acquisizione dati, permettendo così la registrazione ai geofoni della forma d'onda rappresentativa della velocità di spostamento del suolo.

La produzione di onde di taglio SH viene effettuata ponendo una trave di legno a diretto contatto con il terreno ed energizzando su entrambi i lati dopo averla adeguatamente caricata. Le registrazioni vengono effettuate alternativamente su entrambi i lati e sommate con polarità scambiata in modo da migliorare l'individuazione dell'onda di taglio polarizzata che viene generata.

Al fine di ottenere una migliore risoluzione della sismo-stratigrafia, i punti di energizzazione, detti punti di scoppio (*shot points*), vengono disposti simmetricamente rispetto al profilo: ai suoi estremi (*end*), esternamente (*offset*) ed a distanze variabili entro il profilo stesso (punti di scoppio centrali).

La profondità di investigazione è, in linea teorica direttamente correlata alla lunghezza del profilo, alla distanza degli offset e soprattutto al contrasto di velocità dei mezzi attraversati.

I tempi di arrivo delle onde sismiche nel terreno sono funzione della distanza tra i geofoni, delle caratteristiche meccaniche dei litotipi attraversati e della loro profondità

#### **4. Metodo di elaborazione dei dati**

La procedura d'elaborazione dati consiste di due fasi: la lettura dei tempi d'arrivo ai vari geofoni dello stendimento per ciascuna energizzazione effettuata e la loro successiva elaborazione mediante metodi di calcolo.

I tempi di primo arrivo delle onde sismiche vengono riportati su diagrammi spazio-tempo (*dromocrone*) nei quali l'asse dei tempi ha l'origine coincidente con l'istante in cui viene prodotta l'onda sismica ( $t_0$ ), mentre nelle ascisse si hanno le distanze relative fra i geofoni dello stendimento (cfr. grafici alle pag. 10 e 12).

Tali diagrammi consentono di determinare, nei punti di flesso, le variazioni di velocità fra i vari strati attraversati dai raggi sismici e, tramite elaborazioni, le profondità a cui si verificano tali variazioni. In tabella I sono riportate le relazioni tra le velocità medie delle onde sismiche compressionali P (espresse in m/sec) e le principali litologie, desunte da letteratura.

Il procedimento di elaborazione dei tempi d'arrivo per ottenere le profondità dei rifrattori, utilizza più metodi: il Metodo del tempo di ritardo (*delay time*), il Metodo del tempo di intercetta ed il Metodo reciproco generalizzato (G.R.M.) proposto da Palmer (1980).

Il G.R.M. è un metodo interpretativo che si basa su tempi d'arrivo da energizzazioni coniugate, effettuate cioè da parti opposte del profilo sismico: tramite la determinazione di

due funzioni (analisi della velocità e tempo-profondità) si determinano le velocità e quindi le profondità dei rifrattori individuati sulle dromocrone.

La funzione di analisi della velocità corrisponde al tempo necessario al raggio sismico a percorrere un tratto di lunghezza nota sul rifrattore (distanza intergeofonica), per cui la sua determinazione permette di ottenere una precisa stima della velocità delle onde sismiche nel rifrattore stesso. Tramite un procedimento di migrazione dei dati, sia la funzione tempo-profondità che quella di analisi della velocità vengono calcolate per distanze intergeofoniche crescenti (da 0 a multipli interi dell'equidistanza dei geofoni): viene scelta poi quella distanza per la quale le curve presentano il miglior andamento rettilineo.

<b>Materiale</b>	<b>Velocità onde P</b>
Detrito superficiale alterato	300 - 600
Ghiaia, pietrisco, sabbia asciutta	500 - 900
Sabbia bagnata	600 - 1800
Argilla	900 - 2700
Acqua	1430 - 1680
Acqua salata	1460 - 1530
Arenaria	1800 - 4000
Scisti argillosi	2500 - 4200
Calcere	2000 - 6000
Sale	4200 - 5200
Granito	4000 - 6000
Rocce metamorfiche	3000 - 7000

Tabella 1 - Principali litotipi e loro velocità sismica (espresse in m/sec)

Il G.R.M., a differenza del metodo del tempo d'intercetta, permette anche di verificare e di individuare, con metodi di calcoli indiretti, la presenza di eventuali strati nascosti (di limitato spessore e/o basso contrasto di velocità) e strati a bassa velocità nella serie stratigrafica.

Negli strati nascosti si ha sempre un aumento di velocità con la profondità ma il loro spessore è sottile e/o il contrasto di velocità con lo strato sottostante è così piccolo, per cui i raggi sismici che partono da questi strati vengono oscurati dai raggi che partono dallo strato sottostante. Gli strati a bassa velocità presentano invece una velocità sismica minore rispetto allo strato sovrastante (inversione di velocità), per cui alla loro interfaccia non si verifica una rifrazione critica e così non vengono evidenziati sul grafico tempo-distanza.

### 5. Correlazione tra velocità delle onde sismiche e parametri elastici.

Secondo i principi dell'elasticità dei materiali e le leggi che associano le deformazioni subite da un corpo agli sforzi ad esso applicati, è possibile stabilire relazione che forniscono i parametri elastici di un materiale conoscendo i valori di velocità delle onde sismiche di compressione P e di taglio S. Poiché le tensioni e le deformazioni che si generano sotto l'azione del campo d'onda sismico sono di modesta entità anche il terreno e le rocce sollecitate in questo ambito possono essere considerati in prima approssimazione come materiali omogenei, isotropi ed elastici, ed è quindi applicabile la legge di Hook (proporzionalità tra lo sforzo applicato  $\sigma_{ij}$  e la deformazione prodotta  $\epsilon_{kl}$ ) espressa come:

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \epsilon_{kl}$$

nella quale le costanti di proporzionalità  $C_{ijkl}$  sono dette Moduli Elastici. Tali costanti definiscono le proprietà dei materiali, ed assumendo materiali isotropi ed elastici, diminuiscono da 81 a 5, di cui quattro hanno un preciso significato fisico ( $G, E, K, \nu$ ), mentre  $\epsilon$  rappresenta una semplificazione nelle formule.

In senso più generale possono essere definite le costanti di Lamè  $\epsilon$  e  $\nu$  come caratteristiche elastiche indipendenti dalle direzioni lungo cui vengono applicate le tensioni o lungo cui vengono registrate le deformazioni. Queste due costanti sono definite dalle relazioni:

$$\epsilon = (\nu E) / [(1 + \nu)(1 - 2\nu)] \quad \nu = E / 2(1 + \epsilon)$$

Analogamente i due moduli  $E$  e  $\nu$  possono essere espressi in funzione delle costanti di Lamè:

$$E = \nu (3\epsilon + 2\nu) / (\epsilon + \nu) \quad \nu = \epsilon / 2(\epsilon + \nu)$$

Dimensionalmente i moduli elastici  $G, E, K$  e le due costanti di Lamè esprimono il rapporto tra una forza ed una superficie e sono quindi delle pressioni, mentre il rapporto di Poisson è adimensionale.

La costante  $E$  viene definita come rapporto tra sollecitazione e conseguente deformazione longitudinale rappresenta il modulo elastico del materiale (Modulo di Young).

È importante sottolineare che in campo dinamico si parla di modulo elastico dinamico, non statico, proprio perché tale modulo è ricavato dalle velocità delle onde sismiche.

La misura della resistenza del materiale al taglio viene definita come il rapporto tra deformazione e sforzo applicato, ed è chiamata Modulo di Taglio,  $G$ .

Il rapporto tra la tensione idrostatica e la deformazione cubica definisce il Modulo di compressione volumetrica o Bulk,  $k$ .

Infine il Modulo di Poisson  $\nu$ , è definito come rapporto tra la deformazione trasversale e quella longitudinale; tale modulo varia fra 0 (resistenza al taglio infinita) e 0.5 (fluidi con resistenza al taglio nulla).



Un'ultima costante entra a far parte delle relazioni tra caratteristiche elastiche e velocità la densità  $\bar{n}$  del materiale.

Le velocità sismiche possono essere espresse tramite le costanti elastiche con le seguenti relazioni:

$$V_p = ((\bar{e} + 2\bar{i}) / \bar{n})^{1/2}$$

$$V_s = (\bar{i} / \bar{n})^{1/2}$$

Pertanto avendo determinato i valori di  $V_p$  e  $V_s$  ed il valore  $\bar{n}$  della densità del materiale attraversato, è possibile calcolare i valori delle costanti elastiche dinamiche che caratterizzano i terreni esaminati con le seguenti relazioni.

$$\bar{i} = \frac{1}{2}[(V_p / V_s)^2 - 2] / [(V_p / V_s)^2 - 1]$$

$$G = \bar{n} V_s^2$$

$$E = 2 \bar{n} V_s^2 (1 + \bar{i})$$

$$K = (2 \bar{n} V_s^2 (1 + \bar{i})) / (3 (1 - 2\bar{i}))$$

Merita di essere ricordato infine che i parametri ricavati da misure dinamiche, cioè mediante l'utilizzo delle velocità delle onde sismiche, hanno in genere valori superiori a quelli ricavati da prove statiche di laboratorio proprio per il diverso campo di sforzo applicato e deformazione raggiunta: le intense ma brevi sollecitazioni provocate dalla propagazione delle onde sismiche si mantengono infatti nel campo elastico delle deformazioni del materiale.

In tab. 2 sono evidenziate le caratteristiche dei principali materiali.

Materiale	Vp m/sec.	Vs m/sec.	$\rho$ t / m <sup>3</sup>	$\nu$	G MPa	E MPa	K MPa
Suolo	450	180	1.9	0.40	62	173	303
Argille	2120	1470	2.67	0.04	5770	11966	4307
Siltiti	2300	1500	2.5	0.13	5625	12712	5725
Calcari	3600	2300	2.71	0.16	14336	33120	16007
Quarzite	4900	3200	2.66	0.13	27238	61459	27549
Arenaria	2500	1700	2.28	0.07	6589	14100	5464
Argilliti	4336	2860	2.67	0.11	21840	48700	21079
Scisti	4600	2900	2.7	0.17	22707	53143	26856
Gneiss	3189	2053	2.64	0.15	11127	25506	12012
Marmo	5587	3136	2.87	0.27	28225	71692	51952
Granito	3900	2700	2.66	0.04	19391	40325	14603
Gabbro	5000	3200	3.05	0.15	31232	72028	34607
Diabase	6500	3600	2.96	0.28	38362	98111	73911
Basalto	5124	3070	2.74	0.22	25824	63011	37507
Andesite	4800	3000	2.57	0.18	23130	54563	28373
Tufo	1000	660	1.45	0.11	632	1407	608
Calcestruzzo	4000	2500	2.6	0.18	16250	38333	19933

Tabella 2 – Caratteristiche dei principali materiali (da Press 1966, pp. 97-173)

## 6. Calcolo del Vs30

In riferimento all'Ordinanza P.C.M. n°3274/04 il calcolo del parametro Vs30 è dato da:

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

dove  $h_i$  è lo spessore dello strato  $i$ -esimo e  $V_i$  è la velocità in m/sec. dello strato  $i$ -esimo.

Nella tabella 3 sono riportati i valori di Vs30 calcolati lungo la linea sismica eseguita e relativa categoria di appartenenza, rispetto ai valori di riferimento della normativa.

Geofono	Vs30	Classe
G. n° 1	343	C
G. n° 2	343	C
G. n° 3	343	C
G. n° 4	343	C
G. n° 5	343	C
G. n° 6	342	C
G. n° 7	342	C
G. n° 8	341	C
G. n° 9	341	C
G. n° 10	340	C
G. n° 11	340	C
G. n° 12	339	C
G. n° 13	339	C
G. n° 14	338	C
G. n° 15	338	C
G. n° 16	337	C
G. n° 17	337	C
G. n° 18	336	C
G. n° 19	336	C
G. n° 20	336	C
G. n° 21	336	C
G. n° 22	336	C
G. n° 23	336	C
G. n° 24	336	C

Tabella 3 – Valori di Vs30

## 7 Presentazione dei dati

Nella presente relazione vengono forniti i seguenti elaborati:

- ubicazione indagini in scala 1:500 (pag.9);
- sezioni sismiche, rappresentazioni bidimensionali delle velocità sismiche e degli spessori degli strati individuati lungo la sezione sismica, in scala orizzontale e verticale 1:250 e dromocrone relative (pag.10 e 12);
- tabulati numerici delle velocità delle onde sismiche compressionali P e di taglio SH e degli spessori relativi ad ogni strato rilevato per la sezione sismica (pag. 11 e 13);
- calcolo dei moduli elastico-dinamici per il profilo Ps1 (pag.14).

## 8 Risultati dell'indagine

Vengono presentate nel presente lavoro le elaborazioni effettuate sia con l'utilizzo delle onde P che con le onde SH.

Nel suo insieme l'indagine ha messo in evidenza la presenza di tre orizzonti sismici con le seguenti classi di velocità

Onde P	Velocità in m/sec.	Onde S	Velocità in m/sec.
V1	301 - 338	V1	131 - 142
V2	587 - 633	V2	331
V3	1426 - 1447	V3	588

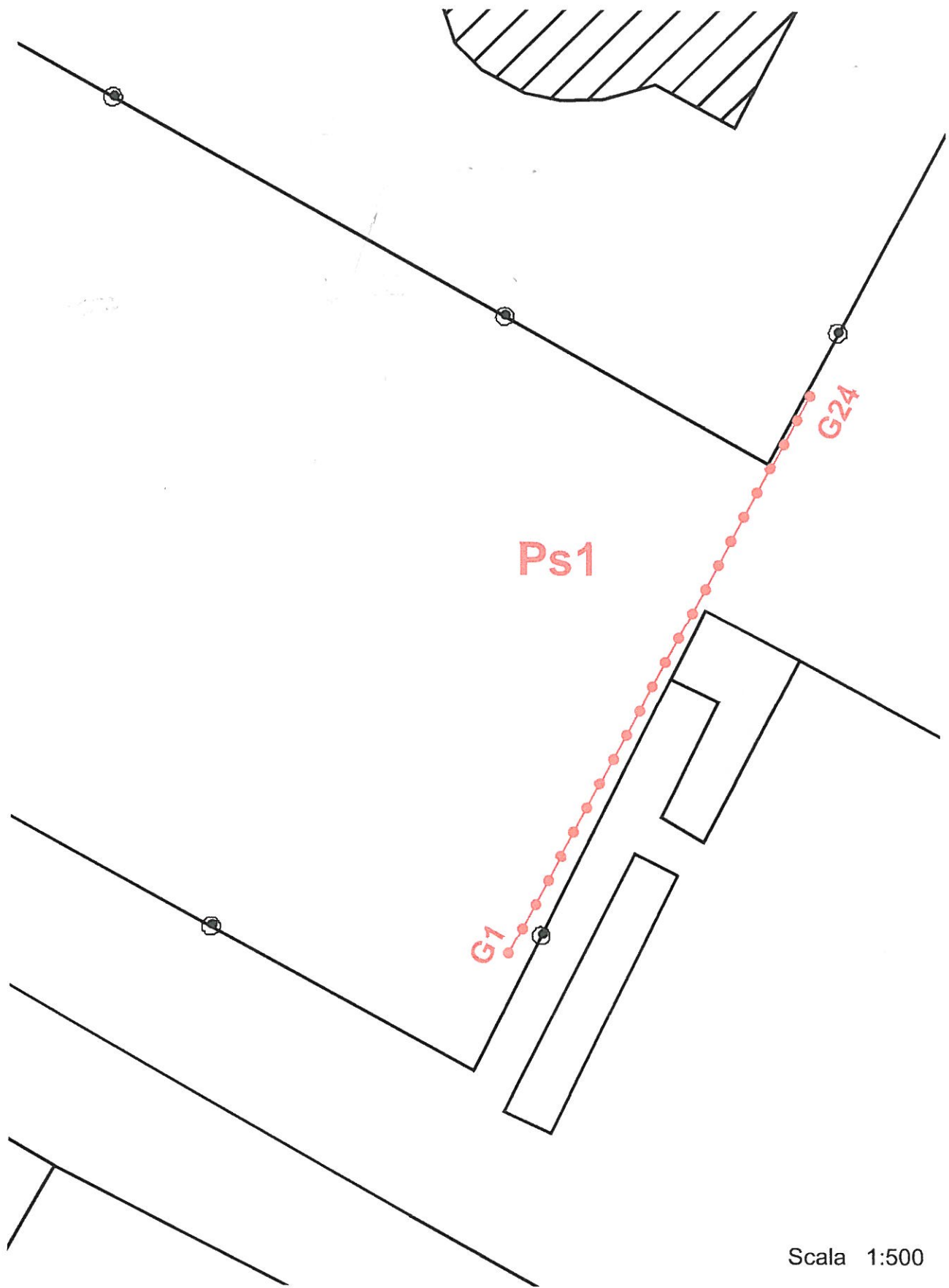
Onde P: lo spessore del primo orizzonte varia da un minimo di 1.6 ad un massimo di 2.6 m. Lo spessore del secondo orizzonte sismico varia da 12.3 a 14.1 m raggiungendo profondità comprese fra 14.4 e 16.3 m.

Onde S: lo spessore del primo orizzonte è di ca. 4 m. Lo spessore del secondo orizzonte sismico varia da 10.7 a 11.5 m raggiungendo profondità comprese fra 14.8 e 15.5 m.

Le diverse profondità calcolate con i due tipi di elaborazioni possono essere attribuite al diverso comportamento che i due tipi di onde hanno quando si propagano in mezzi non omogenei.

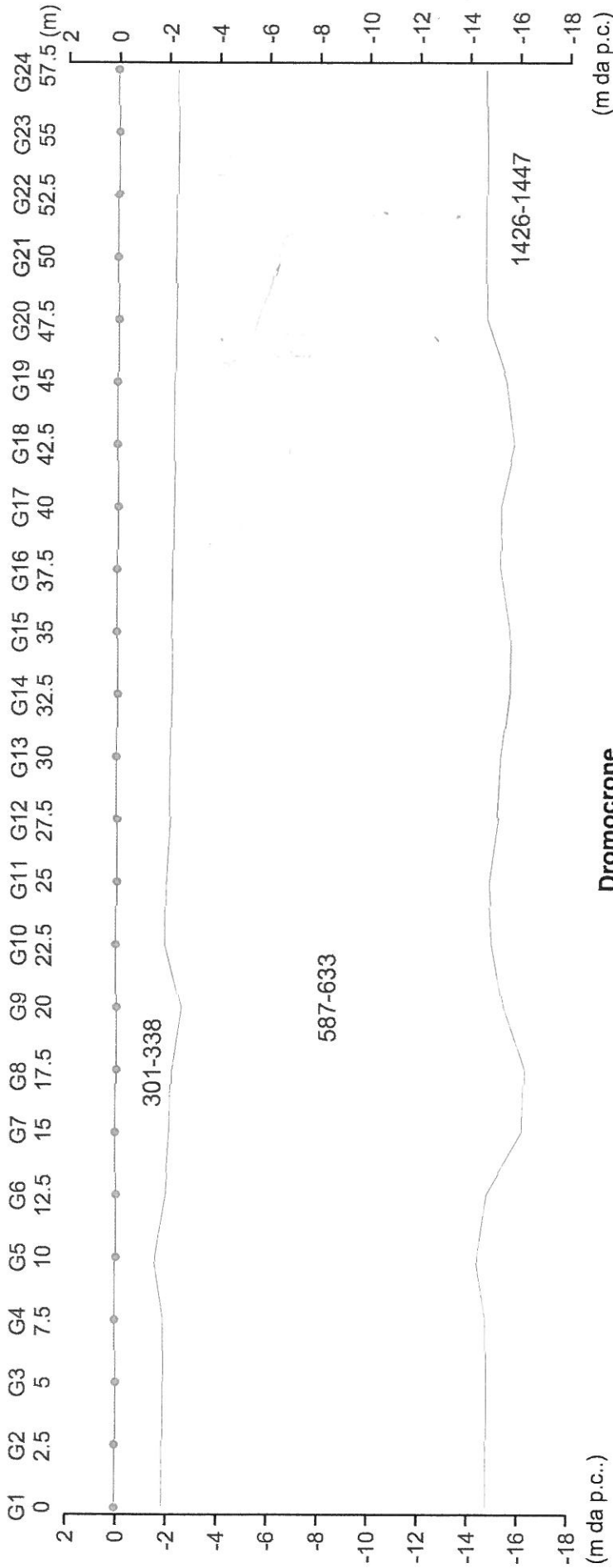
I valori dei moduli elastici calcolati per i tre orizzonti sismici (cfr. Tabella a pag. 14) denotano la scarsa coerenza per i materiali che li costituiscono.

### Ubicazione profili di sismica a rifrazione

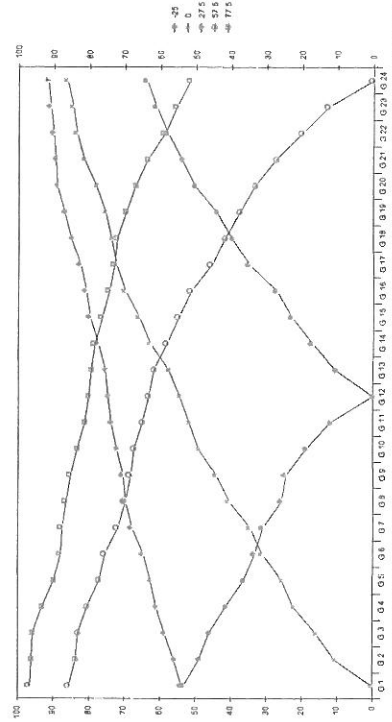


Scala 1:500

**Profilo di sismica a Rifrazione Ps1  
Onde di compressione P**



**Dromocrone**



Scala orizzontale 1:250

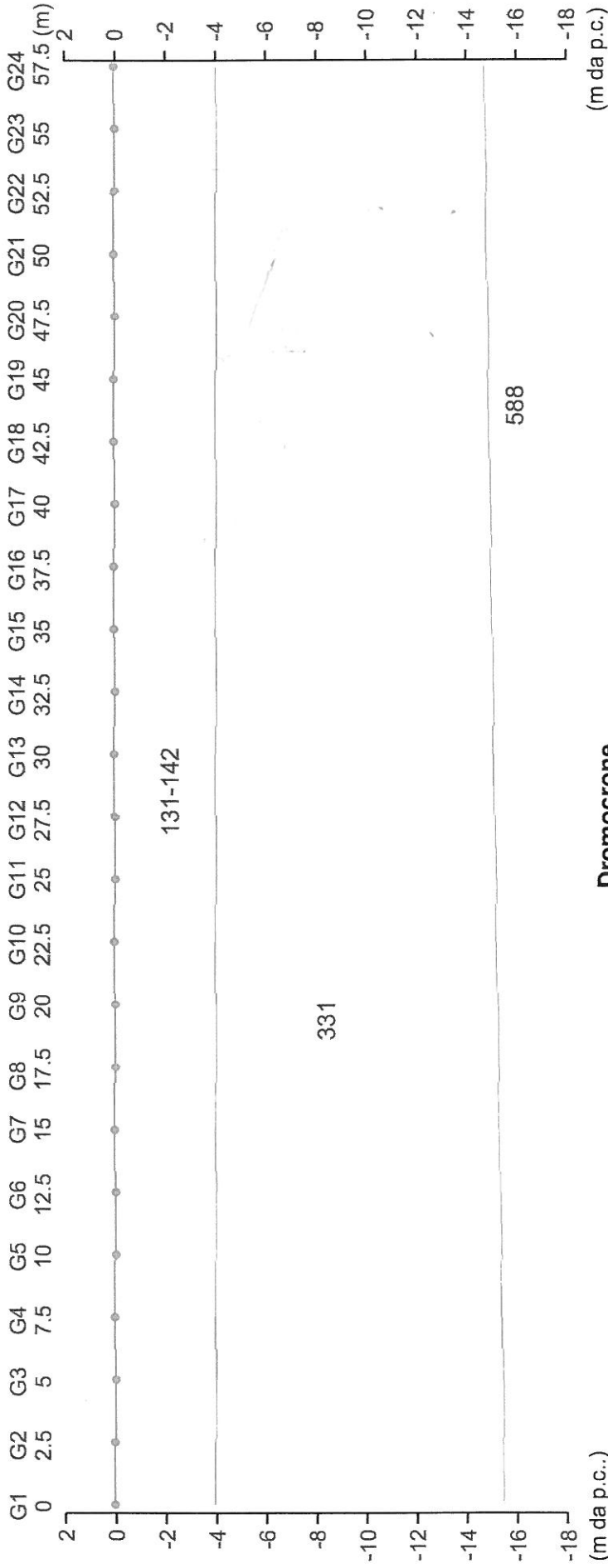
Scala verticale 1:250

## Ps1 - onde P

Geofono n°	Distanza m	V1 m/sec.	Z1 m	V2 m/sec.	Z2 m	H m	V3 m
1	0	338	1.9	587	12.9	14.8	1426
2	2.5	338	1.9	587	12.9	14.8	1426
3	5	338	1.9	587	12.9	14.8	1426
4	7.5	338	1.9	633	12.9	14.8	1426
5	10	332	1.6	633	12.8	14.4	1426
6	12.5	325	2.0	633	12.8	14.8	1426
7	15	319	2.1	633	14.1	16.2	1447
8	17.5	312	2.2	633	14.1	16.3	1447
9	20	306	2.6	633	12.9	15.4	1447
10	22.5	306	2.0	587	13.0	15.0	1447
11	25	306	2.0	587	12.9	14.8	1447
12	27.5	317	2.1	605	13.1	15.2	1447
13	30	328	2.1	605	13.2	15.3	1447
14	32.5	328	2.2	605	13.5	15.6	1447
15	35	328	2.2	605	13.5	15.7	1447
16	37.5	323	2.2	605	13.1	15.3	1447
17	40	317	2.2	605	13.1	15.3	1447
18	42.5	312	2.2	605	13.6	15.8	1447
19	45	306	2.3	605	13.3	15.5	1447
20	47.5	301	2.3	605	12.4	14.7	1426
21	50	301	2.3	605	12.4	14.7	1426
22	52.5	301	2.3	605	12.4	14.7	1426
23	55	301	2.4	605	12.3	14.7	1426
24	57.5	301	2.4	605	12.3	14.7	1426

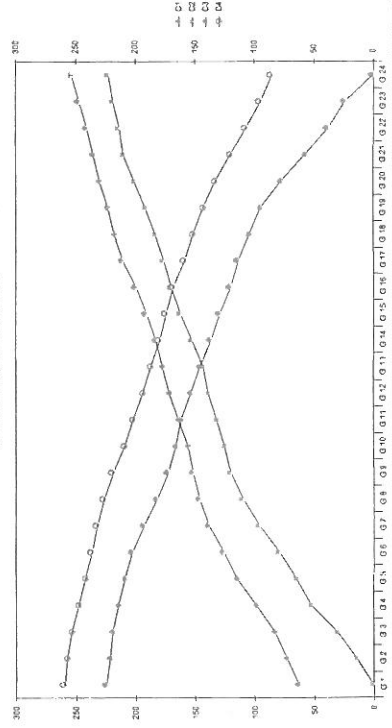
V = Velocità dell'orizzonte sismico  
Z = Spessore dell'orizzonte sismico  
H = Profondità totale

**Profilo di sismica a Rifrazione Ps1  
Onde di taglio SH**



(m da p.c.)

**Dromocrone**



Scala orizzontale 1:250

Scala verticale 1:250

## Ps1 - onde S

Geofono n°	Distanza m	V1 m/sec.	Z1 m	V2 m/sec.	Z2 m	H m	V3 m
1	0	142	4.0	331	11.5	15.5	588
2	2.5	142	4.0	331	11.5	15.5	588
3	5	142	4.0	331	11.5	15.4	588
4	7.5	142	4.0	331	11.4	15.4	588
5	10	141	4.0	331	11.4	15.4	588
6	12.5	141	4.0	331	11.3	15.3	588
7	15	140	4.0	331	11.3	15.3	588
8	17.5	139	4.0	331	11.3	15.3	588
9	20	138	4.0	331	11.2	15.2	588
10	22.5	138	4.0	331	11.2	15.2	588
11	25	137	4.0	331	11.2	15.2	588
12	27.5	136	4.0	331	11.1	15.2	588
13	30	135	4.0	331	11.1	15.1	588
14	32.5	135	4.0	331	11.1	15.1	588
15	35	134	4.0	331	11.0	15.1	588
16	37.5	133	4.0	331	11.0	15.0	588
17	40	132	4.0	331	11.0	15.0	588
18	42.5	132	4.0	331	10.9	15.0	588
19	45	131	4.0	331	10.9	14.9	588
20	47.5	131	4.0	331	10.8	14.9	588
21	50	131	4.0	331	10.8	14.9	588
22	52.5	131	4.1	331	10.8	14.8	588
23	55	131	4.1	331	10.7	14.8	588
24	57.5	131	4.1	331	10.7	14.8	588

V = Velocità dell'orizzonte sismico

Z = Spessore dell'orizzonte sismico

H = Profondità totale



## PS 1

PRIMO ORIZZONTE SISMICO						
Geofono n°	Vp m/sec.	Vs m/sec.	$\rho$ t / m <sup>3</sup>	$\nu$ -	E MPa	K MPa
G1-G4	338	142	1.5	0.39	84	131
G5	332	141	1.5	0.39	83	125
G6	325	141	1.5	0.39	82	119
G7	319	140	1.5	0.38	81	113
G8	312	139	1.5	0.38	80	108
G9	306	138	1.5	0.37	79	102
G10	306	138	1.5	0.37	78	103
G11-G13	306	137	1.5	0.37	77	103
G14	328	135	1.5	0.40	76	125
G15	328	134	1.5	0.40	75	125
G16	323	133	1.5	0.40	74	121
G17	317	132	1.5	0.39	73	116
G18	312	132	1.5	0.39	72	111
G19-G24	306	131	1.5	0.39	71	106

SECONDO ORIZZONTE SISMICO						
Geofono n°	Vp m/sec.	Vs m/sec.	$\rho$ t / m <sup>3</sup>	$\nu$ -	E MPa	K MPa
G1-G3	587	331	1.7	0.27	472	337
G4-G9	633	331	1.7	0.31	489	433
G10-G11	587	331	1.7	0.27	472	337
G12-G24	605	331	1.7	0.29	479	374

TERZO ORIZZONTE SISMICO						
Geofono n°	Vp m/sec.	Vs m/sec.	$\rho$ t / m <sup>3</sup>	$\nu$ -	E MPa	K MPa
G1-G6	1426	588	2.0	0.40	1933	3145
G7-G19	1447	588	2.0	0.40	1938	3266
G20-G24	1426	588	2.0	0.40	1933	3145