



Comune di Livorno  
Staff Pianificazione Territoriale e Ambientale  
Strategie Ambientali

ALLEGATO n° 4

PARTE INTEGRANTE

Delibera n° \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

# U.T.O.E. 4C18 "Nuovo Centro"

## Variante al Regolamento Urbanistico e conseguente adeguamento del Piano Particolareggiato

### RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA



Dirigente U.O.va Strategie Ambientali  
Dott. Geol. Leonardo Conuelli

Equipe di Lavoro:

Dott. Geol. Alessio Tanda  
Dott. Michele Danzi

luglio 2013



## **INDICE**

### **1 Relazione geologica**

Premesa

- 1.1 Sintesi dei contenuti della Variante e modifiche al Piano Particolareggiato
- 1.2 Elementi geologici e strutturali
- 1.3 Elementi litologico tecnici
- 1.4 Elementi per la valutazione degli aspetti geomorfologici
- 1.5 Elementi per la valutazione degli aspetti idraulici
- 1.6 Elementi per la valutazione degli aspetti idrogeologici
- 1.7 Elementi conoscitivi per la valutazione degli effetti locali e di sito per la riduzione del rischio sismico
- 1.8 Indagini di riferimento e parametri geotecnici
- 1.9 Smaltimento delle terre da scavo

### **2 Valutazione delle pericolosità**

- 2.1 Pericolosità Geologica
- 2.2 Pericolosità Idraulica
- 2.3 Pericolosità Sismica locale

### **3 Valutazione delle condizioni di fattibilità**

### **4 Indicazione delle indagini geognostiche da eseguire per l'attuazione dell'adeguamento al P.P.**

## **INDICE TAVOLE ED ALLEGATI**

- Tav. 1 – Carta di inquadramento topografico (scala 1:5.000)
- Tav. 2 – Inquadramento geologico (Mazzanti, 1987) (scala 1:20.000)
- Tav. 3 – Correlazioni litostratigrafiche (scale 1:20.000 – 1:2.000)
- Tav. 4 – Carta geomorfologica (scala 1:10.000)
- Tav. 5 – Ubicazione indagini geognostiche (scala 5.000)
- Tav. 6 – Sezioni litostratigrafiche (scala 1:2.000 – 1:200)
- Tav. 7 – Carte di <pericolosità e fattibilità Geologica, sismica e idraulica

ALLEGATO 1- Indagini geotecniche e sismiche di riferimento

## 1 - RELAZIONE GEOLOGICA

### **Premessa**

L'area interessata dalla modifica urbanistica oggetto del presente documento è denominata "Nuovo Centro" ed è situata a Livorno tra i quartieri di prevalente edilizia residenziale pubblica Salviano, La Leccia, La Scopaia, La Rosa e Coteto.

All'epoca dell'approvazione del vigente Piano Regolatore era considerato come obiettivo primario il decentramento di alcune funzioni residenti nel centro storico (ad esempio il Tribunale e gli Uffici pubblici), mediante la creazione di una terza polarità, oltre a quelle della Porta a Terra e del Centro storico stesso e per questo fu individuata l'area del "Nuovo Centro".

Nel 2007 l'Amministrazione Comunale predispone una Variante al Piano Strutturale che prevede la variazione del contorno perimetrico dell'U.T.O.E. 4C18 "Nuovo Centro" a seguito dello stralcio di alcune aree di proprietà privata.

Tale Variante è stata adottata con deliberazione C.C. n. 195 del 4.12.2007 e successivamente approvata dal C. C. con Delibera n. 78 del 15 Maggio 2008 (pubblicazione sul B.U.R.T. n. 25 del 18 Giugno 2008).

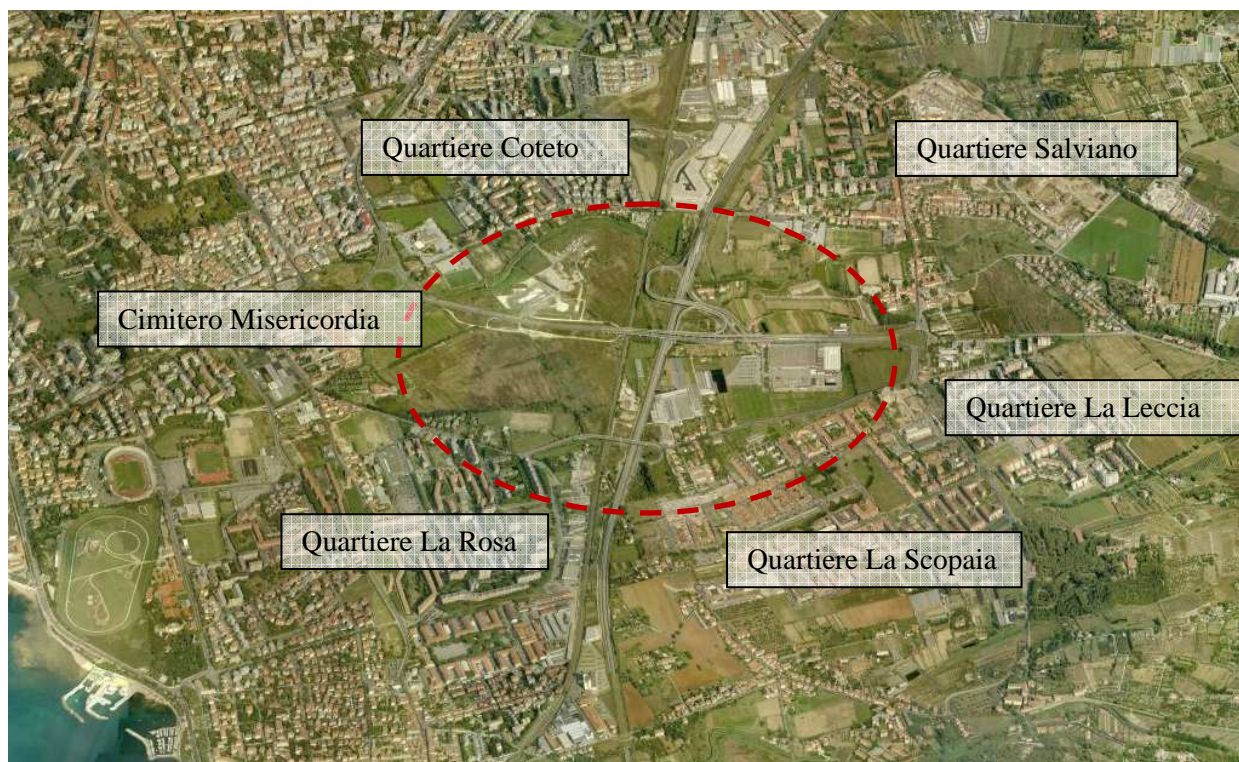
Oggi, a distanza di alcuni anni, durante la fase di attuazione del piano particolareggiato ed a seguito della definizione dei progetti esecutivi degli interventi di urbanizzazione, si sono riscontrati non perfetti allineamenti di aree marginali che, ritenute per tale motivo non più necessarie ai fini dell'attuazione delle previsioni, sono state stralciate dall'area di piano.

Nel medesimo arco di tempo il Corpo Forestale dello Stato, su segnalazione della GAV LIPU Livorno, ha richiesto una verifica in merito a due filari di alberi presenti nell'area del Piano Particolareggiato del Nuovo Centro, al fine di valutare la possibilità di una loro conservazione, data la presenza di alberature di importante sviluppo, che costituiscono anche habitat di varie specie di urbanistiche delle aree contermini. La salvaguardia di queste alberature richiede uno spostamento della capacità edificatorie tra i lotti interni al piano e quindi una revisione del Piano Particolareggiato. L'A.C. ha deciso quindi di procedere ad effettuare una Variante al R.U. per ridestinare urbanisticamente le aree sperimentate e il conseguente adeguamento del Piano anche per accogliere la richiesta del Corpo Forestale dello Stato e della GAV LIPU Livorno.

## 1.1 – Sintesi dei contenuti della Variante e modifiche al Piano Particolareggiato

L’area in esame sulla quale vengono proposti i nuovi atti urbanistici ha una superficie complessiva di oltre 105 ha. ed è delimitata a Nord dall’asse fluviale del Rio Maggiore, ad Ovest dal Cimitero della Misericordia (Ardenza), a Sud dalle direttrici dei Quartieri della Leccia e ad Est dal Cimitero e dal nucleo storico del Borgo di Salviano – si veda *immagine 1* qui di seguito riportata.

Le quote altimetriche rilevate nella recente cartografia alla scala 1:2.000, sono comprese tra i 28,00 ed i 12,00 m. s.l.m.m. con una pendenza più o meno uniforme distribuita da Est verso Ovest e da Nord verso Sud con pendenze del tutto modeste e senza particolari breaks geomorfologiche – si veda **TAV. 1**.



*Immagine 1 - Localizzazione dell’area interessata dalla Variante (Immagine tratta da Bing Maps)*

Dalla segnalazione avanzata dalle GAV LIPU Livorno al Corpo Forestale dello Stato in merito alla presenza all’interno dei lotti edificatori del Nuovo Centro dei due filari arborei (evidenziati nella planimetria di seguito riportata), successivamente a specifiche analisi e valutazioni, ne emerge l’importanza della loro salvaguardia e valorizzazione in quanto risultati infrastrutture ecologiche di rilievo ai fini dell’incremento della biodiversità – si veda *immagine 2*.

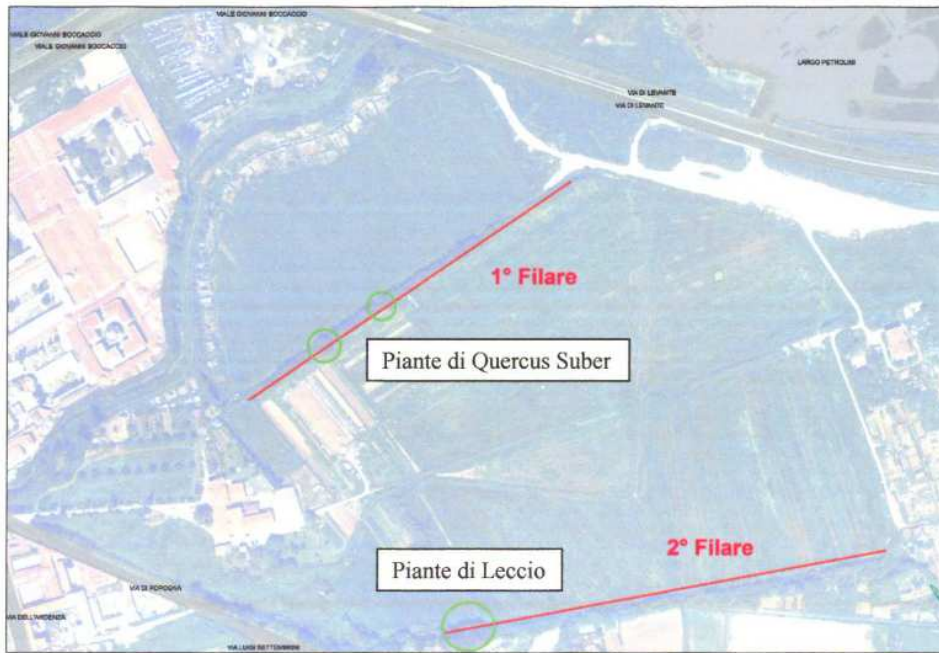


Immagine 2- Individuazione dei due filari di alberature

Tali filari sono ricompresi all'interno di lotti edificatori, previsti dal piano particolareggiato di attuazione delle previsioni di R.U.; per la loro conservazione è quindi indispensabile ridestinare l'edificazione privata in altra area del P.P. con conseguente variazione di destinazione urbanistica dei lotti interessati.

In virtù di quanto detto sopra, il presente documento risulta di supporto alla variante al R.U., per quanto riguarda le piccole modifiche di estromissione di areali non più necessari all'esproprio, unitamente alla modifica e all'aggiornamento del relativo Piano Particolareggiato in accoglienza delle segnalazioni avanzate dalle GAV LIPU Livorno al Corpo Forestale dello Stato, precedentemente citate.

Più precisamente la Variante all'R.U. riguarda:

- una piccola porzione di area di circa mq 450 (**variante n. 1** nelle planimetrie riportate nelle *immagini 3 e 4*) che sarà stralciata dal Piano Particolareggiato e destinata, nel Regolamento Urbanistico, ad aree a ville con giardino (art. 15 delle Norme Tecniche di Attuazione), in analogia con le aree contermini.

Fanno inoltre parte della presente variante alcuni aggiustamenti di confine che riguardano aree marginali, che vengono stralciate dal P.P. del Nuovo Centro e a cui vengono attribuite le stesse destinazioni urbanistiche delle aree contermini. Essi riguardano:

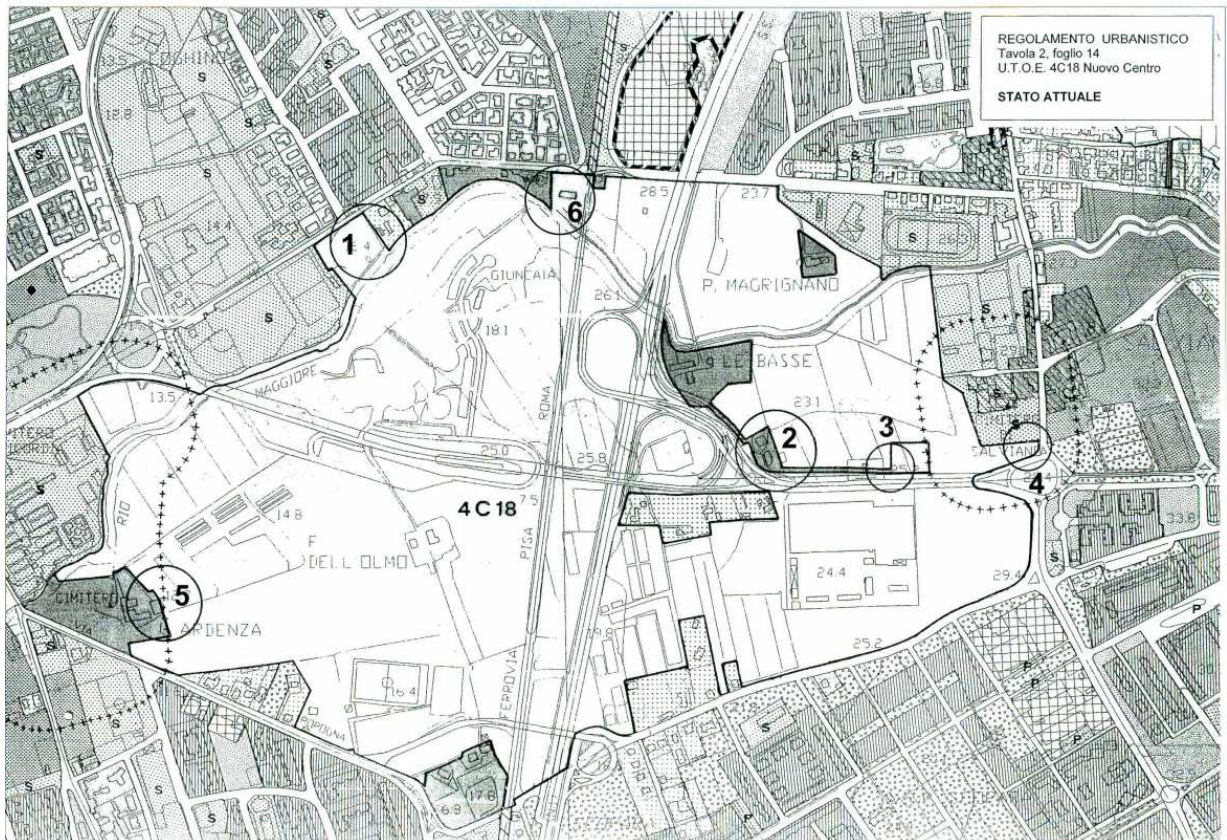


Immagine 3- Stralcio R.U. vigente

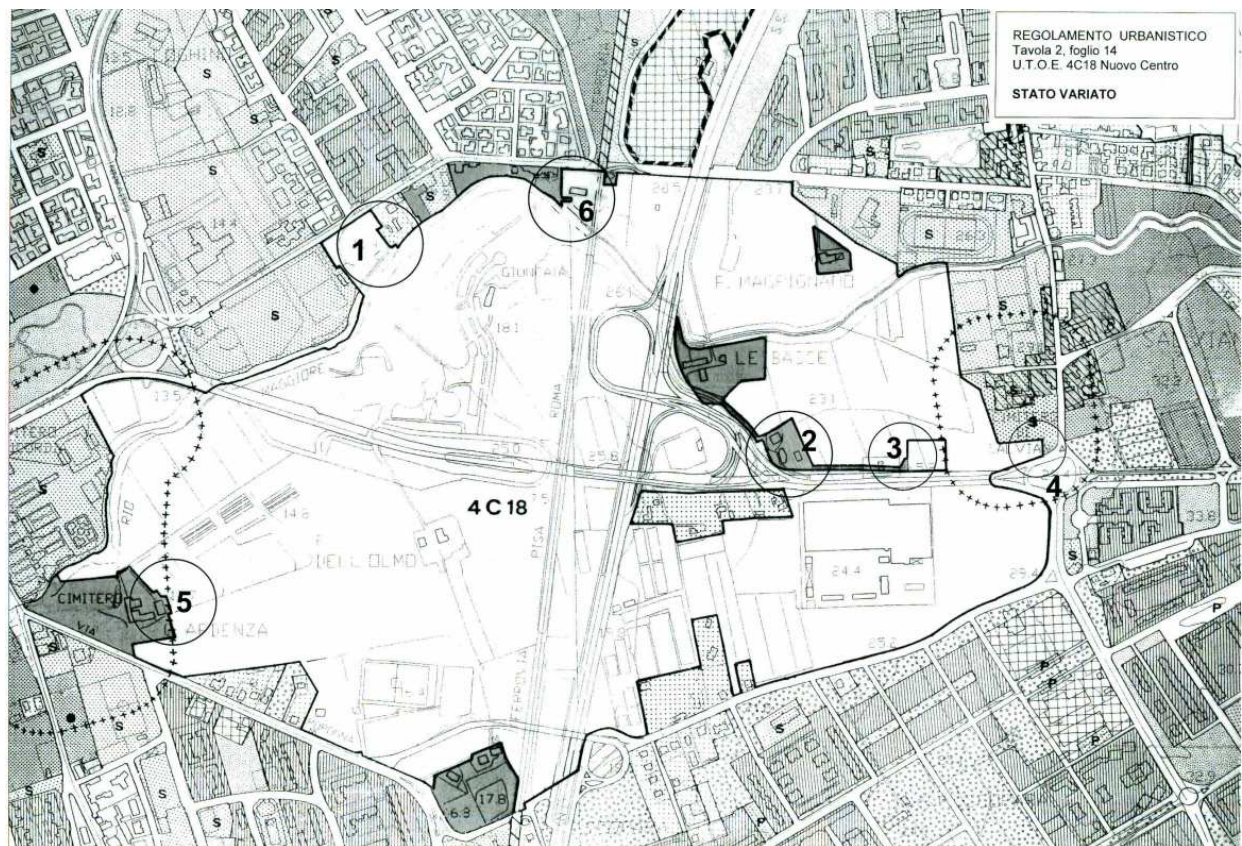


Immagine 4- Stralcio R.U. variato

- modifica dei confini dell'area a servizi di Via di Levante (dove sarà insediato il deposito A.T.L.). Tale modifica, che riguarderà due aree di proprietà privata (**varianti n. 2 e 3** nelle planimetrie sopra riportate – *immagini 3 e 4*), si rende necessaria per adeguare la situazione di fatto al progetto esecutivo per l'insediamento del deposito ATL, approvato con Disposizione dirigenziale n. 1206 del 2.4.2009, ed alle conclusioni della Conferenza dei Servizi del 22.12.2010 per l'esame del progetto esecutivo in variante della nuova sede ATL. La nuova destinazione urbanistica sarà quella delle aree consolidate di iniziativa privata (art. 13 NTA). Le due aree hanno una superficie di circa mq 1450 (la n. **2**) e mq 80 (la n. **3**);
- modifica della destinazione urbanistica dell'area posta in prossimità dello svincolo tra Via di Salviano e Via di Levante (**variante n. 4** – *immagini 3 e 4*) in quanto, a seguito della effettiva sistemazione stradale realizzata con le rotatorie di Via di Levante, viene meno l'interesse dell'Amministrazione per la trasformazione dell'area ai fini della viabilità della zona. L'area ha una superficie di circa mq 580; le verrà attribuita la destinazione a servizi (art. 37 NTA);
- modifica dei confini del P.P. in corrispondenza del complesso edilizio posto all'inizio di Via di Popogna, in prossimità del Cimitero della Misericordia (**variante n. 5** – *immagini 3 e 4*). La variante, che riguarda un'area di circa mq 190 di superficie, si rende necessaria per il rispetto dei confini di proprietà su una parte di area privata non indispensabile per l'attuazione del P.P. del Nuovo Centro. La nuova destinazione urbanistica sarà quella delle aree consolidate di iniziativa privata (art. 13 NTA).
- modifica dei confini del P.P. in corrispondenza di una piccola area, di circa mq 65, in Via Campania, sulla quale è presente una antenna della telefonia mobile su proprietà privata (**variante n. 6** – *immagini 3 e 4*). Tale area non è indispensabile per l'attuazione del Piano e pertanto viene stralciata e ad essa viene attribuita quella delle aree contermini, cioè art. 13 (aree consolidate di iniziativa privata).

Qui di seguito si riportano invece gli interventi previsti dall'adeguamento al Piano Particolareggiato consistenti in:

1. Per la conservazione dei filari arborei è necessario variare la destinazione del lotto residenziale (RES), in cui questi ricadono, a Lotto a servizi (SER) e trasferire la

capacità edificatoria del medesimo sull’area a Servizi di Via dei Pelaghi, che assumerà la destinazione di Lotto residenziale (RES).

2. Inoltre si prevede di creare un collegamento delle aree a verde lungo gli argini del Rio Maggiore con le aree a verde da realizzarsi nell’adiacente quartiere “Coteto” che da Via Campania si spingeranno fino a Viale Boccaccio, in modo da costituire un’ampia zona di verde pubblico attrezzato. Pertanto il Lotto RES. 5 sarà variato parzialmente in area a servizi, trasferendo parte della prevista capacità edificatoria, sempre sull’area di via dei Pelaghi destinata dal vigente Piano a servizi, che con la variante in argomento assumerà la destinazione residenziale (RES).
3. Sul Lotto Dir 1 si prevede la realizzazione di un ulteriore fabbricato per dare simmetria architettonica al comparto edificatorio, mantenendo nel complessivo immutata la S.L.P. di 24.000 mq. già prevista dal Piano Particolareggiato.

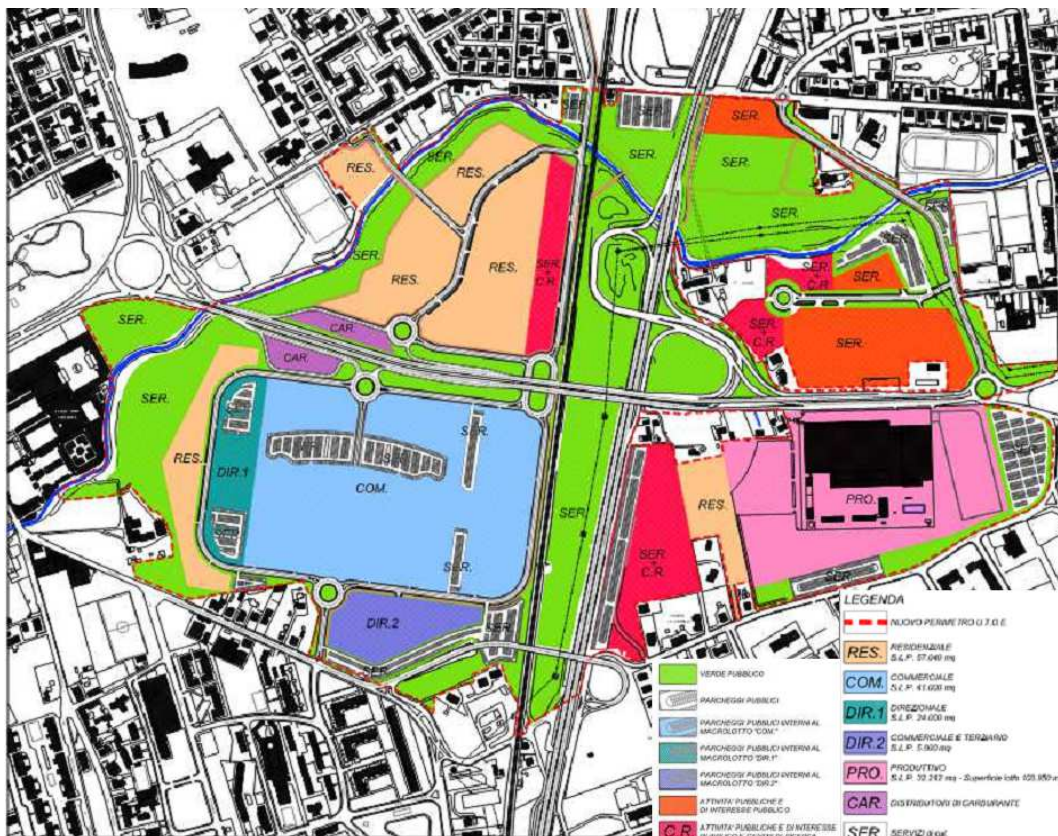


Immagine 5- Stralcio del Piano Particolareggiato di iniziativa pubblica approvato “Nuovo Centro” – Tavola delle sottozone





Immagine 6- Stralcio del Piano Particolareggiato di iniziativa pubblica approvato "Nuovo Centro" – Planivolumetrico

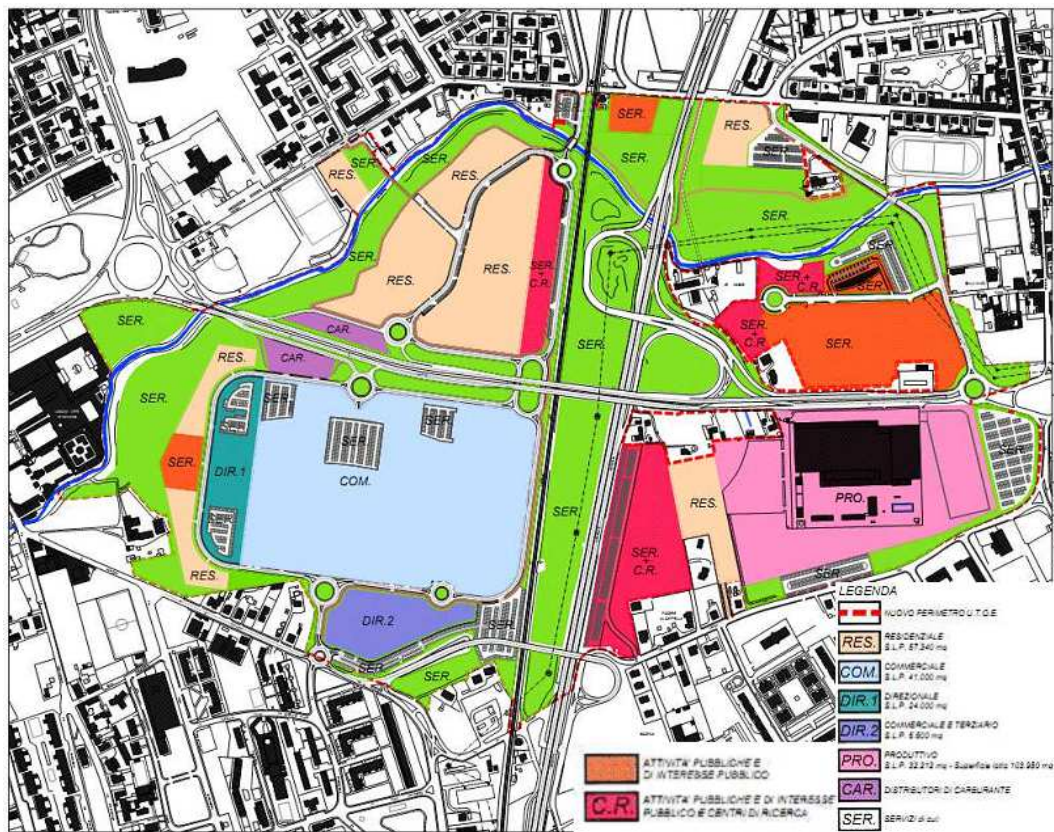


Immagine 7- Stralcio della Variante del Piano Particolareggiato di iniziativa pubblica "Nuovo Centro".

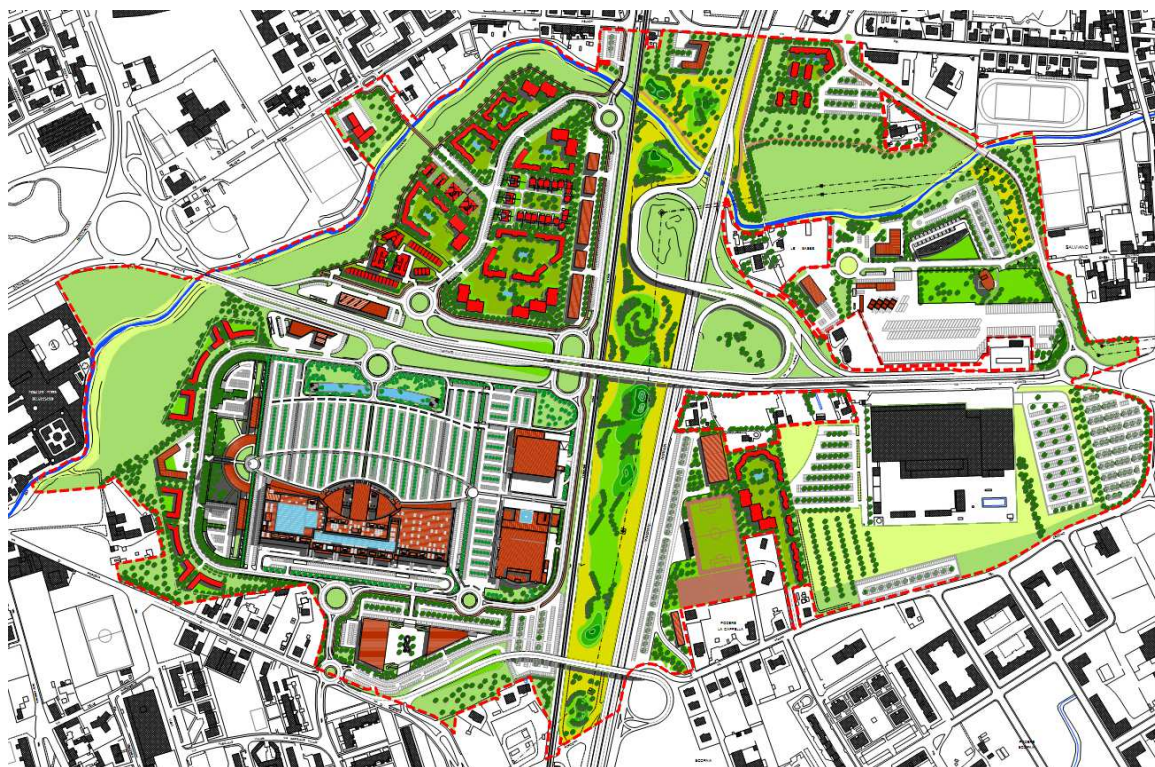


Immagine 8- Stralcio della Variante al Piano Particolareggiato di iniziativa pubblica “Nuovo Centro” – Planivolumetrico

## 1.2 – Elementi geologici e strutturali

In riferimento alla superficie dell’area, alla sua ubicazione ed agli affioramenti nei luoghi<sup>1</sup> è stata studiata una zona significativa di forma quadrata e ben più ampia del Chilometro quadrato del Nuovo Centro – si veda **TAV. 2** “Inquadramento geologico”.

Per la geologia è stata utilizzata la fonte precedente alla CARG in quanto non si sono rilevate sostanziali modifiche e risulta allo stato attuale di migliore resa grafica in attesa della stampa della nuova Carta.

### **Argilliti e calcari silicei “Palombini” – c<sub>2</sub> -**

#### ***Complesso Alloctono Superiore – Cretacico inferiore***

Nel nostro quadrato di indagine affiorano al di sopra dei 50,00 m. s.l.m.m. verso il primo blando innalzamento dei rilievi pedecollinari. La Formazione non affiora nell’area della Lottizzazione.

<sup>1</sup> Per la geologia di superficie ci si è riferiti al lavoro: “La scienza della Terra nei comuni di Livorno e Collesalveti” – Quaderni del Museo Naturale di Livorno, Vol. 11 Supplemento n. 2, Livorno, 1990 ed alla Cartografia Regionale Progetto CARG

Litologicamente, oltre che ai noti strati e banchi calcarei silicei grigio-ferro (“i Palombini” e dalle alternanze di strati e banchi di argilliti laminitiche grigio marrone o nere, comprende in percentuale assai minore strati e banchi di calcari marnosi grigio-scuro a patine chiare e strati di calcari arenacei e talora di arenarie calcareo-quarzose.

### **Conglomerati di Villa Umberto I q<sub>6</sub> con cerchietti rossi**

#### ***Complesso Neoautoctono – Pleistocene medio***

Non affiorano nell’area della lottizzazione, poichè nel nostro quadrato di indagine si trovano a sormontare le Argilliti e calcarei silicei “Palombini” in maniera peraltro piuttosto limitata arealmente. Litologicamente sono costituiti da ciottoli molto eterometrici e spesso rivestiti di caratteristiche croste carbonatico-arenacee formati in prevalenza da litotipi dell’Alloctono Ligure. Lo spessore di questa formazione è molto modesto, raggiungendo difficilmente il metro; la matrice, generalmente scarsa, in alcune località diventa abbondante e calcarenitico-sabbiosa, il sedimento assume allora l’aspetto di una “Panchina”.

### **Sabbie rosse (talora con ciottoli), calcareniti sabbiose di Villa Padula q<sub>7</sub>**

#### ***Complesso Neoautoctono – Pleistocene medio***

Non affiorano nell’area della lottizzazione, poichè nel nostro quadrato di indagine si trovano in destra idraulica del Rio Cigna, verso sud risultano in contatto stratigrafico con i Conglomerati, calcareniti sabbiose e sabbie limose di Rio Maggiore.

Si tratta in prevalenza di sabbie piuttosto arrossate, nelle quali non sono mai stati rinvenuti fossili e che rappresentano per la maggior parte un deposito eolico, parzialmente “inquinato” da minori episodi colluviali e, più marginalmente, da sparuti apporti fluviali.

### **Conglomerati, calcareniti sabbiose e sabbie limose di Rio Maggiore q<sub>9</sub> con cerchietti rossi**

#### ***Complesso Neoautoctono – Pleistocene superiore***

Affioranti nella parte Est dell’area in esame, infatti l’orlo stratigrafico si trova a lambire l’abitato di Salviano; l’unico affioramento di questo insieme di strati si trova proprio nei dintorni di Salviano fra la Villa Leccia ed il Rio Cigna. Da un punto di vista strettamente litologico questa formazione è costituita da ciottoli arrotondati di dimensioni variabili (fino ad un massimo di 15-20 cm.), formati da materiali dell’alloctono ligure.

La stratificazione, talora inclinata con immersione ad occidente, è evidenziata da superfici di separazione e da intercalazioni di sabbia grossolana. Tagli recenti hanno messo in evidenza la possibilità di passaggi laterali con livelli di panchina.

La presenza di sabbie limose è invece da mettersi in relazione con la natura prevalentemente fluviale di questo sedimento.

### **Sabbie di Ardenza q<sub>9</sub>**

#### ***Complesso Neoautoctono – Pleistocene superiore***

Questa formazione largamente rintracciabile nell'intera piana di Livorno affiora nella gran parte dell'area in esame ed è stratigraficamente in contatto con i Conglomerati, calcareniti sabbiose e sabbie limose di Rio Maggiore.

La formazione risulta piuttosto omogenea ed è in prevalenza costituita da sabbie molto fini, di accumulo eolico di colore rosso-arancio, probabilmente derivato da quello dei materiali detritici di provenienza in gran parte dallo smantellamento di depositi già molto arrossati per intensi fenomeni pedologici.

Mentre le sottostanti Calcareniti sabbiose di Castiglioncello (non affioranti nell'area di inquadramento) rappresentano un deposito di materiali a lungo “sciacquati” e quindi di provenienza non lontana dal mare, le Sabbie di Ardenza, con la loro granulometria molto fine, sono un sedimento più elaborato e continentale.

### **1.3 – Elementi Litologico-tecnici**

Per una conoscenza stratigrafica generale dell'area in esame sono state tracciate le correlazioni lito-stratigrafiche generali 1 e 2 - si veda **TAV. 3** “ Correlazioni lito-stratigrafiche”.

Le sezioni stratigrafiche sono significative per evidenziare i rapporti tra le coltri terrigene che costituiscono il pacco geotecnicamente più rappresentativo per una lettura del sottosuolo anche in chiave sismica. La **TAV. 3** è stata rielaborata sulla base dello Studio lito-stratigrafico eseguito in tutto il territorio del Comune di Livorno nell'ambito del Programma di prevenzione della Protezione Civile.

Lo spessore di tali orizzonti, prevalentemente investigato con metodiche di tipo diretto (sondaggi a carotaggio continuo e prove penetrometriche) non è inferiore alla profondità di 25,00 metri da piano campagna.

Con opportuna simbologia nelle sezioni si sono distinti i tipi litotecnici ai quali si sono attribuiti i valori medi ricavati dalle analisi di laboratorio eseguite, per le caratteristiche di peso di volume, angolo di attrito e coesione.

In generale nel *Plane* di Livorno si possono evidenziare due domini geomorfologici, l'area alta costituita dal Terrazzo di Livorno e la zona bassa rappresentata dall'area depressa di Ponte Ugione.

Essi risultano separati da una scarpata naturale, la cosiddetta – e già evidenziata - *Gronda dei Lupi*, che si sviluppa sinuosamente da Suese (Stagno) a Ponte Ugione, Cimitero dei Lupi, zona S.Marco, fino alla Fortezza Vecchia.

I depositi del Terrazzo, a partire dal basso sono rappresentati da:

- ✓ calcareniti in lastre e trovanti lapidei (panchina) o alterate, erose e detritiche;
- ✓ sabbie limose mediamente addensate e a tratti cementate;
- ✓ sabbie medio-fini con ciottoli e ghiaietto, sabbie grossolane, ciottoli ad addensamento variabile, con coesione variabile da 0 a 5 t/mq ed angolo di attrito interno tra 30 e 40°.

In alto si hanno limi sabbiosi ed argillosi con ghiaietto e noduli di Fe e Mn, di media consistenza, ed argille limose di media consistenza, con coesione di 10-20 t/mq ed angolo di attrito interno di 0-20°.

I sedimenti della zona depressa, sempre ad iniziare dal basso, sono costituiti da:

- ✓ ghiaie sabbiose molto grossolane addensate, con un angolo di attrito interno di 35-40°;
- ✓ sabbia fine argillosa passante ad argilla limosa; la sabbia possiede valori di coesione fino a 3 t/mq ed angolo di attrito interno  $\phi$  di 25-30°, mentre per le argille tali valori sono rispettivamente di 2-5 t/mq e 20-25°;
- ✓ sabbie limose, con coesione 0-1.5 t/mq e angolo di attrito interno tra 0 e 20°;
- ✓ argilla limosa passante a sabbia argillo-limosa, che mostra valori di coesione tra 7 e 12 t/mq e valori di  $\phi$  tra 0 e 20°;
- ✓ argille limose leggermente sabbiose passanti ad argille limose, ed alla sabbia limosa addensata (tomboli sepolti), i cui valori di coesione ed di angolo di attrito interno sono, rispettivamente, di 2-5 t/mq e 7-15°, e 0-0.8 t/mq e 35-40°.

Alla base dei depositi del terrazzo e dei sedimenti dell'area di Ponte Ugione si rinvengono i terreni costituiti da argille ed argille sabbioso-limose consistenti. Nel settore centrale ed

orientale della piana di Livorno esse rappresentano il substrato pliocenico mentre nell'area occidentale e settentrionale il substrato argilloso è di età Pleistocenica inferiore (argille ad Artica).

Di seguito descrizione sintetica delle sezioni rappresentate in **TAV. 3:**

### **SEZIONE 1**

Il profilo è stato tracciato tra lo Zero mare in prossimità del Porticciolo N. Sauro, verso la Piazza Matteotti, oltre il quartiere di Coteto, in perpendicolare alla linea ferroviaria e alla Variante Aurelia, in attraversamento al Rio Cigna fino alla località Le Panche (60,00 m. s.l.m.m.).

Se si esclude la presenza delle Argilliti e Calcari a Palombini che affiorano nella parte collinare, la sezione stratigrafica riflette in pieno il Dominio delle litologie di Terrazzo morfologico con spessori calcarenitici, spezzoni di “Panchina” che rappresentano un *marker* formazionale in cui si alternano litologie sabbio-limose e limo-argillose.

E' possibile ipotizzare che siano le Argille Plioceniche la formazione che costituisce il substrato sebbene si rilevi nella parte più piana della sezione ed in maniera sporadica.

### **SEZIONE 2**

Il profilo è stato tracciato dal livello Zero mare nei pressi dell'Accademia Navale verso lo Stadio Picchi oltre la Variante Aurelia, passante per i quartieri della Scopaia e della Leccia e portato fino alla frazione del Limoncino ad oltre 70,00 m. s.l.m.m.

Fino al versante oltre la Leccia, la situazione stratigrafica è determinata dal Dominio delle successioni litologiche di Terrazzo morfologico con il substrato (quando rintracciato) costituito dalle Argille Plioceniche. Interessante il segno dislocativo rilevato sotto il quartiere della Scopaia in cui il Terrazzo poggia su formazioni mioceniche.

Quando il profilo tende a sollevarsi altimetricamente si rintraccia la Formazione di Antignano con un evidente fascia detritica di scarico di quella che doveva essere l'antica linea di falesia. Racchiuse in una serie complessa di contatti tettonici verso Limoncino si rinvencono le Argilliti e Calcari a *Palombini* e le Arenarie, siltiti ed argilliti a *Pithonella*, mentre in un alto morfologico in contatto stratigrafico si rileva il Flysch calcareo-marnoso di Poggio San Quirico.

Dall'analisi delle numerose fonti geognostiche, nell'area oggetto di esame si rinvencono sostanzialmente 7 orizzonti litologici che mostrano una buona omogeneità stratigrafica – ***foto di seguito riportate.***

Orizzonti litologici nell'area in esame



Orizzonte 1



Orizzonte 2



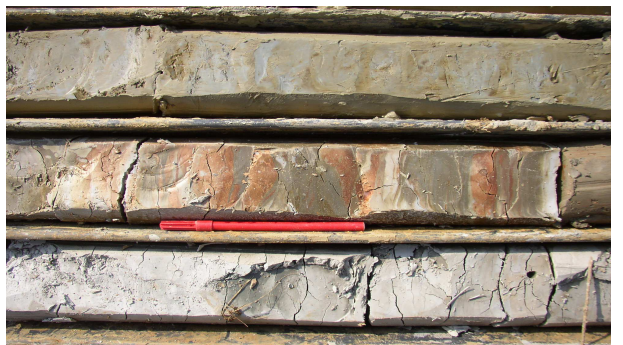
Orizzonte 3



Orizzonte 4



Orizzonte 5



Orizzonte 6

***ORIZZONTE ZERO***

Suolo vegetale e/o terreno di riporto-riempimento con spessore variabile tra 0,20 m. a 1,50 m. Questo Orizzonte chiaramente di probabile traccia anche nell'area in esame rimane quello che necessariamente dovrà essere verificato con sondaggi diretti.

***ORIZZONTE 1***

Sabbie medie e grossolane, ghiaie, ciottoli di varia natura in variabile matrice marrone-grigio riscontrato in spessore tra 3,00 m. e 4,00 m. (presente solo nella parte Sud dell'area S8 - S23)

***ORIZZONTE 2***

Limi sabbiosi e sabbie fini limose marroni oca-rossastre, talora con ghiaie sparse e/o lenti, praticamente impermeabile con spessore da 2,50 m. a 6,50 m.. - sempre presente -

***ORIZZONTE 3***

Sabbie medie e grossolane da sciolte a cementate in blocchi e lastre "Panchina" con spessori riscontrati da 2,00 m. a 6,50 m. (quando presente).

***ORIZZONTE 4***

Sabbie eterogenee, ghiaie e ciottoli da sciolti a cementati in variabile matrice limo-sabbiosa grigio chiaro scure e verdastre, con inclusi e conchiglie con spessore riscontrato tra 1,50 m. a 3,50 m. (quando presente)

***ORIZZONTE 5***

Limo argilloso grigio mediamente consistente e coesivo talora con sabbia e concrezioni con spessore riscontrato da 1,00 m. a 5,00 m. (quando presente)

***ORIZZONTE 6***

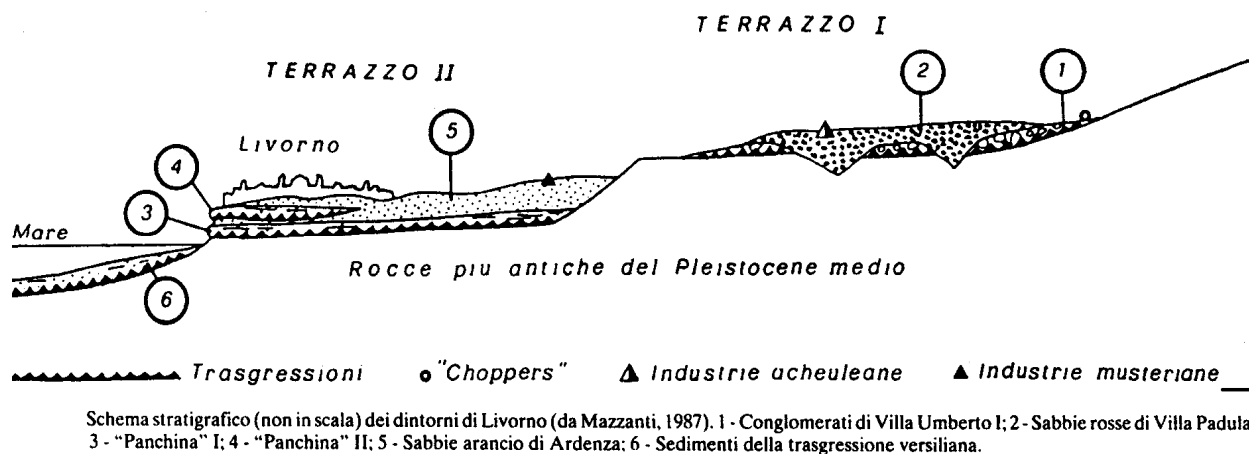
Alternanza di argille limose molto consistente grigia e variegata poco plastica e di sabbie medie e fini molto addensate in poca matrice talora litificata. (sempre presente, costituisce il substrato della campagna).



## 1.4 – Elementi per la Valutazione degli aspetti geomorfologici

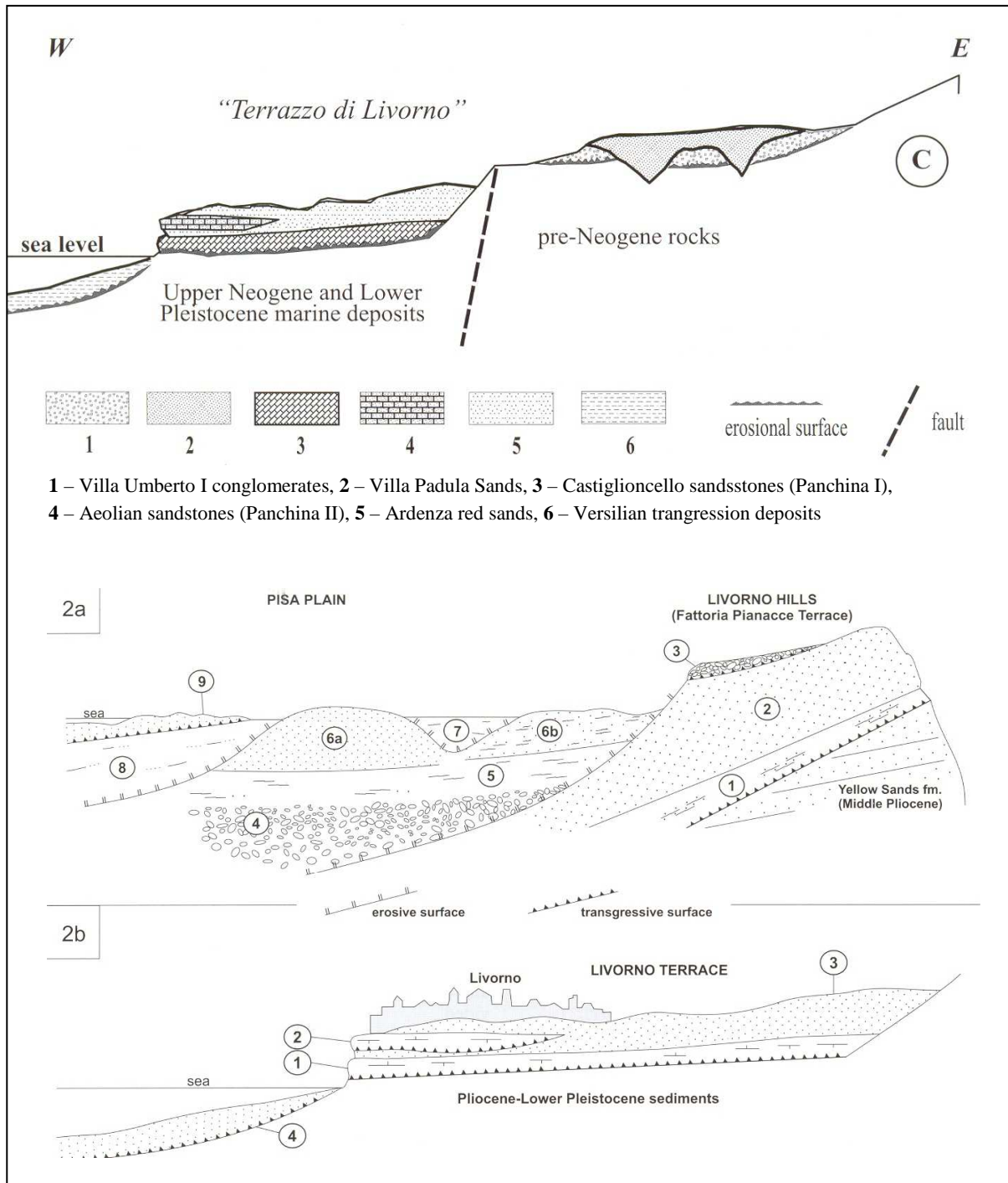
Nell'area in studio non si rilevano particolari segni geomorfologici ad eccezione della presenza al confine orientale del bordo che separa i due Terrazzi geomorfologici della città. In **TAV. 4** viene proposta quindi con una lettura piuttosto semplice questo unico aspetto di interesse.

Le formazioni del Pleistocene medio appaiono collegate con la morfologia discretamente conservata del Terrazzo alto (*Terrazzo della Fattoria delle Pianacce*) – si veda **Immagine 9** - Terrazzo I e **Immagine 10**; si tratta dei Conglomerati, sabbie e limi di Casa Poggio ai Lecci, dei Conglomerati di Villa Umberto I (q<sub>6</sub>) e delle Sabbie rosse (talora con ciottoli), calcareniti sabbiose di Villa Padula (q<sub>7</sub>) che esprimono un antico episodio trasgressivo eustatico e le fasi continentali che seguirono alla regressione conseguente la fine della fase interglaciale verosimilmente del Mindel-Riss.



**Immagine 9:** Rappresentazione schematica dei terrazzi morfologici di Livorno

Immagine 10: Rapporti geomorfologici del Terrazzo di Livorno



**SCHEMA 2a**

1 – Sands and Clays, 2 – Nugola Vecchia Sands, 3 – Fattoria delle Pianacce continental deposits, 4 – Arno and Serchio gravels, 5 – Fluvial and marshy silts, 6a – Aeolian sand of Coltano, 6b – Sands and Muds of Vicarello, 7 – Holocene fluvial sediments, 8 – Holocene silts, clays and peat, 9 – Sediments of the Versilian trasgression

**SCHEMA 2b**

1 – Calcarenitic layer "Panchina I", 2 - Calcarenitic layer "Panchina II", 3 – Ardenza sands and Rio Maggiore Conglomerates, 4 – Sediments of the Versilian trasgression

Le formazioni del Pleistocene superiore si trovano sul Terrazzo basso (*Terrazzo di Livorno*) – si veda **Immagine 9**: Terrazzo II e **Immagine 10** - molto ben conservato e disposto base contro base rispetto a quello alto e sono costituite dalle Calcareniti Sabbiose di Castiglioncello (q<sub>8</sub>), dai Conglomerati di Santo Stefano e dalle Sabbie di Ardenza (q<sub>9</sub>) con i coevi Conglomerati, calcareniti sabbiose e sabbie di Rio Maggiore, esprimenti talora la fase trasgressiva del ciclo eustatico dell’interglaciale Tirreniano ma, principalmente, episodi regressivi continentali e da attribuirsi a diverse fasi del Wurm.

Con il Pleistocene medio sono più manifesti i cicli sedimentari collegati al glacioeustatismo marino. Nelle colline livornesi sono molto evidenti i sedimenti e le morfologie attribuibili all’interglaciale Mindel-Riss (Conglomerati di Villa Umberto I, Conglomerati sabbie e limi di Casa Poggio ai Lecci, Terrazzo della Fattoria delle Pianacce, Terrazzo di Casa Poggio ai Lecci.

Paleogeograficamente la deposizione di questi sedimenti doveva vedere una costa marina tutta più spostata verso l’orlo occidentale della odierna pianura di Pisa. Durante il Pleistocene medio i movimenti neotettonici si sono esplicati con il sollevamento epirogenetico di tutta la Toscana Marittima, compreso i Monti Livornesi, così i sedimenti del Pleistocene medio risultano variamente sollevati al di sopra delle quote alle quali è possibile sia giunta una trasgressione glacioeustatica.

I sedimenti del Pleistocene medio attualmente sono tutti distribuiti in Terrazzi per il sollevamento epirogenetico che li ha interessati e per le intense fasi di erosione fluviale conseguente l’abbassamento del livello del mare e l’aumento delle precipitazioni nei periodi anaglaciali.

L’inizio del Pleistocene superiore è molto ben caratterizzato, al piede occidentale dei Monti Livornesi dai sedimenti dell’Eutirreniano a *Strombus bubonius* e dal Terrazzo di Livorno. Questa trasgressione glacioeustatica ha riportato nuovamente il litorale in una posizione più a est di quella attuale con le piane di Livorno e di Rosignano sommerse dalle acque.

### **1.5 – Elementi per la valutazione degli aspetti idraulici**

L’area in esame è lambita per la parte settentrionale dal Rio Maggiore. L’estremità di valle al contatto con l’area dista dalla foce 1.200 m. – quasi tutto il tratto risulta tombato; tanto è sufficiente per osservare che questo tratto del Rio Maggiore è in sostanza il terminale dell’intero bacino.

Le caratteristiche di forma del Rio Maggiore sono riassumibili in:

Area del bacino ( $AB_i$ ) =	8,85 Km <sup>2</sup>
Lunghezza totale dei corsi d'acqua del bacino (SL) =	20,10 Km
Drainage Density (D) =	1,50 Km <sup>-1</sup>
Stream Frequency (SF) =	0,29 ns/Km <sup>2</sup>
Bifurcation Ratio (Br) =	0,83
Coefficiente Dissimetria Valli ( $D_v$ ) =	2,41
Coefficiente di uniformità di Gravelius (F) =	1,98

Il Rio Maggiore ha un bacino imbrifero orientato prevalentemente in senso ovest-est con pendenza media del 14,15%: confina a Nord, prima con l'abitato di Livorno, quindi con il bacino del Rio Cigna che sbocca nell'Ugione. Ad est, per un brevissimo tratto, confina con il bacino del Rio Ardenza, ed in corrispondenza della zona di pianura, con il bacino del Botro Felciaio.

La linea spartiacque si sviluppa per una lunghezza complessiva pari a circa 21,00 Km. Procedendo in senso orario e partendo dalla foce, tale linea, dopo aver attraversato l'abitato di Livorno, in corrispondenza del quartiere Fabbricotti, si sviluppa in direzione est tra l'alveo del Rio Maggiore e l'alveo del Rio Cigna.

Attraversa l'abitato di Limoncino e quindi tocca Monte la Poggia (384 m.), Poggio Cancelliaia (384 m) e poggio ai Tre Molini (435 m.), che costituisce il punto più orientale del bacino.

Quindi piegando verso ovest, dopo Poggio Lecceta (462 m), si identifica con la linea di separazione tra il bacino del Rio Maggiore ed il bacino del Rio Ardenza fino alla località Lazzeretto (92 m).

Nella zona di pianura la linea spartiacque attraversa l'abitato di Salviano, la zona dello stadio e si chiude alla foce in località S. Leopoldo. Il bacino del Rio Maggiore è di natura prevalentemente impermeabile; al di sopra dei 50,00 m, risulta coperto da una folta vegetazione, mentre nella parte piana terminale, che ha una limitatissima estensione, sono per lo più presenti insediamenti urbani.

L'asta principale, dalla foce fino all'origine, presso valle Benedetta misura una lunghezza complessiva pari a  $L = 9.5$  Km. Tale asta in pratica corre parallelamente alla strada provinciale che conduce alla Valle Benedetta e quindi alla SS 206.

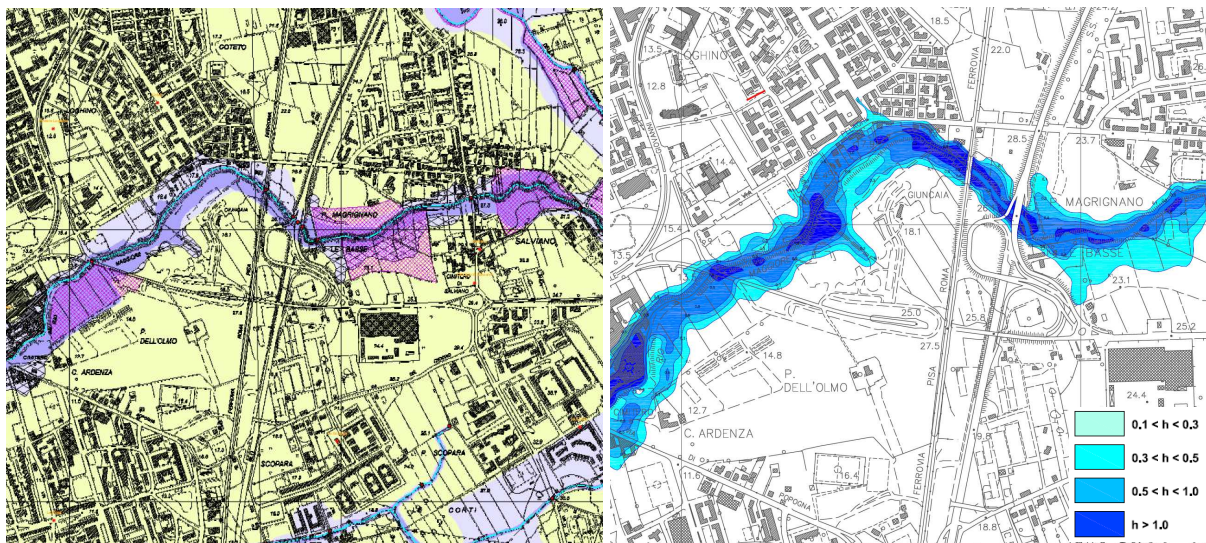
A Causa dell'urbanizzazione intervenuta nella zona e per esigenze sanitarie, subito dopo il Cimitero della Misericordia e fino alla foce il tratto terminale dell'asta è stato man mano

coperto negli anni '70-'80 ed oggi a partire da Via Cattaneo e fino allo sbocco, per una lunghezza di circa 1 Km, è interamente sostituito da un collettore. Si tratta di una struttura scatolare in c.a. con chiusini che permettono l'accesso per l'opera di manutenzione e sorveglianza.

Il Rio Maggiore presenta una serie di colatori minori ugualmente distribuiti sulla sponda sinistra e sulla sponda destra. Tutti gli affluenti sono comunque di scarsa importanza, sia perché hanno aste di limitata lunghezza, sia perché raccolgono le acque di bacini di estensione assai limitata.

In relazione alla Variante al PS e RU del Nuovo Centro, nel 2007 il corso d'acqua è stato oggetto di uno Studio idrologico-idraulico complessivo predisposto dal Prof. Stefano Pagliara su diretto incarico dell'Amministrazione Comunale di Livorno. Tale studio ha così costituito l'implementazione del Quadro conoscitivo per il Piano di Assetto Idrogeologico del Bacino Toscana Costa (2005).

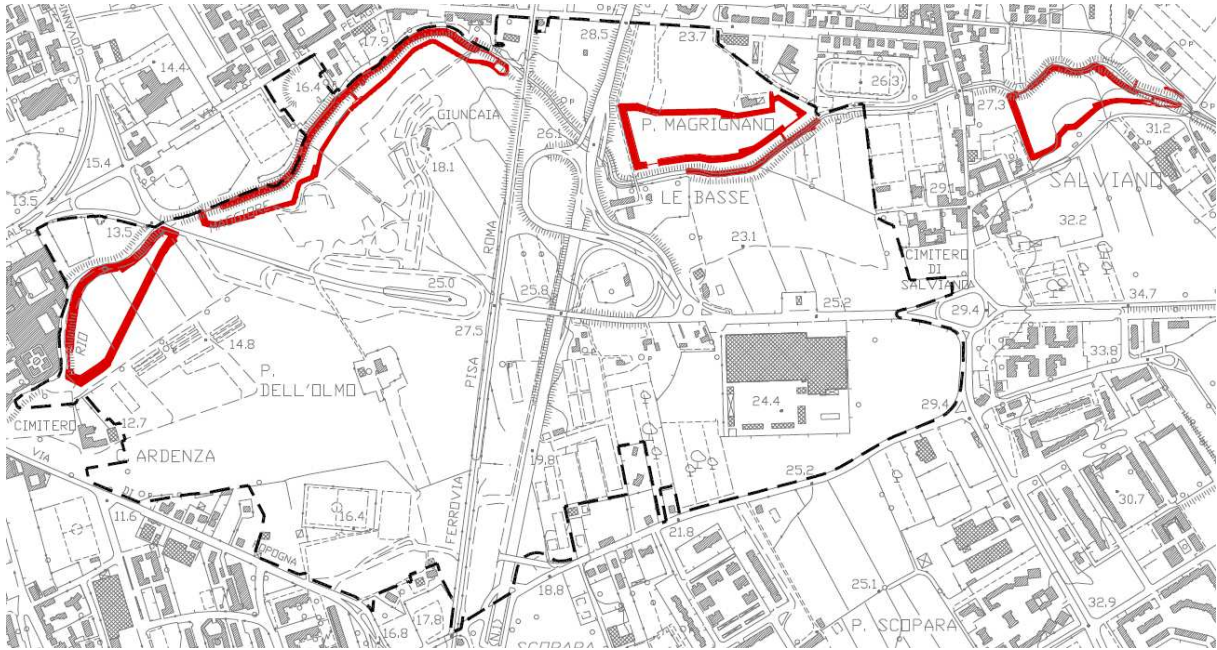
Lo Studio idrologico-idraulico complessivo integrato con le cartografie dell'inviluppo delle altezze d'acqua di esondazione per  $Tr \leq 30, 200$  anni conferma quanto contenuto nel PAI - si veda immagini qui di seguito riportate - e prevede la messa in opera di soluzioni strutturali (n. 4 casse di espansione) atte all'eliminazione del rischio idraulico.



*Immagine 11- A destra stralcio della cartografia tecnica PAI da D.C.R.T.13/05; a sinistra stralcio cartografico dell'inviluppo delle altezze d'acqua atteso per  $Tr$  di 200 anni calcolato con lo studio idraulico 2005/2007 del Prof. Ing. Stefano Pagliara.*

Con tale configurazione, la portata massima del Rio Maggiore, calcolata per un tempo di ritorno pari a 200 anni, sarà mantenuta nel corso d'acqua e l'idrogramma di piena verrà perfettamente laminato dalle casse di espansione previste.

Si specifica che i lavori inerenti la messa in sicurezza idraulica del Rio Maggiore (il cosiddetto “Stralcio 1” del Nuovo Centro), che prevedono la realizzazione di n. 4 casse d’espansione, di cui n.1 posta in destra idraulica e n.3 in sinistra del Rio Maggiore, (omologate dall’Ufficio del Genio Civile con atto n. AOO-GRT/127434 9.80.60 del 08/05/2011 e autorizzate ai fini idraulici dalla Provincia di Livorno con Atto Dirigenziale n. 339 del 25/10/2011), risultano ad oggi terminati con *dichiarazione di fine lavori* presentata il 09.05.2013- si veda *immagine 12*.



*Immagine 12- Ubicazione delle quattro casse predisposte per la messa in sicurezza idraulica del Rio Maggiore.*

Questo importante intervento di idraulica strutturale, oltre che a mettere in sicurezza l’esteso abitato posto a valle del Nuovo Centro, consente di eliminare le condizioni di pericolosità prevedibili nell’area in studio per Tr. di 200 anni.

### **1.6 – Elementi per la valutazione degli aspetti idrogeologici**

Per quanto concerne *l’aspetto idrogeologico*, nell’area é presente una falda idrica non confinata, o parzialmente confinata (di tipo freatico), che ha sede nei livelli maggiormente permeabili del pacco di sedimenti superficiali (acquifero) ed è limitata inferiormente da un complesso sicuramente più impermeabile.

Il pacco di sedimenti, permeabili per porosità, è costituito nella sua stratigrafia più rappresentativa, per i primi 2/3 m dal piano di campagna (p.c.), dai *Conglomerati di Rio Maggiore*; al di sotto di questo si rinvencono terreni più antichi che, allo stato attuale delle

conoscenze, possono corrispondere al substrato Pleistocenico o ai terreni Pliocenici. La soggiacenza del primo acquifero presente nella zona è piuttosto eterogeneo con variazioni laterali con profondità comprese tra 1,80 ed 3,00 m. da p.c..

Più in generale riteniamo che il sistema di scorrimento sotterraneo sia da considerarsi in rapporto di ricarica principalmente dalle colline situate ad est della zona in studio; considerata la notevole vicinanza delle aree di ricarica e la limitata estensione del bacino idrografico, la potenzialità del corpo idrico risulta piuttosto limitata ed il sistema di flusso semplice e locale. Attraverso l'analisi delle sezioni lito-stratigrafiche sono stati eseguiti gli opportuni approfondimenti sotto il profilo idrogeologico. Procedendo dal piano campagna, si rintraccia l'Orizzonte 2 dotato di una conducibilità idraulica estremamente bassa (EB), al di sotto si rinvengono gli Orizzonti 3 e/o 4 dotati di una conducibilità idraulica da Elevata (E) a media (M) con alcune eterotopie laterali dell'Orizzonte 5 dotato di conducibilità idraulica estremamente bassa (EB); infine la base degli spessori idrogeologici è rappresentata dall'Orizzonte 6, praticamente impermeabile (I).

Tutti gli Orizzonti mostrano un diverso grado di conducibilità idraulica "per porosità" ed il *reservoir* acquifero è rappresentato in sostanza dagli Orizzonti 3 e 4 ed in minima parte dall'Orizzonte 1.

Quando troviamo gli Orizzonti 3 e 4 l'acquifero risulta in pressione, compreso tra gli Orizzonti di buona potenza e protetto idrogeologicamente da strati di natura a conducibilità idraulica bassa. Queste notes trovano una buona corrispondenza pratica con l'analisi delle soggiacente che sono quasi sempre al di sopra dell'Orizzonte poroso.

Quando troviamo l'Orizzonte 1, permeabile rintracciamo invece un acquifero più libero e non confinato superiormente. In senso generale occorre rilevare che il ricarico della falda nell'area in esame avviene in gran parte dall'esterno e trova corrispondenza con la presenza delle masse flysciodi dei primi rilievi che consentono una buona infiltrazione negli spessori litologici pedecollinari verso la pianura ed il mare.

E' pertanto possibile parlare di una caratteristica di artesianità superficiale aperta verso mare. Inoltre dall'analisi idrogeologica è probabile pensare ad una circolazione di scambio tra il Rio Maggiore e l'Orizzonte 1 più superficiale.

## 1.7 – Elementi conoscitivi per la valutazione degli effetti locali e di sito per la riduzione del rischio sismico

In riferimento alla Deliberazione di Giunta Regionale n. 878 del 2012 “*Aggiornamento della classificazione sismica Regionale in attuazione dell’O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008 – Revoca della DGRT 431/2006*” il Comune di Livorno è stato inserito in Zona sismica 3.

Il DPGR 58/R 2012 definisce che le Zone a bassa sismicità 3 risultano suddivise in fasce di pericolosità che tengono conto del “valore di accelerazione sismica su suolo rigido e pianeggiante, allo stato limite di Salvaguardia della Vita (SLV), riferito al periodo di  $TR=475$  anni, corrispondente in termini progettuali ad una vita nominale  $V_n=50$  anni e categoria d’uso  $C_u$  pari a 1 (classe d’uso II)”, di seguito indicato “ag” come segue:

- a. fascia A, contraddistinta da valori di  $ag > 15g$
- b. fascia B, contraddistinta da valori di  $0.125 < ag \leq 0.15g$
- c. fascia C, contraddistinta da valori di  $ag < 0.125g$

A livello del tutto preliminare, da approfondire da parte dei tecnici incaricati della progettazione delle singole opere previste, proponiamo qui di seguito il calcolo dei parametri sismici del sito, eseguito con Geostru PS, grazie ai quali è possibile attribuire la zona di intervento alla fascia C. Resta inteso che i progettisti delle opere previste dal P.R.P. dovranno dettagliare quanto sopra.





Coordinate geografiche sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame:

- latitudine: 43,532480 [°]

- longitudine: 10,3338856 [°]

Classe d'uso: II.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Superficie rigata

### **Siti di riferimento**

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	20933	43,541810	10,317020	2043,2
Sito 2	20934	43,543660	10,385910	3991,4
Sito 3	21156	43,493700	10,388410	5879,0
Sito 4	21155	43,491850	10,319570	4778,1

### **Parametri sismici**

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

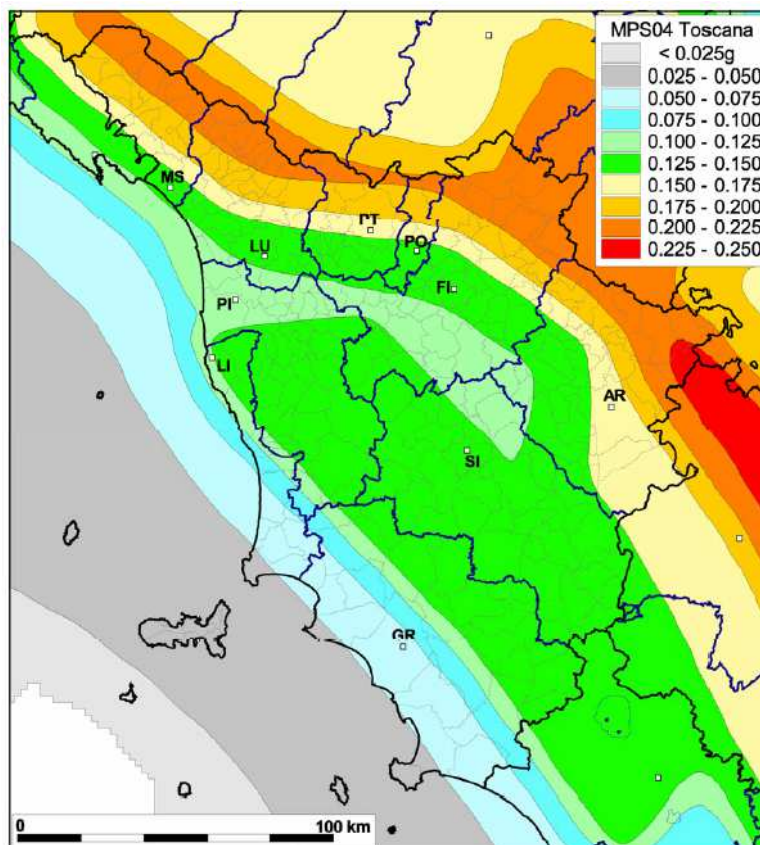
Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superament o [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,035	2,570	0,209
Danno (SLD)	63	50	0,044	2,535	0,239
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,123	2,426	0,268
Prevenzion e dal collasso (SLC)	5	975	0,158	2,455	0,274

### Coefficienti sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,500	1,760	1,000	0,010	0,005	0,511	0,200
SLD	1,500	1,680	1,000	0,013	0,007	0,653	0,200
SLV	1,500	1,620	1,000	0,044	0,022	1,807	0,240
SLC	1,470	1,610	1,000	0,056	0,028	2,274	0,240



Mappa della Pericolosità sismica (MPS) della Toscana. I valori di accelerazione sono riferiti ad un  $T_r=475$  anni (INGV 2004).

Lo strumento urbanistico attualmente valido nel Comune di Livorno è stato realizzato sulla base della Del. C.R. n. 94/85 e della ex Del. C.R. n. 12/00 che normavano la classificazione del territorio rispettivamente per gli aspetti geomorfologici/geotecnici ed idraulici trattando marginalmente quelli sismici.

Il nuovo DPGR n. 53/R/2011 apporta nuove specifiche in materia di indagini geologiche dando maggiore spessore agli aspetti sismici con l'inserimento della pericolosità sismica locale e le ZMPSL.

Per la definizione dell'azione sismica il D.M. 14/01/08 prevede un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. L'identificazione della

categoria di sottosuolo di riferimento viene effettuata in base alla velocità di propagazione delle onde di taglio (onde S) nel terreno per i primi 30 m di profondità ( $V_{s,30}$ ).

Le categorie di sottosuolo, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, sono di seguito riportate:

**Classe A:**

Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di  $v_{s30}$  superiori a 800 m/sec comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo di 5 m;

**Classe B:**

Rocce tenere o depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti con spessori di decine di metri caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $v_{s30}$  compresi tra 360 e 800 m/sec ovvero resistenza penetrometrica  $N_{spt} > 50$  e  $c_u > 250$  kPa;

**Classe C:**

Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza con spessori variabili da diverse decine di metri, caratterizzati da valori di  $v_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/sec ( $15 < N_{spt} < 50$  e  $70 < c_u < 250$  kPa);

**Classe D:**

Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure da coesivi a mediamente consistenti, caratterizzati da valori  $v_{s30} < 180$  m/sec ( $N_{spt} < 15$ ,  $c_u < 70$  kPa);

**Classe E:**

Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di  $v_{s30}$  simili a quelli di tipo C o D e spessore fra 5 e 20 m giacenti su substrato di materiale più rigido con  $v_{s30} > 800$  m/sec;

**Classe S1:**

Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $PI > 40$ ) e contenuto d'acqua caratterizzati da  $v_{s30} < 100$  m/sec e  $10 < c_u < 20$  kPa;

**Classe S2:**

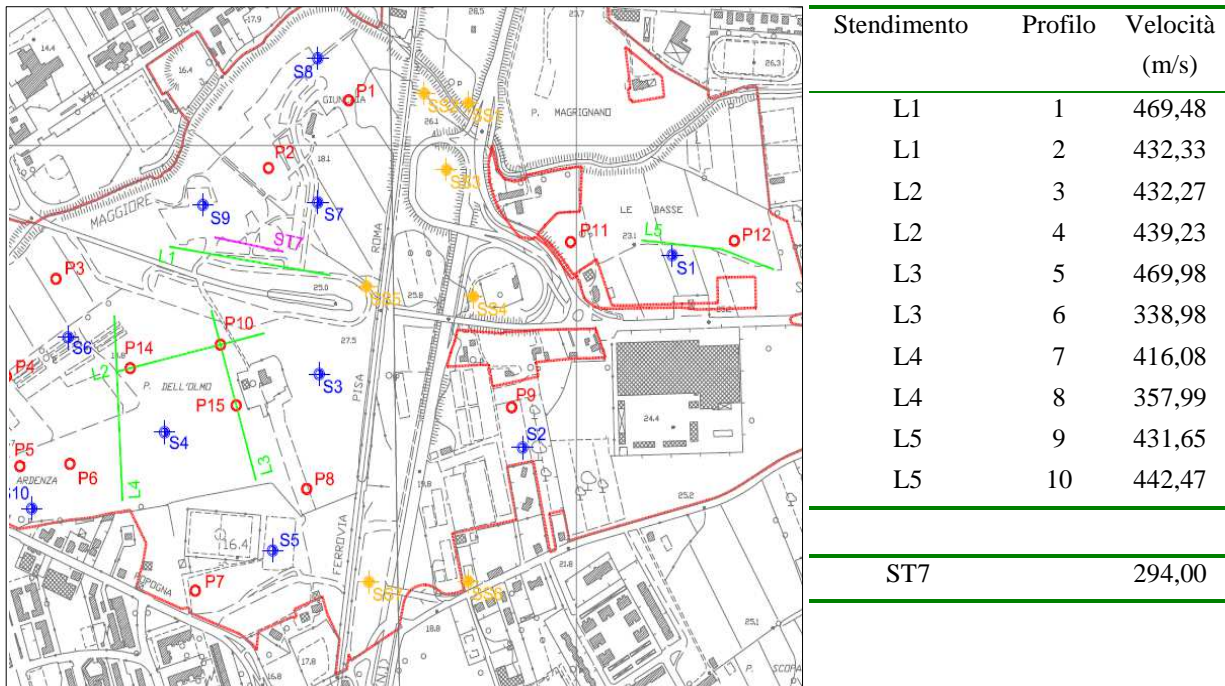
Depositi di terreno soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabili nei tipi precedenti.

Per quanto concerne la caratterizzazione sismica dei terreni riferibili alla zona in studio, sono state considerate le risultanze delle campagne di sismica a rifrazione qui di seguito riportate:

- Indagine geofisica condotta nell'ambito del "Piano di Protezione Civile per il Rischio Sismico - Indagini geofisiche del territorio comunale" da cui è stata presa come riferimento la prospezione sismica a rifrazione **ST 7** eseguita con onde SH e P nel 2006 – si veda Allegato 1.

- Indagine geofisica con onde SH, eseguita a sostegno del *Report Geologico generale – Studi di II Livello “P.P. Nuovo Centro”*, nel dicembre 2008 - si veda Allegato 1.

Quest’ultima indagine geofisica, consta degli stendimenti **L1, L2, L3, L4, L5** costituiti a loro volta da due profili sismici (Profili da N°. 1 a 10), in parte sovrapposti, della lunghezza di 126,5 metri lineari ciascuno (si veda la TAV. 5 per l’ubicazione e la seguente tabella delle Vs30 ricavate dalla campagna geognostica a supporto del Report Geologico Generale – Studi di 2° livello, Piano Particolareggiato Nuovo Centro).



I valori di Vs30 che derivano da queste indagini corrispondono ad un range compreso tra **430 e 460 m/s** per i profili **N. 1-5, 7, 9 e 10** mentre per i profili **N. 6 ed 8** e lo stendimento **ST7** che variano tra **294 e 358 m/s**. Sulla base di questi valori, secondo la classificazione indicata dal DM 14.01.2008, riferendosi alla categoria peggiore tra quelle individuate **i terreni oggetto di studio ricadono in classe C.**

### 1.8 – Indagini di riferimento e parametri geotecnici

La campagna geognostica condotta a partire dal 2005 per caratterizzare geotecnicamente i terreni della Lottizzazione “Borgo di Magrignano – Salviano 2” contigua all’area in esame nonché quella inerente alla realizzazione degli innesti sulla Variante Aurelia SS.1 risalenti al

1989 - 1990, costituiscono indubbiamente una buona base di conoscenza per la parte litologica.

Al fine di garantire un maggior grado conoscitivo in merito ai contesti geologico e geotecnico dei terreni interessati ed ottenere dati significativi per la predisposizione dei successivi livelli di approfondimento previsti dal Piano Particolareggiato “Nuovo Centro”, è stata eseguita nel dicembre 2008 una campagna geognostica costituita da:

- n. 10 sondaggi a carotaggio continuo (tutti spinti alla profondità di 20,00 m. da p.c., ad eccezione di: S5 (-25,00 m.), S3 ed S4 (-30,00 m.), S6 (-40,00 m.);
- n. 14 campioni di terreno prelevati direttamente in foro e avviati ad analisi di laboratorio;
- n. 10 piezometri installati su ciascun sondaggio a carotaggio continuo Diam. 3’ al fine di monitorare l’escursione ed il comportamento idraulico delle acque sotterranee;
- n. 14 penetrometrie, tarate sui sondaggi a carotaggio continuo;
- Indagine geofisica condotta nell’ambito del “Piano di Protezione Civile per il Rischio Sismico - Indagini geofisiche del territorio comunale” da cui è stato presa come riferimento la prospezione sismica a rifrazione **ST 7** eseguita con onde SH e P nel 2006;
- Indagine geofisica costituita da n. 5 stendimenti (**L1, L2, L3, L4 e L5**) costituiti a loro volta da due profili sismici (Profili da N°. 1 a 10), in parte sovrapposti, della lunghezza di 126,5 metri lineari ciascuno, realizzata nell’ambito della campagna geognostica a supporto del Report Geologico Generale – Studi di 2° livello, Piano Particolareggiato Nuovo Centro).

L’intera campagna geognostica con ubicazione dei sondaggi, delle penetrometrie e dei saggi con escavatore è rappresentata in **TAV. 5**, mentre in **Tabella 1** sono state raccolte le principali informazioni dei sondaggi a carotaggio continuo attrezzati a piezometro.

**Tabella 1**

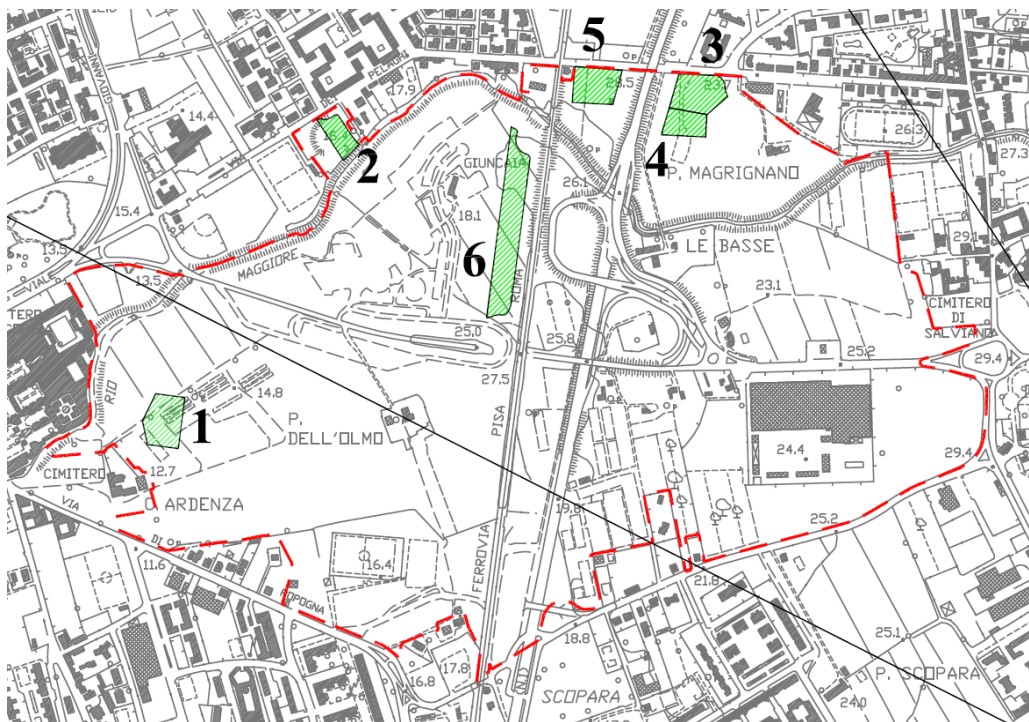
Sondaggio	Quota foro (m. s.l.m.m.)	Profondità (m. da p.c.)	SPT (n. prove)	Soggiacenza (m. da p.c.)	Campioni (n.)
S1	22,90	20,00	2	-4,50	1
S2	20,70	20,00	2	-3,70	1
S3	18,60	30,00	2	-2,18	1
S4	15,50	30,00	2	-0,67	1
S5	17,00	25,00	2	-2,77	1
S6	13,80	40,00	1	-2,71	5
S7	17,70	20,00	2	-1,26	1
S8	18,00	20,00	2	-2,20	1
S9	16,40	20,00	2	-0,95	1
S10	12,50	20,00	1	-4,13	1

Sulla base degli esiti delle campagne geognostiche sopra citate, indichiamo qui di seguito le aree oggetto di adeguamento al Piano Particolareggiato (si veda immagine di seguito riportata) descrivendo, per ciascuna, la stratigrafia dei terreni interessati con i relativi parametri geotecnici caratteristici:

- La zona identificata con il **numero 1** nell'immagine di seguito riportata, passa da area residenziale (RES) con una edificazione prevista di 2670 mq di slp ad area a servizi (SER) con edificazione prevista di 2500 mq di slp..

Stratigrafia tipo:

- da 0,0 a -0,4 m da p.c.: terreno vegetale;
- da -0,4 a -2,0 m da p.c.: limo sabbioso marrone bruno piuttosto consistente con ciottoli;  
 $\gamma = 2000 \text{ kg/m}^3$   $\phi' = 25^\circ$   $c' = 0,1 \text{ kg/cm}^2$   $c_u = 1,5 \text{ kg/cm}^2$
- da -2,0 m a -4,0 m da p.c.: limo sabbioso marrone ocra mediamente consistente con frammenti eterometrici di calcarenite cementata ("Panchina");  
 $\gamma = 1900 \text{ kg/m}^3$   $\phi' = 28^\circ$   $c' = 0,05 \text{ kg/cm}^2$   $c_u = 1,0 \text{ kg/cm}^2$ ;
- da -4,0 m a -6,0 m da p.c.: sabbia limosa grigio piombo mediamente addensata;  
 $\gamma = 1850 \text{ kg/m}^3$   $\phi' = 35^\circ$   $c' = 0 \text{ kg/cm}^2$
- oltre -6,0 m da p.c.: argilla limosa grigio piombo mediamente consistente:  
 $\gamma = 2000 \text{ kg/m}^3$   $\phi' = 25^\circ$   $c' = 0,1 \text{ kg/cm}^2$   $c_u = 1,25 \text{ kg/cm}^2$ ;



Ubicazione delle aree interessate dall'adeguamento del Piano Particolareggiato

- La zona identificata con il **numero 2** passa da area residenziale (RES) con una edificazione prevista di 1585 mq ad area a servizi (SER) senza edificazione.

Stratigrafia tipo:

- da -0,0 a -4,0/5,0 m da p.c.: limo sabbioso marrone bruno piuttosto consistente con ciottoli;  
 $\gamma = 1900 \text{ kg/m}^3 \quad \phi' = 27^\circ \quad c' = 0,1 \text{ kg/cm}^2 \quad c_u = 0,75 \text{ kg/cm}^2$
- da -4,0/5,0 m a -7,0 m da p.c.: limo sabbioso marrone ocra mediamente consistente con frammenti eterometrici di calcarenite cementata ("Panchina");  
 $\gamma = 1850 \text{ kg/m}^3 \quad \phi' = 32^\circ \quad c' = 0,05 \text{ kg/cm}^2$
- da -7,0 m a -8,0 m da p.c.: sabbia limosa grigio piombo con passate di ghiaia;  
 $\gamma = 1800 \text{ kg/m}^3 \quad \phi' = 30^\circ \quad c' = 0,01 \text{ kg/cm}^2$
- oltre -8,0 m da p.c.: argilla limosa grigio piombo mediamente consistente:  
 $\gamma = 2000 \text{ kg/m}^3 \quad \phi' = 25^\circ \quad c_u = 1,25 \text{ kg/cm}^2$

- La zona identificata con il **numero 3** passa da area a servizi (SER) con una edificazione prevista di 6000 mq di slp ad area residenziale (RES) con una edificazione prevista di 2670 mq di slp.

Stratigrafia tipo:

- da -0,0 a -1,5 m da p.c.: limo sabbioso marrone bruno piuttosto mediamente consistente con sporadici ciottoli e ghiaia;  
 $\gamma = 1800 \text{ kg/m}^3 \quad \phi' = 24^\circ \quad c' = 0,05 \text{ kg/cm}^2 \quad c_u = 0,47 \text{ kg/cm}^2$
- da -1,5 m a -4,0 m da p.c.: sabbie grossolane, ciottoli -ghiaia di varia natura in matrice sabbiosa limosa marrone bruna;  
 $\gamma = 1900 \text{ kg/m}^3 \quad \phi' = 34^\circ \quad c' = 0,01 \text{ kg/cm}^2$
- da -4,0 m a -7,0 m da p.c.: limo argilloso marrone ocra mediamente consistente;  
 $\gamma = 1900 \text{ kg/m}^3 \quad \phi' = 24^\circ \quad c' = 0,05 \text{ kg/cm}^2$
- da -7,0 m a -9,0 m da p.c.: sabbia limosa con ghiaia;  
 $\gamma = 1900 \text{ kg/m}^3 \quad \phi' = 30^\circ \quad c' = 0,01 \text{ kg/cm}^2$
- da -9,0 m a -12,0 m da p.c.: sabbia limosa con ciottoli e materiale calcarenitico;  
 $\gamma = 1900 \text{ kg/m}^3 \quad \phi' = 35^\circ \quad c' = 0,01 \text{ kg/cm}^2$
- oltre -12,0 m da p.c.: limo argilloso grigio piombo mediamente consistente:  
 $\gamma = 2000 \text{ kg/m}^3 \quad \phi' = 24^\circ \quad c' = 0,05 \text{ kg/cm}^2 \quad c_u = 1,5 \text{ kg/cm}^2$

- La zona identificata con il **numero 4** passa da area a verde ad area residenziale (RES) con edificazione prevista di 1585 mq di slp.

## Stratigrafia tipo:

- da -0,0 a -1,5 m da p.c.: limo sabbioso marrone bruno piuttosto mediamente consistente con sporadici ciottoli e ghiaia;  
 $\gamma = 1800 \text{ kg/m}^3 \quad \phi' = 24^\circ \quad c' = 0,05 \text{ kg/cm}^2 \quad c_u = 0,47 \text{ kg/cm}^2$
- da -1,5 m a -4,0 m da p.c.: sabbie grossolane, ciottoli -ghiaia di varia natura in matrice sabbiosa limosa marrone bruna;  
 $\gamma = 1900 \text{ kg/m}^3 \quad \phi' = 34^\circ \quad c' = 0,01 \text{ kg/cm}^2$
- da -4,0 m a -7,0 m da p.c.: limo argilloso marrone ocra mediamente consistente;  
 $\gamma = 1900 \text{ kg/m}^3 \quad \phi' = 24^\circ \quad c' = 0,05 \text{ kg/cm}^2$
- da -7,0 m a -9,0 m da p.c.: sabbia limosa con ghiaia;  
 $\gamma = 1900 \text{ kg/m}^3 \quad \phi' = 30^\circ \quad c' = 0,01 \text{ kg/cm}^2$
- da -9,0 m a -12,0 m da p.c.: sabbia limosa con ciottoli e materiale calcarenitico;  
 $\gamma = 1900 \text{ kg/m}^3 \quad \phi' = 35^\circ \quad c' = 0,01 \text{ kg/cm}^2$
- oltre -12,0 m da p.c.: limo argilloso grigio piombo mediamente consistente;  
 $\gamma = 2000 \text{ kg/m}^3 \quad \phi' = 24^\circ \quad c' = 0,05 \text{ kg/cm}^2 \quad c_u = 1,5 \text{ kg/cm}^2$

- La zona identificata con il **numero 5** passa da area a servizi (SER) senza edificazione (parcheggi) ad area a servizi (SER) con edificazione prevista di 2500 mq di slp.

## Stratigrafia tipo:

- da -0,0 a -4,0/5,0 m da p.c.: limo sabbioso marrone bruno piuttosto consistente con ciottoli;  
 $\gamma = 1900 \text{ kg/m}^3 \quad \phi' = 27^\circ \quad c' = 0,1 \text{ kg/cm}^2 \quad c_u = 0,75 \text{ kg/cm}^2$
- da -4,0/5,0 m a -7,0 m da p.c.: limo sabbioso marrone ocra mediamente consistente con frammenti eterometrici di calcarenite cementata (“Panchina”);  
 $\gamma = 1850 \text{ kg/m}^3 \quad \phi' = 32^\circ \quad c' = 0,05 \text{ kg/cm}^2$
- da -7,0 m a -8,0 m da p.c.: sabbia limosa grigio piombo con passate di ghiaia;  
 $\gamma = 1800 \text{ kg/m}^3 \quad \phi' = 30^\circ \quad c' = 0,01 \text{ kg/cm}^2$
- oltre -8,0 m da p.c.: argilla limosa grigio piombo mediamente consistente;  
 $\gamma = 2000 \text{ kg/m}^3 \quad \phi' = 25^\circ \quad c_u = 1,25 \text{ kg/cm}^2$



- La zona identificata con il **numero 6** passa da area a servizi (SER) con una edificazione prevista di 10.000 mq di slp ad area a servizi (SER) con edificazione prevista di 11.000 mq di slp.

Stratigrafia tipo:

- da -0,0 a -4,0/5,0 m da p.c.: limo sabbioso marrone bruno piuttosto consistente con ciottoli;  
 $\gamma = 1900 \text{ kg/m}^3$   $\phi' = 27^\circ$   $c' = 0,1 \text{ kg/cm}^2$   $c_u = 0,75 \text{ kg/cm}^2$
- da -4,0/5,0 m a -7,0 m da p.c.: limo sabbioso marrone ocra mediamente consistente con frammenti eterometrici di calcarenite cementata ("Panchina");  
 $\gamma = 1850 \text{ kg/m}^3$   $\phi' = 32^\circ$   $c' = 0,05 \text{ kg/cm}^2$
- da -7,0 m a -8,0 m da p.c.: sabbia limosa grigio piombo con passate di ghiaia;  
 $\gamma = 1800 \text{ kg/m}^3$   $\phi' = 30^\circ$   $c' = 0,01 \text{ kg/cm}^2$
- oltre -8,0 m da p.c.: argilla limosa grigio piombo mediamente consistente:  
 $\gamma = 2000 \text{ kg/m}^3$   $\phi' = 25^\circ$   $c_u = 1,25 \text{ kg/cm}^2$

Le informazioni ricavate dalle indagini geognostiche indicate, permettono una ricostruzione sufficientemente attendibile della stratigrafia caratteristica delle aree d'intervento; in **TAV. 6** sono riportate le sezioni litostratigrafiche di riferimento.

## 1.9 - Smaltimento delle terre da scavo

L'attuazione della Variante al R.U. ed il conseguente adeguamento del Piano Particolareggiato necessariamente prevederà, per l'area in studio, operazioni di escavo dei terreni legate alle edificazioni in progetto; per questo si dovrà tenere presente la normativa che regola lo smaltimento delle terre e rocce da scavo, ossia il D.Lgs. 152/06 e s.m.i. ed i recenti disposti normativi D.L. 69/2013 e L.R. 71/2013.

## 2 - Valutazione della Pericolosità

Con specifico riferimento agli interventi previsti dalla sola variante al R.U., consistendo essenzialmente nell'estromissione dall'UTOE 4C18 di limitate aree non più necessarie all'attuazione del Piano, risulta pertanto inutile una specifica valutazione riguardanti la pericolosità geologica, idraulica e sismica.

Per quanto attiene le modifiche da apportare al Piano Particolareggiato, risulta invece opportuna una valutazione in merito alle tematiche sopra citate poiché consistono

essenzialmente in variazioni di destinazione d’uso e spostamento di alcune edificazioni riguardanti vari lotti.

## 2.1 - Pericolosità geologica

In riferimento agli esiti conoscitivi dell’area, ai sensi del DPGRT 53/R 2011 si attribuisce alle aree interessate dagli interventi di modifica al P.P. una **pericolosità geologica “G.2” Media** poiché dalla valutazione dei processi geomorfologici e delle caratteristiche litologiche giacitureali delle aree interessate risulta una bassa propensione al dissesto – si veda **TAV. 7.**

Inoltre, gli esiti delle indagini di riferimento permettono una caratterizzazione lito-stratigrafica dei terreni in studio sufficientemente esaustiva.

## 2.2 - Pericolosità idraulica

Si specifica che i lavori inerenti la messa in sicurezza idraulica del Rio Maggiore (il cosiddetto “Stralcio 1” del Nuovo Centro), che prevedono la realizzazione di n. 4 casse d’espansione, di cui n.1 posta in destra idraulica e n.3 in sinistra del Rio Maggiore, (omologate dall’Ufficio del Genio Civile con atto n. AOO-GRT/127434 9.80.60 del 08/05/2011 e autorizzate ai fini idraulici dalla Provincia di Livorno con Atto Dirigenziale n. 339 del 25/10/2011), risultano ad oggi terminati con *dichiarazione di fine lavori* presentata il 09.05.2013- si veda *immagine 12.*

Sulla base dello studio idraulico-idrogeologico redatto dal Prof. Ing. Stefano Pagliara si denota che l’intervento idraulico realizzato, oltre a mettere in sicurezza l’esteso abitato posto a valle del Nuovo Centro, consente di eliminare le condizioni di pericolosità prevedibili nell’area in studio per Tr. di 200 anni.

In riferimento a quanto sopra indicato, si attribuisce alle aree interessate dagli interventi di modifica al P.P. la **Classe di pericolosità idraulica “I.2” Media** – si veda **TAV. 7.**

## 2.3 - Pericolosità sismica locale

Per quanto concerne la *pericolosità sismica locale* trattandosi di terreni granulari fini poco addensati, saturi d’acqua con falda superficiale indicativamente nei primi 5,00 m. da p.c. che potrebbero manifestare fenomeni di liquefazione, riteniamo di attribuire alle aree interessate dagli interventi di modifica al P.P. una **pericolosità sismica “S.3” Elevata** – si veda **TAV. 7.**

### **3 – Valutazione delle condizioni di fattibilità Geologica, Idraulica e Sismica**

In considerazione a quanto indicato per la valutazione della pericolosità, viene proposto un paritetico approccio per quanto attiene la valutazione delle condizioni di Fattibilità geologica, idraulica e sismica ai sensi del DPGRT 53/R 2011.

In riferimento all’assenza di “segni” geomorfici legati a problematiche di dissesto diretto e in considerazione alle modifiche apportate dall’adeguamento del P.P. in oggetto, siamo ad attribuire alle aree interessate dagli interventi la classe di **Fattibilità geologica F.2 “Media”** – si veda **TAV. 7**.

Si indica che in riferimento alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali in progetto, ai sensi della normativa vigente, la progettazione allo stato definitivo dovrà essere supportata da una specifica indagine geognostica di dettaglio così come indicato dal D.P.G.R. 36/R del 2009.

Per quanto concerne l’aspetto *idraulico*, in riferimento alla realizzazione delle opere idrauliche di messa in sicurezza precedentemente citate e in considerazione a quanto indicato nello Studio idrologico-idraulico eseguito dal Prof. Stefano Pagliara, gli interventi in progetto si inseriscono, ad oggi, al di fuori degli ambiti di pericolosità idraulica; a tal proposito si ritiene di poter proporre la classe di **Fattibilità idraulica F.I.2. “con normali vincoli”** – si veda **TAV. 7**.

In relazione alla tematica *sismica*, considerando che l’intera zona è stata posta in *pericolosità sismica locale S.3 “Elevata”* si ritiene di poter proporre una classe di **Fattibilità sismica F.S.3 “Condizionata”** – (**TAV. 7**); il condizionamento è da intendersi legato agli approfondimenti di indagini geotecniche/geofisiche da prevedersi nell’ambito della presentazione di specifici studi geologico-tecnico a sostegno delle progettazioni dei singoli complessi edilizi (si rimanda al successivo capitolo).

### **4 – Indicazione delle indagini geognostiche da eseguire per l’attuazione dell’adeguamento al P.P.**

Per quanto finora esposto in merito alle caratteristiche fisico-meccaniche degli orizzonti che costituiscono il sottosuolo dell’area oggetto di studio e considerando la tipologia degli

interventi in progetto si ritiene di attribuire agli stessi una buona compatibilità con le qualità dei terreni.

Tuttavia si sottolinea che per la progettazione a livello definitivo delle singole opere edilizie si dovrà tener conto di quanto indicato dal D.P.G.R. 36/R del 2009 in riferimento alle classi di indagine indicate dall'art. 7 comma 3 e quindi alla realizzazioni delle indagini geognostiche necessarie, a completamento di quelle già eseguite .

Si dovranno pertanto presentare specifiche relazioni geologico – geotecniche in cui saranno affrontati con sufficiente grado di dettaglio gli aspetti legati ai cedimenti ed alle capacità portanti dei terreni, nonché quelli connessi alla realizzazione di indagini geotecniche finalizzate al calcolo del coefficiente di sicurezza relativo alla liquefazione dei terreni.

# **ALLEGATO 1**

- Sondaggi a carotaggio continuo campagna 89-90
- Sondaggi a carotaggio continuo campagna 2008
- Prove penetrometriche campagna 2008
- Indagine sismica ST7
- Indagini sismiche campagna 2008



Committente: Dott. RAFANELLI  
 Cantiere : LIVORNO - via Di Levante  
 Localita' : LIVORNO  
 Data : GENNAIO 1990

Impresa Geotecnica  
 ANGELI dr. ANGELO  
 CESENA - TEL. (0547) 27682

Quota: 13.50

SOND. N. 1

sistema di perforazione: ROTAZIONE  
 rivestimento: Diametro 127 mm

PROF.	USCIGRAI INDUSTRIE		PENETROM. TASCABILE kg/cm <sup>2</sup>
1		TERRERO AGRARIO ROSOSSO CON RIPORTO VARIO	
2	1.50	LIMO ARGILLOSO MEDIAMENTE COMPATTO COLOR MARRONE CHIARO CON CALCIANELLI E MATERIA ORGANICA	1.0
3	2.00	LIMO ARGILLOSO COMPATTO E SABBIA FINE COLOR MARRONE CHIARO	
4	4.00	ARGILLA LIQUOSA GRIGIO AVANA CON CALCIANELLI	
5	4.20	LIMO ARGILLOSO E SABBIA FINE COMPATTO MARRONE CHIARO	1.0
6	4.80	PANCHINA DETRITICA IMBERSA IN MATERIA SABBIOSA MEDIO-FINE	
7	5.00	ARGILLA LIQUOSA MOLLE MARRONE CON MATERIA ORGANICA	0.4
8	5.30	PANCHINA DETRITICA	
9	5.80	SABBIA FINE COLOR GIALLO SCARSAMENTE ADDESSATA CON ARGILLA	
10	7.80	ARGILLA LIQUOSA COLOR GRIGIO E SABBIA FINE	
11	8.20	ARGILLA LIQUOSA COMPATTA GRIGIA PASSANTE AD ARGILLA MEDIAMENTE COMPATTA GRIGIA	1.4
12	1.50		
13	1.00		
14	1.00		0.8
15	1.00		
16	2.00		
17	2.50		
18			1.0
19	14.00	ARGILLA COMPATTA COLOR GRIGIO	1.7
20	14.80	MARNA COLOR GRIGIO	1.7
21	15.00	ARGILLA COMPATTA COLOR GRIGIO	
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			

Committente: Dott. RAFANELLI  
 Cantiere : LIVORNO - via Di Levante  
 Localita' : LIVORNO  
 Data : GENNAIO 1990

Impresa Geotecnica  
 ANGELI dr. ANGELO  
 CESENA - TEL. (0547)27682

Quota: 16.50

SOND. N. 2

sistema di perforazione: ROTAZIONE  
 rivestimento: Diacono 127 aa

PROF.	Quadranti Indistur.		PENETROM. TASCABILE kg/caq
1		TERRENO AGRARIO	
2	1.50	PANCHINA DEBRITICA IN MATRICE ARGILLOSO-SABBIOSA	
3	2.70 3.00 3.40	PANCHINA LIMO ARGILLOSO COMPATTO MARRONE CHIARO CON CALCINELLI E MATERIA ORGANICA	1.2
4	3.80 4.40	LIMO SABBIOSO MEDIAMENTE MARRONE CHIARO CON CALCINELLI	0.8
5	4.80 5.10	DETRITO DI PANCHINA IN MATRICE ARGILLOSO-SABBIOSA ARGILLA SABBIOSA COLOR AVANA CON FRAMMENTI DI PANCHINA E SOTTILI LIVELLI SABBIOSI	1.0
6	5.70 6.30	ARGILLA SABBIOSA MEDIAMENTE COMPATTA COLOR GRIGIO SABBIA MEDIO-FINE GRIGIA MEDIAMENTE ADDENSATA CON ARGILLA	
7		AFERIANZE SABBIOSO-ARGILLOSE E ARGILLOSO-SABBIOSE SCARSAMENTE COMPATTE COLOR GRIGIO	
8	8.10	ARGILLA DEBOLMENTE LITOSA DA MEDIAMENTE COMPATTA A COMPATTA COLOR GRIGIO	1.0- 2.3
9	8.70	SABBIA ARGILLOSA SCARSAMENTE COMPATTA COLOR GRIGIO CON PICCOLI INCLUSI	0.8
10	10.00 10.50	ARGILLA MEDIAMENTE COMPATTA GRIGIA PASSANTE AD ARGILLA LITOSA COMPATTA GRIGIA	2.0
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			



# IMPRESA COSTRUZIONI

DOZZ. ING. ALBERTO FAGGIOLA S.p.A.

PERUGINANO DI ASSISI PERUGIA

T 075/8038541-2

TAX 075/ 8038972

COMMITTENTE: ANAS - comp. FIRENZE - Variante Aurelia Livorno

LOCALITA': Termine Variante (Salviano)

DATA INIZIO PERFORAZIONE: 18/4/89

DATA FINE PERFORAZIONE: 18/4/89

SONDAGGIO n°: S 3

SCALA 1: 100

QUOTA P.C.: 22 m

SISTEMA DI PERFORAZIONE: Rotazione

UTENSILE: Widia

DIAMETRO RIVESTIMENTI: 122 mm

PROFONDITA'	LITOLOGIA		DESCRIZIONE	S.P.T.		PUNTI RISTORATI	VANE TEST	CAMPIONI INDISTRIBUI	SS CAROTAGGI	LIVELLO FALDA
	ASSOLUTA	RELATIVA		NUMERO COLPI						
0										
1	1.2		vegetale terroso-limoso con nodolini ferrosi							
2			limo varicolore, con passate di ghiaietto, compatto. In basso sbalature sabbiose ocre e nere più molli.			3.5	0.90			
3	2.8					4.5				
4						6.0	2.40			
5						5.0				
6	4.0					2.5	2.40			
7			limo sabbioso-terroso marrone abb. molle			4.0	1.60			
8	1.0					5.0				
9			limo terroso con abbondante ghiaietto e pietrisco			0.8	0.25			
10	0.6					1.0	0.30			
11						1.0	0.95			
12			sabbia limosa marrone con ciottoli di "panchina"							
13	0.9									
14			sabbia gialla, appena limosa							
15	1.0									
16										
17			"panchina" detritica coi lastre e sottili bancate della stessa roccia calcarenitica							
18	2.0					2.0	1.00			
19						3.7	1.60			
20						2.5	1.30			
21	9.5					4.0	2.40			
22			sabbia finissima limosa passante a limo sabbioso, grigio chiaro, mediam. consistente, con rari livelli di ciottoli minuti			2.2	1.20			
23						1.8	1.20			
24						1.8				
25						2.1				
26						2.5	1.45			
27						2.0				
28						2.2	1.25			
29	15.0					2.0				
30					2.2	1.10				
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										

Piezometro m. 15

L'ASSISTENTE GEOLOGO :

Dott. Geol. LIBERO MICHELUCCI  
Albo Naz. Geol. iscr. N. 3880

# IMPRESA COSTRUZIONI

DOCT. ING. ALBERTO FAGGIOLI S.R.L.

FERRIGNANO DI ASSISI PERUGIA  
 ☎ 075/9039541-2 FAX 075/6039972

COMMITTENTE: A.N.A.S. - comp. FIRENZE - Variante Aurelia Livorno

LOCALITA': cavalcavia via del Levante (a monte ferrovia) SONDAGGIO n°: 54  
 DATA INIZIO PERTURAZIONE: 31.5.'89 SCALA 1:100  
 DATA FINE PERTURAZIONE: 2.6.'89 QUOTA P.C.: 20.0m.

SISTEMA DI PERTURAZIONE: Rotazione UTENSILE: Widia DIAMETRO RIVESTIMENTI: 122 mm

PROFONDITA'		LITOLOGIA	DESCRIZIONE	S.P.T.		POCKET PENETROMETRI	Vane test	CAMBIOI INDISTURBATI	SCARICOTAGGERI	LIVELLO PALDA
ASSOLUTA	RELATIVA			NUMERO COLPI						
	1.30		vegetale Tenroso - limoso con piccoli ciottoli							
1.30			limo argilloso con abbondante anietto marrone con spalmature grigie-beige, compatto					2.0 2.5		
	7.7		ciottoli di ranchina detritica e sottili strati della stessa							
	8.0		argilla limosa grigia chiara abbastanza consistente.			4.0 3.0 4.0	2.1 2.0			
	10.70		argilla marnosa grigio chiara molto compatta			18 20 25		12.5 13.0		
	13.0		argilla grigio chiara di compattezza variabile			3.0 5.0 3.0 3.5 4.0 3.5 2.0 2.0	2.5 2.2 1.6 2.0 1.6 0.8 1.2	15.5 16.0	2	
	14.0		argilla con inclusi calcarei							
	19.0		argilla grigia							
	19.3		argilla con inclusi calcarei							
	19.7		argilla con inclusi calcarei							

Piezometro m. 37

L'ASSISTENTE GEOLOGICO: Dott. Geol. LIBERO MICHELUCCI  
 Albo Naz. Geol. iscr. N. 3990

# IMPRESA COSTRUZIONI

DOYY. ING. ALBERTO FAGGI S.P.A.

FETRICHIANO DI ASSISI PERUGIA

TE 07518039541-2

FAX 0751 8039972

COMMITTENTE: **ANAS** - comp. FIRENZE - Variante Aurelia Livorno

LOCALITA': cavalcavia via del Levante (s. monte Ferrovia)

DATA INIZIO PERFORAZIONE: 31.5.'88

DATA FINE PERFORAZIONE: 1.6.'88

SONDAGGIO n°: **S4**

SCALA 1: 100

QUOTA P.C.: 20.8 m

SISTEMA DI PERFORAZIONE: Rotazione

UTENSILE: Wida

DIAMETRO RIVESTIMENTI: 122 mm

PROFONDITA'	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	S.P.T.		PUNTI PENETROMETRI	vane test	CAMPIONI INDISTURBATI	SACCHETTATI	LIVELLO
			NUMERO COLPI						
0									
1									
2	3.0	argilla grigio chiara	13	17	24				
3	23.0	argilla marnosa grigio chiara							
4	20								
5	25.0								
6						3.5	2		
7						5.0	1.6		
8						4.0			
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18	12.0	argilla grigio chiara di consistenza variabile	27	28	35	3.0	1.8	27.0	
19						4.0	1.6	27.5	
20						5.5	1.8		
21						6.0	2.2		
22						9.0			
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37	37.0								
38									
39									
40									

L'ASSISTENTE GEOLOGICO :

Dott. Geol. **LIBERO MICHELUCCI**  
Albo Naz. Geol. iscr. N. 3890

# IMPRESA COSTRUZIONI

DOTT. ING. ALBERTO FAGGIOLI S.p.A.

PERITURNO DI ASSISI PERUGIA  
 T 075/80395-11-2 FAX 075/ 8039972

COMITENTE: ANAS - comp. FIRENZE - Variante Aurelia Livorno

LOCALITA': Cavalcavia via del Levante (valle ferrovia)

DATA INIZIO PERFORAZIONE: 5.6.'89

DATA FINE PERFORAZIONE: 6.6.'89

SONDAGGIO n°: 55  
 SCALA 1: 100  
 QUOTA P.C.: m. 19

SISTEMA DI PERFORAZIONE: Rotazione UTENSILE: Wida DIAMETRO RIVESTIMENTI: 122 mm

PROFONDITA'		LITOLOGIA	DESCRIZIONE	S.P.T.		POCCHI PERFORAZIONE	VANE TEST	CAMBII INDISTURBATI	SCARICOTAGGERE	LIVELLO PANDA
ACCIUTI	PERFORAZIONE			NUMERO COLPI						
	2.5		copertura vegetale costituita da una matrice terrosa limosa con inclusi ciottoli di pochi cm. di $\phi$							
	2.5		panchina detritica ed alterata e conglomerato sciolto in matrice sabbiosa-limosa con clasti calcarei di alcuni cm di $\phi$ . In basso abbiamo prevalenza di ciottoli e trovanti di fanchina sul fondo panchina marina.. (foridi litodomi)	3	8	17		2.0 2.5		
	7.5									
	10.0									
	5.5		argilla grigia	6	7		2 2 4	1.5 1.6	2	110 115
	15.5									
	16.0		livelli di panchina detritica ed alterata in matrice sabbiosa							
	0.5		argilla grigia							
	3.8		argilla abbastanza compatta				4.0 2.0 3.0 3.0 4.0 3.5 3.0	2.2 4.4 4.6 1.1 2.4 1.4 2.4		
	18.6		argilla				4.0	1.0		

Piezometro m. 35

L'ASSISTENTE GEOLOGO: Dott. Geol. LIBERO MICHELUCI  
 Albo Naz. Geol. Iscr. N. 3990

# LIV. PRESA COSTRUZIONI

DOTT. ING. ALBERTO FAGGIOLI S.P.A.

PIETRIFICANO DI ASSISI PERUCIA  
 D 075/9039541-2 FAX 075/9039972

COMMITTENTE: **A.N.A.S. - comp. FIRENZE - Variante Aurelia Livorno**

LOCALITA': cavalcavia via del Levante (o valle ferroviaria)  
 DATA INIZIO PERFORAZIONE: 5.6.'89  
 DATA FINE PERFORAZIONE: 6.6.'89

SONDAGGIO n°: **55**  
 SCALA 1: 100  
 QUOTA P.C.: 48 m.

SISTEMA DI PERFORAZIONE: Rotazione

UTENSILE: Wida

DIAMETRO RIVESTIMENTI: 122 mm

PROFONDITA'	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	S.P.T.		FOCUS. PENETROMETRI	vane test	CAMPIONI INDISTURBATI	SACCHETTAGE	MILIEU PALEO
			NUMERO COLPI						
0									
1					4.0	1.2			
2					2.0	1.5			
3	6.4	argille abbastanza compatte nei toni del grigio			1.5	1.6			
4					4.0	>24			
5					3.0				
6	26.0	argille marnose grigie		13	3.5				
7	1.5				4.0				
8	27.5	argille ben compatte grigie			3.5	1.8			
9	1.8				3.5	>24			
10	29.3	argille marnose grigie			4.0	1.7			
11	0.7				5.5				
12	30.0	argille ben compatte grigie			5.0	>24			
13					6.0	>24			
14					6.0	1.8			
15					4.0	2.2			
16					4.0	2.0			
17	7.0				4.0	1.6			
18					3.0	2.2			
19					3.0	1.7			
20					6.0				
21					4.0				
22					4.0				
23					4.5				
24					4.0				
25					4.0				
26					4.0				
27					4.5				
28					4.0				
29					4.0				
30					4.0				
31					4.0				
32					4.0				
33					4.0				
34					4.0				
35					4.0				
36					4.0				
37					4.0				
38					4.0				
39					4.0				
40					4.0				
41					4.0				
42					4.0				
43					4.0				
44					4.0				
45					4.0				
46					4.0				
47					4.0				
48					4.0				
49					4.0				
50					4.0				
51					4.0				
52					4.0				
53					4.0				
54					4.0				
55					4.0				
56					4.0				
57					4.0				
58					4.0				
59					4.0				
60					4.0				
61					4.0				
62					4.0				
63					4.0				
64					4.0				
65					4.0				
66					4.0				
67					4.0				
68					4.0				
69					4.0				
70					4.0				
71					4.0				
72					4.0				
73					4.0				
74					4.0				
75					4.0				
76					4.0				
77					4.0				
78					4.0				
79					4.0				
80					4.0				
81					4.0				
82					4.0				
83					4.0				
84					4.0				
85					4.0				
86					4.0				
87					4.0				
88					4.0				
89					4.0				
90					4.0				
91					4.0				
92					4.0				
93					4.0				
94					4.0				
95					4.0				
96					4.0				
97					4.0				
98					4.0				
99					4.0				
100					4.0				

L'ASSISTENTE GEOLOGICO: **Dott. Geol. LIBERO MICHELUCCI**  
 Albo Naz. Geol. Iscr. N. 3990

Comitente: Dott. ANTONIAZZI  
 Cantiere : LIVORNO - via Di Levante  
 Localita' : LIVORNO  
 Data : GENNAIO 1990

Impresa Geotecnica  
 ANGELI dr. ANGELO  
 CESENA - TEL. (0547)27682

SOND. N. 6

Quota: 20.50

sistema di perforazione: ROTAZIONE  
 rivestimento: Diametro 127 mm

PROF.	S. P. T.	PENETROM. TASCABILE kg/cmq	S. P. T.	
			Prof.	N. colpi
				> 15 sp.
1				
2		0.8		
3		1.0 - 1.6		
4		0.8		
5		1.2 - 1.5		
6				
7				
8	7.3	1.0 - 1.5	8	9
9		1.2 - 1.5		
10				
11				
12		1.0 - 2.5		
13				
14		< 0.5		
15		< 0.5		
16				
17		1.2		
18		< 0.5		
19		1.5 - 1.8		
20		< 0.5		
21		2.0		
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				

Committente: Dott. RAFANELLI  
 Cantiere : LIVORNO - via Di Levante  
 Localita' : LIVORNO  
 Data : GENNAIO 1990

Impresa Geotecnica  
 ANGELI dr. ANGELO  
 CESENA - TEL. (0547)27682

Quota: 21.50

SOND. N. 7

sistema di perforazione: ROTAZIONE  
 rivestimento: Diametro 127 mm

PROF.	Campioni Indicatore	DESCRIZIONE	S. P. T.		PENETROM. TASCABILE kg/cmq
			Prof.	N. colpi a 15 sec.	
1	0.80	TERRENO AGRARIO			
2		LIMO ARGILLOSO MEDIANTE COMPATTO CON SABBIA FINE COLOR MARRONE SCURO CON CLASTI DI VARIE DIMENSIONI E MATERIA ORGANICA			1.0
3	3.00	SABBIA LIMOSO-ARGILLOSA ADDENSATA COLOR GIALLO OCRA CON CLASTI DI VARIE DIMENSIONI E MATERIA ORGANICA			
4	3.70	LIMO ARGILLOSO-SABBIOSO MOLTO COMPATTO COLOR MARRONE CHIARO CON MATERIA ORGANICA			2.5
5	4.30	SABBIA LIMOSO-ARG. ADDENSATA GIALLO OCRA CON MATERIA ORG.			3.0
6	4.80	LIMO ARG.-SABB. MOLTO COMPATTO MARRONE CHIARO CON MAT. ORGAN. DETRITO DI PANCHINA IN MATRICE SABBIOSA COLOR GIALLO OCRA			
7	8.00	ARGILLA LIMOSA COMPATTA COLOR MARRONE CHIARO			1.0- 1.3
8	8.80	SABBIA ARGILLOSA SCIOLTA COLOR GIALLO OCRA CON FRAGMENTI DI PANCHINA	2.7	8	9.10
9	9.50	ARGILLA DES. SABBIOSA DA MEDIANTE COMPATTA A COMPATTA COLOR GRIGIO			
10	10.00	ARGILLA DEBOLMENTE SABBIOSA COMPATTA COLOR GRIGIO			0.6- 1.2
11	1.50				
12	1.10				
13					1.6- 2.2
14	14.00	ARGILLA DEBOLMENTE SABBIOSA MOLLE COLOR GRIGIO			<0.5
15	14.80	ARGILLA SABBIOSA COMPATTA COLOR GRIGIO			
16					
17					1.5- 1.7
18					
19	19.00	ARGILLA SABBIOSA MOLTO COMPATTA COLOR GRIGIO			2.0- 2.5
20	20.00				
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					

<b>SONDAGGIO</b> <b>S1</b>	LAVORO Nuovo Centro	CANTIERE Livorno	QUOTA ASS. P.C. 22.9 m.s.l.m.	COMMITTENTE Le Ninfee s.r.l.	DATA INIZIO 13 - 10 - 2008
	ESECUTORE IchnoGeo s.a.s.	METODO PERF. Carotaggio continuo	TIPO SONDA SOILMEC SM 401	DIAMM. 101 - 127	DATA FINE 13 - 10 - 2008

Scala (m)	Litologia	Descrizione dei terreni attraversati	Quota	Campioni	Falda	S.P.T (n° colpi)	P.P. (kg/cmq)	Piezometro Ø = 3'
-1		Terreno vegetale sabbio limoso marrone bruno	- 0.30					
-1		Sabbia limosa marrone bruna poco addensata con sporadica ghiaia.	- 0.90					
-2		Limo sabbioso marrone bruno da mediamente a molto consistente con sporadica ghiaia e ciottoli poligenici.						
-3			- 3.00			PA 12/15/17 3.0 m		
-4		Ghiaia e ciottoli poligenici in variabile matrice limo sabbiosa marrone bruna decisamente consistente.	- 3.70					
-5		Limo argilloso con sabbia marrone bruno mediamente consistente.	- 4.90		- 4.50 da p.c.			
-6		Sabbia limosa marrone bruna mediamente addensata con ghiaia e frammenti di calcarenite cementata (panchina).	- 5.80			PA 2 / 6/ 6 6.0 m		
-7		Sabbia limosa marrone ocra mediamente addensata con abbondanti frammenti di calcarenite cementata (panchina).	- 7.50					
-8		Sabbia limosa marrone ocra mediamente addensata con abbondanti frammenti di calcarenite cementata (panchina).						
-9								
-10								
-11			- 11.60					
-12		Limo sabbioso marrone chiaro media,mediamente consistente con sporadici frammenti di panchina e ciottoli.	- 12.00					
-13		Argilla limosa grigio plombo mediamente consistente.					4.0 - 4.5	
-14							3.8 - 4.3	
-15							3.0 - 5.0	
-16							5.1 - 5.7	
-17							4.9 - 6.0	
-18			- 15.00		- 15.00			
-19		Argilla limosa grigio plombo da mediamente a piuttosto consistente con passate centimetriche di sabbia fine mediamente addensata; sporadici resti conchigliari.			- 15.50		5.7->6.0	
-20							> 6.0	
-20			- 20.00				5.9->6.0	
-20							> 6.0	
-20							> 6.0	



RESPONSABILE SONDAGGIO: Dott. Geologo Antonio Rafanelli  
DIRETTORE LAVORI: Dott. Geologo Antonio Rafanelli

Campioni: S - Pirelli sottili, O - Osterberg, M - Mazier, R - Rimaneggiato, Rs - Rimaneggiato da SPT  
P.P.: Pocket Penetrometer  
Prove SPT: PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa  
Carotaggio: Carotaggio continuo



<b>SONDAGGIO</b>  <b>S2</b>	<b>LAVORO</b> Nuovo Centro	<b>CANTIERE</b> Livorno	<b>QUOTA ASS. P.C.</b> 20.7 m.s.l.m.	<b>COMMITTENTE</b> Le Ninfee s.r.l.	<b>DATA INIZIO</b> 14 - 10 - 2008
	<b>ESECUTORE</b> Ichnogeo s.a.s.	<b>METODO PERF.</b> Carotaggio continuo	<b>TIPO SONDA</b> SOILMEC SM 401	<b>DIAMM.</b> 101 - 127	<b>DATA FINE</b> 14 - 10 - 2008

Scala (m)	Litologia	Descrizione dei terreni attraversati	Quota	Campioni	Falda	S.P.T (n° colpi)	P.P. (kg/cmq)	Piezometro ∅ = 3'
-0.10		Soletta in calcestruzzo.	- 0.10					
-1		Limo sabbioso marrone/grigio mediamente consistente con sporadica ghiaia.	- 1.30					
-2		Limo sabbioso marrone bruno molto consistente con ghiaia, calcinelli e frustoli carboniosi.						
-3								
-4					- 3.70 da p.c.			
-5						PA 6/ 9/10 4,5 m		
-6		Limo sabbioso marrone ocra mediamente consistente con frammenti di calcarenite cementata (panchina).	- 5.70					
-7								
-8		Sabbia limosa marrone ocra mediamente addensata con abbondanti frammenti di calcarenite cementata (panchina).	- 7.00					
-9						PA 14/21/30 9.0 m		
-10								
-11			- 11.50					
-12		Alternanza di passate decimetriche di sabbia fine grigio piombo piuttosto addensata con livelli decimetrici di argilla limosa grigio piombo piuttosto consistente.					2,2 - 2,6	
-13							5,0 - >6,0	
-14							4,2 - 5,7	
-15								
-16								
-17					- 16.50 - 17.00			
-18								
-19							4,8 - >6,0	
-20			- 20.00					



RESPONSABILE SONDAGGIO: Dott. Geologo Antonio Rafanelli  
DIRETTORE LAVORI: Dott. Geologo Antonio Rafanelli

Campioni: S - Pirelli sotili, O - Osterberg, M - Maurier, R - Rimaneggiato, Rs - Rimaneggiato da SPT  
P.P.: Pocket Penetrometer  
Prove SPT: PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa  
Carotaggio: Carotaggio continuo

SONDAGGIO <b>S3</b>	LAVORO Nuovo Centro	CANTIERE Livorno	QUOTA ASS. P.C. 18.6 m.s.l.m.	COMMITTENTE Le Ninfee s.r.l.	DATA INIZIO 9 - 10 - 2008
	ESECUTORE Ichnogeo s.a.s.	METODO PERF. Carotaggio continuo	TIPO SONDA SOILMEC SM 401	DIAMM. 101 - 127	DATA FINE 9 - 10 - 2008

Scala (m)	Litologia	Descrizione dei terreni attraversati	Quota	Campioni	Falda	S.P.T (n° colpi)	P.P. (kg/cmq)	Piezometro Ø = 3'
-1		Terreno vegetale sabbio limoso marrone bruno.	- 0.30					
		Limo sabbioso marrone bruno piuttosto consistente con ghiaia.	- 1.40					
		Livello di limo argilloso marrone bruno molto consistente con ghiaia.	- 1.60					> 6.0
-2		Limo sabbioso marrone ocra mediamente consistente con ghiaia e frustoli carboniosi; tra -2.80 e -3.00 presenti frammenti di calcarenite cementata (panchina).	- 3.00		- 2.18 da p.c.			
-3		Sabbia limosa marrone bruna con venature grigio piombo mediamente addensata con sporadica ghiaia.	- 3.70				PA 9/15/21 3.0 m	
-4		Limo sabbioso marrone ocra mediamente consistente con frammenti di calcarenite cementata (panchina), ghiaia e frustoli carboniosi.	- 4.90					
-5		Limo argilloso marrone ocra piuttosto consistente con venature grigio piombo.	- 5.70					3.7 - 4.0
-6		Sabbia limosa marrone ocra mediamente addensata con abbondanti frammenti di calcarenite cementata (panchina).	- 9.00				PA 6/14/15 6.0 m	
-7								
-8								
-9								
-10		Argilla limosa grigio piombo mediamente consistente.						2.6 - 3.4
-11								3.3 - 3.4
-12								2.8 - 3.5
-13								2.6 - 2.9
-14								3.2 - 3.5
-15								3.0 - 3.7
-16								
-17					- 16.50 - 17.00			3.7 - 4.0
-18								3.2 - 3.5
-19								3.9 - 4.8
-20			- 20.00					3.0 - 3.4



RESPONSABILE SONDAGGIO: Dott. Geologo Antonio Rafanelli  
DIRETTORE LAVORI: Dott. Geologo Antonio Rafanelli

Campioni: S - Pirelli sottili, O - Osterberg, M - Mazier, R - Rimaneggiato, Rs - Rimaneggiato da SPT  
P.P.: Pocket Penetrometer  
Prove SPT: PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa  
Carotaggio: Carotaggio continuo

SONDAGGIO		LAVORO	CANTIERE	QUOTA ASS. P.C.	COMMITTENTE	DATA INIZIO		
S3		Nuovo Centro	Livorno	18.6 m.s.l.m.	Le Ninfee s.r.l.	9 - 10 - 2008		
		ESECUTORE	METODO PERF.	TIPO SONDA	DIAMM.	DATA FINE		
		Ichnogeo s.a.s.	Carotaggio continuo	SOILMEC SM 401	101 - 127	9 - 10 - 2008		
Scala (m)	Litologia	Descrizione dei terreni attraversati	Quota	Campioni	Falda	S.P.T (n° colpi)	P.P. (kg/cmq)	Piezometro Ø = 3'
- 21		Argilla limosa grigio piombo mediamente consistente.	- 20.80					
- 21		Frammenti di argilla sovraconsolidata in matrice sabbio-limosa grigio piombo.	- 21.00					
- 22		Argilla limosa grigio piombo mediamente consistente.					3.4 - 4.5	
- 23								
- 24							4.3 - 4.8	
- 25							2.4 - 3.1	
- 26							3.9 - 4.3	
- 27							3.2 - 3.9	
- 28							2.5 - 4.2	
- 29							4.5 - 5.7	
- 30			- 30.00					
- 31								
- 32								
- 33								
- 34								
- 35								
- 36								
- 37								
- 38								
- 39								
- 40								



RESPONSABILE SONDAGGIO: Dott. Geologo Antonio Rafanelli  
 DIRETTORE LAVORI: Dott. Geologo Antonio Rafanelli

Campioni: S - Pariné scisti, D - Osterberg, M - Mazzer, R - Rimaneggiato, Rr - Rimaneggiato da SPT  
 P.P.: Piacenza, Pinerolo, Pinerolo  
 Prove SPT: PA - Puzza Aperta, FG - Puzza Crassa  
 Carotaggio, Carotaggio continuo

<b>SONDAGGIO</b> <b>S4</b>	<b>LAVORO</b> Nuovo Centro	<b>CANTIERE</b> Livorno	<b>QUOTA ASS. P.C.</b> 15.5 m.s.l.m.	<b>COMMITTENTE</b> Le Ninfee s.r.l.	<b>DATA INIZIO</b> 1 - 10 - 2008
	<b>ESECUTORE</b> Ichnogeo s.a.s.	<b>METODO PERF.</b> Carotaggio continuo	<b>TIPO SONDA</b> SOILMEC SM 401	<b>DIAMM.</b> 101 - 127	<b>DATA FINE</b> 1 - 10 - 2008

Scala (m)	Litologia	Descrizione dei terreni attraversati	Quota	Campioni	Falda	S.P.T (n° colpi)	P.P. (kg/cmq)	Piezometro Ø = 3'
- 1		Terreno vegetale sabbio limoso marrone bruno.	- 0.30					
- 2		Limo sabbioso marrone bruno piuttosto consistente con frammenti di calcarenite cementata, ghiaia e frustoli carboniosi.			- 0.67 da p.c.			
- 3			- 3.40					
- 4		Limo sabbioso marrone ocra con venature grigio chiare mediamente consistente con frammenti di calcarenite cementata e ghiaia.	- 4.00					
- 5		Sabbia fine debolmente limosa marrone ocra mediamente addensata.				PA 8/12/15 4.5 m		
- 6			- 6.00					
- 7		Sabbia limosa marrone ocra mediamente addensata con abbondanti frammenti di calcarenite cementata (panchina).				PA 9/ 8/ 8 7.5 m		
- 8			- 7.80					
- 9		Argilla limosa grigio piombo mediamente consistente.					2.3 - 2.4	- 9.00
- 10							2.0 - 2.2	
- 11							2.1 - 2.4	
- 12					- 12.00 O - 12.50			
- 13							1.9 - 2.0	
- 14							1.1 - 2.4	
- 15							2.1 - 2.3	
- 16							2.0 - 2.2	
- 17							2.3 - 2.4	
- 18							3.0 - 3.2	
- 19							2.4 - 2.6	
- 20			- 20.00				2.2 - 2.8	



RESPONSABILE SONDAGGIO: Dott. Geologo Antonio Rafanelli  
 DIRETTORE LAVORI: Dott. Geologo Antonio Rafanelli

Campioni: S - Paredi sottili, O - Osterberg, M - Mazier, R - Rimaneggiato, Ra - Rimaneggiato da SPT  
 P.P.: Pocket Penetrometer  
 Prova SPT: PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa  
 Carotaggio: Carotaggio continuo

SONDAGGIO		LAVORO	CANTIERE	QUOTA ASS. P.C.	COMMITTENTE	DATA INIZIO				
S4		Nuovo Centro	Livorno	15.5 m.s.l.m.	Le Ninfee s.r.l.	1 - 10 - 2008				
		ESECUTORE	METODO PERF.	TIPO SONDA	DIAMM.	DATA FINE				
		Ichnogeo s.a.s.	Carotaggio continuo	SOILMEC SM 401	101 - 127	1 - 10 - 2008				
Scala (m)	Litologia	Descrizione dei terreni attraversati			Quota	Campioni	Falda	S,P,T (n° colpi)	P.P. (kg/cmq)	Piezometro Ø = 3'
- 21		Argilla limosa grigio piombo mediamente consistente.							3,0 - 3,6	
- 22									2,8 - 3,1	
- 23									2,1 - 2,3	
- 24									1,7 - 3,0	
- 25									2,4 - 2,8	
- 26									2,5 - 3,2	
- 27									2,3 - 2,5	
- 28									1,5 - 2,0	
- 29									2,1 - 2,7	
- 30										
- 31										
- 32										
- 33										
- 34										
- 35										
- 36										
- 37										
- 38										
- 39										
- 40										



RESPONSABILE SONDAGGIO: Dott. Geologo Antonio Rafanelli  
 DIRETTORE LAVORI: Dott. Geologo Antonio Rafanelli

Campioni: S - Pareti e tubi, O - Osterberg, M - Mazzer, R - Rimaneggiato, Rs - Rimaneggiato da SPT  
 P.P., Pressioni Piezometriche  
 Pieze SPT, PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa  
 Carotaggio, Carotaggio continuo

<b>SONDAGGIO</b> <b>S5</b>	LAVORO Nuovo Centro	CANTIERE Livorno	QUOTA ASS. P.C. 17.0 m.s.l.m.	COMMITTENTE Le Ninfee s.r.l.	DATA INIZIO 15 - 10 - 2008
	ESECUTORE Ichnogeo s.a.s.	METODO PERF. Carotaggio continuo	TIPO SONDA SOILMEC SM 401	DIAMM. 101 - 127	DATA FINE 15 - 10 - 2008

Scala (m)	Litologia	Descrizione dei terreni attraversati	Quota	Campioni	Falda	S.P.T (n° colpi)	P.P. (kg/cmq)	Piezometro Ø = 3'
-1		Terreno di riporto; sabbia limosa marrone bruna con ciottoli.	-1.20					
-2		Limo sabbioso marrone bruno piuttosto consistente con frammenti di calcarenite cementata, ghiaia e frustoli carboniosi.	-2.80					
-3		Limo sabbioso marrone ocra mediamente consistente con abbondanti frammenti di calcarenite cementata (panchina).	-3.60		-2.77			
-4		Livello di limo argilloso grigio con venature marroni mediamente consistente; presenti concrezioni carbonatiche.	-3.80					
-4		Limo sabbioso marrone ocra mediamente consistente con abbondanti frammenti di calcarenite cementata (panchina).	-4.20				PA 4/12/17 4.5 m	
-5		Limo sabbioso marrone/grigio mediamente consistente con sporadica ghiaia.	-5.30					
-6		Sabbia fina marrone ocra mediamente addensata.	-6.00				PA Rif 6.0 m	
-7		Sabbia limosa marrone ocra mediamente addensata con abbondanti frammenti di calcarenite cementata (panchina).	-9.00					
-10								-10.00
-11		Alternanza di passate decimetriche di sabbia fine grigio piombo piuttosto addensata con livelli decimetrici di argilla limosa grigio piombo piuttosto consistente.					3.8 - 4.3	
-12							3.7 - 4.5	
-13							3.6 - 4.3	
-14							4.6 - 5.2	
-15							4.4 - 4.5	
-16								
-17					-16.50 -17.00			
-18								
-24								
-25			-25.00					



RESPONSABILE SONDAGGIO: Dott. Geologo Antonio Rafanelli  
DIRETTORE LAVORI: Dott. Geologo Antonio Rafanelli

Campioni: S - Pirelli sottili, O - Osterberg, M - Mazier, R - Rimaneggiato, Rs - Rimaneggiato da SPT  
P.P.: Pocket Penetrometer  
Prove SPT: PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa  
Carotaggio: Carotaggio continuo

SONDAGGIO		LAVORO	CANTIERE	QUOTA ASS. P.C.	COMMITTENTE	DATA INIZIO		
S6		Nuovo Centro	Livorno	13.8 m.s.l.m.	Le Ninfee s.r.l.	2 - 10 - 2008		
		ESECUTORE	METODO PERF.	TIPO SONDA	DIAMM.	DATA FINE		
		Ichnogeo s.a.s.	Carotaggio continuo	SOILMEC SM 401	101 - 127	3 - 10 - 2008		
Scala (m)	Litologia	Descrizione dei terreni attraversati	Quota	Campioni	Falda	S.P.T (n° colpl)	P.P. (kg/cmq)	Piezometro ∅ = 3"
-1		Terreno vegetale sabbio limoso marrone bruno.	- 0.30					
		Sabbia limosa marrone bruna mediamente addensata con sporadica ghiaia.	- 1.30					
-2		Limo sabbioso marrone bruno mediamente consistente con ghiaia e frustoli carboniosi.	- 2.10					
-3		Limo sabbioso marrone ocra piuttosto consistente con abbondanti frammenti di calcarenite cementata (panchina).	- 3.80		- 2.71			
-4		Sabbia limosa marrone ocra mediamente addensata con abbondanti frammenti di calcarenite cementata (panchina).	- 4.10					
		Limo argilloso con sabbia grigio piombo mediamente consistente.	- 4.30			PA 7/10/11 4.5 m		
-5		Sabbia in scarsa matrice limosa grigio piombo mediamente addensata con resti conchigliari.	- 6.00					
-6		Argilla limosa grigio piombo mediamente consistente.					1.7 - 2.0	
-7							2.0 - 2.1	
-8							1.8 - 2.2	
-9								
-10							2.2 - 2.6	
-11							2.6 - 2.8	
-12							2.4 - 2.8	
-13							2.3 - 2.5	
-14							2.1 - 2.4	
-15							3.2 - 3.5	
-16							2.5 - 4.0	
-17							3.3 - 3.8	
-18							2.7 - 3.0	
-19								
-20			- 20.00				2.4 - 2.6	



RESPONSABILE SONDAGGIO: Dott. Geologo Antonio Rafanelli  
 DIRETTORE LAVORI: Dott. Geologo Antonio Rafanelli

Campioni: S - Pirelli scivoli, O - Osterberg, M - Mazzer, R - Rimaneggiato, Rs - Rimaneggiato da SPT  
 P.P.: Pocket Penetrometer  
 Prove SPT: PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa  
 Carotaggio: Carotaggio continuo

SONDAGGIO <b>S6</b>	LAVORO Nuovo Centro	CANTIERE Livorno	QUOTA ASS. P.C. 13.9 m.s.l.m.	COMMITTENTE Le Ninfee s.r.l.	DATA INIZIO 2 - 10 - 2008
	ESECUTORE Ichnogeo s.a.s.	METODO PERF. Carotaggio continuo	TIPO SONDA SOILMEC SM 401	DIAMM. 101 - 127	DATA FINE 3 - 10 - 2008

Scala (m)	Litologia	Descrizione dei terreni attraversati	Quota	Campioni	Falda	S.P.T (n° colpi)	P.P. (kg/cmq)	Piezometro ∅ = 3'
-21	[Pattern]	Argilla limosa grigio piombo mediamente consistente.		○ -21.00 ○ -21.50			2.3 - 2.5	
-22							1.2 - 1.3	
-23	[Pattern]	Argilla limosa grigio piombo mediamente consistente.					2.3 - 2.5	
-24								
-25	[Pattern]		-25.40	○ -24.00 ○ -24.50			2.3 - 3.0	
-26	[Pattern]	Passata con frazione sabbiosa e abbondanti resti conchigliari.	-26.30					
-27	[Pattern]	Argilla limosa grigio piombo mediamente consistente.		○ -27.00 ○ -27.50			2.8 - 3.5	
-28							1.5 - 2.5	
-29	[Pattern]	Argilla limosa grigio piombo mediamente consistente.						
-30								
-31	[Pattern]			○ -30.00 ○ -30.50			2.0 - 2.4	
-32	[Pattern]	Argilla limosa grigio piombo mediamente consistente.					2.3 - 2.5	
-33							2.2 - 2.4	
-34	[Pattern]	Argilla limosa grigio piombo mediamente consistente.					2.3 - 2.8	
-35							2.2 - 2.4	
-36	[Pattern]			○ -36.00 ○ -36.50			1.8 - 2.0	
-37	[Pattern]	Argilla limosa grigio piombo mediamente consistente.					2.6 - 2.9	
-38							2.1 - 2.5	
-39	[Pattern]	Argilla limosa grigio piombo mediamente consistente.						
-40				-40.00				2.0 - 2.5



RESPONSABILE SONDAGGIO: Dott. Geologo Antonio Rafanelli  
 DIRETTORE LAVORI: Dott. Geologo Antonio Rafanelli

Campioni: S - Pirelli soffici, O - Osterberg, M - Mazier, R - Rimaneggiato, Rs - Rimaneggiato da SPT  
 P.P., Pocket Penetrometer  
 Prove SPT; PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa  
 Carotaggio; Carotaggio continuo



<b>SONDAGGIO</b> <b>S7</b>	LAVORO Nuovo Centro	CANTIERE Livorno	QUOTA ASS. P.C. 17.7 m.s.l.m.	COMMITTENTE Le Ninfee s.r.l.	DATA INIZIO 29 - 9 - 2008
	ESECUTORE Ichnogeo s.a.s.	METODO PERF. Carotaggio continuo	TIPO SONDA SOILMEC SM 401	DIAMM. 101 - 127	DATA FINE 29 - 9 - 2008

Scala (m)	Litologia	Descrizione dei terreni attraversati	Quota	Campioni	Falda	S.P.T (n° colpi)	P.P. (kg/cmq)	Piezometro Ø = 3'
-1		Sabbia limosa marrone bruna mediamente addensata con sporadica ghiaia.	- 0.30					
-2		Limo sabbioso marrone bruno molto consistente con frammenti di calcarenite cementata (panchina), ghiaia e frustoli carboniosi.	- 1.50		- 1.26		> 6.0	
-3		Limo sabbioso marrone ocra mediamente consistente con abbondanti frammenti di calcarenite cementata (panchina).	- 3.00					
-4		Limo argilloso grigio piombo plastico e poco consistente.	- 4.30			PA 5/16/24 4.5 m	0.7 - 0.9	
-5		Sabbia fine debolmente limosa marrone ocra mediamente addensata.	- 5.20					
-6		Sabbia limosa marrone ocra mediamente addensata con abbondanti frammenti di calcarenite cementata (panchina).	- 5.80					
-7		Sabbia fine debolmente limosa marrone ocra mediamente addensata.	- 7.20			PA 9/ 7/12 7.5 m		
-8		Sabbia fine debolmente limosa marrone ocra mediamente addensata.	- 8.10					
-9		Argilla limosa grigio piombo mediamente consistente.					1.9 - 2.7	- 9.00
-10							2.2 - 2.3	
-11							2.6 - 3.2	
-12					- 12.00 Q		1.7 - 2.6	
-13					- 12.50		3.1 - 3.3	
-14							2.8 - 3.3	
-15							4.2 - 4.8	
-16							2.4 - 2.6	
-17							1.4 - 1.6	
-18							2.4 - 3.2	
-19							2.3 - 2.5	
-20			- 20.00					



RESPONSABILE SONDAGGIO: Dott. Geologo Antonio Rafanelli  
DIRETTORE LAVORI: Dott. Geologo Antonio Rafanelli

Campioni: S - Pirelli sotili, O - Osterberg, M - Mezier, R - Rimaneggiato, R3 - Rimaneggiato da SPT  
P.P.: Pocket Penetrometer  
Prove SPT: PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa  
Carotaggio: Carotaggio continuo

<b>SONDAGGIO</b> <b>S8</b>	<b>LAVORO</b> Nuovo Centro	<b>CANTIERE</b> Livorno	<b>QUOTA ASS. P.C.</b> 18.0 m.s.l.m.	<b>COMMITTENTE</b> Le Ninfee s.r.l.	<b>DATA INIZIO</b> 30 - 9 - 2008
	<b>ESECUTORE</b> Ichnogeo s.a.s.	<b>METODO PERF.</b> Carotaggio continuo	<b>TIPO SONDA</b> SOILMEC SM 401	<b>DIAMM.</b> 101 - 127	<b>DATA FINE</b> 30 - 9 - 2008

Scala (m)	Litologia	Descrizione dei terreni attraversati	Quota	Campioni	Falda	S.P.T (n° colpi)	P.P. (kg/cmq)	Piezometro Ø = 3'	
		Terreno di riporto.	- 0.30				> 6.0		
- 1		Limo sabbioso marrone bruno molto consistente cpn sporadica ghiaia e frustoli carboniosi.	- 1.50						
- 2		Sabbia limosa marrone bruna da poco a mediamente addensata con ghiaia e ciottoli.	- 2.40		- 2.20				
- 3		Limo sabbioso marrone bruno molto consistente con sporadica ghiaia e frustoli carboniosi.	- 2.90				4.5 - 5.0		
- 4		Sabbia limosa marrone bruna da poco a mediamente addensata con ghiaia e ciottoli.	- 4.20						
		Limo sabbioso marrone bruno molto consistente con sporadica ghiaia e frustoli carboniosi.	- 4.40						
- 5		Sabbia limosa marrone bruna da poco a mediamente addensata con ghiaia e ciottoli.	- 5.50						
- 6		Sabbia limosa marrone ocra mediamente addensata con abbondanti frammenti di calcarenite cementata (panchina).	- 6.50			PC 24/20/13 6.0 m			
- 7		Limo sabbioso grigio piombo plastico e poco consistente.	- 6.90						
- 8		Sabbia media e grossolana grigio piombo mediamente addensata; passata ricca in ciottoli e ghiaia tra -7,50 e -8,00 m.	- 8.00			PC 11/ 9/ 6 7.5 m			
- 9		Argilla limosa grigio piombo mediamente consistente.							
- 10									
- 11					- 10.50 - 11.00			2.6 - 2.8	
- 12								2.2 - 3.3	
- 13								1.9 - 2.4	
- 14								2.4 - 2.8	
- 15								2.0 - 2.2	
- 16								1.9 - 2.5	
- 17								2.7 - 3.2	
- 18									
- 19									
- 20			- 20.00				2.8 - 3.7		



RESPONSABILE SONDAGGIO: Dott. Geologo Antonio Rafanelli  
DIRETTORE LAVORI: Dott. Geologo Antonio Rafanelli

Campioni: S - Pareti scati, O - Osterberg, M - Mazier, R - Rimaneggiato, Rs - Rimaneggiato da SPT  
P.P.: Pocket Parabolometer  
Prove SPT: PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa  
Carotaggio, Carotaggio continuo

<b>SONDAGGIO</b> <b>S9</b>	<b>LAVORO</b> Nuovo Centro	<b>CANTIERE</b> Livorno	<b>QUOTA ASS. P.C.</b> 16.4 m.s.l.m.	<b>COMMITTENTE</b> Le Ninfee s.r.l.	<b>DATA INIZIO</b> 26 - 9 - 2008
	<b>ESECUTORE</b> Ichnogeo s.a.s.	<b>METODO PERF.</b> Carotaggio continuo	<b>TIPO SONDA</b> SOILMEC SM 401	<b>DIAMM.</b> 101 - 127	<b>DATA FINE</b> 26 - 9 - 2008

Scala (m)	Litologia	Descrizione dei terreni attraversati	Quota	Campioni	Falda	S.P.T (n° colpi)	P.P. (kg/cmq)	Piezometro Ø = 3'
		Rilevato del piazzale e terreno di riporto.	- 0.70				> 6.0	
- 1		Limo sabbioso marrone bruno molto consistente con ghiaia e ciottoli; presenti frammenti di calcarenite cementata (panchina).			- 0.95		4.7 - 6.0	
- 2								
- 3		Sabbia limosa marrone ocra mediamente addensata con abbondanti frammenti di calcarenite cementata (panchina).	- 3.00			PA 3/ 4/ 5 3.0 m		
- 4			- 4.60					
- 5		Limo argilloso grigio piombo con sfumature nerastre mediamente consistente.	- 5.50				1.2 - 1.3	
- 6		Sabbia limosa grigio piombo mediamente addensata con ciottoli e frammenti di calcarenite cementata (panchina).				PA Rif 6.0 m	1.0 - 1.1 1.0 - 1.8	
- 7			- 7.20					
- 8		Argilla limosa grigio piombo mediamente consistente.					1.5 - 1.7	
- 9					- 9.00 - 9.50		1.5 - 1.6	
- 10							1.4 - 1.5	- 9.00
- 11							3.0 - 3.2	
- 12							2.2 - 2.7	
- 13							2.0 - 3.0	
- 14							1.8 - 3.4	
- 15							2.5 - 2.8	
- 16							2.8 - 3.1	
- 17							2.7 - 2.9	
- 18							2.3 - 2.4	
- 19							2.5 - 3.4	
- 20			- 20.00				3.4 - 3.6	



RESPONSABILE SONDAGGIO: Dott. Geologo Antonio Rafanelli  
 DIRETTORE LAVORI: Dott. Geologo Antonio Rafanelli

Campioni: S - Pareti sottili, O - Osterberg, M - Mezier, R - Rimeneggiato, Rs - Rimeneggiato da SPT  
 P.P.: Pocket Penetrometer  
 Prove SPT: PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa  
 Carotaggio: Carotaggio continuo

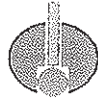
<b>SONDAGGIO</b> <b>S10</b>	LAVORO Nuovo Centro	CANTIERE Livorno	QUOTA ASS. P.C. 12.5 m.s.l.m.	COMMITTENTE Le Ninfee s.r.l.	DATA INIZIO 2 - 10 - 2008
	ESECUTORE Ichnogeo s.a.s.	METODO PERF. Carotaggio continuo	TIPO SONDA SOILMEC SM 401	DIAMM. 101 - 127	DATA FINE 2 - 10 - 2008

Scala (m)	Litologia	Descrizione dei terreni attraversati	Quota	Campioni	Falda	S.P.T (n° colpl)	P.P. (kg/cmq)	Piezometro Ø = 3'
-1		Terreno vegetale sabbio limoso marrone bruno.	- 0,30					
		Sabbia limosa marrone bruna da poco a mediamente addensata con ghiaia e ciottoli.	- 1,20					
-2		Limo sabbioso marrone ocra mediamente consistente con ghiaia e frammenti di calcarenite cementata (panchina).	- 3,00					
-4		Sabbia limosa marrone ocra/arancio mediamente addensata; intorno a - 4.00 m livello maggiormente limoso con venature grigie.	- 4,70		- 4,13	PC 3/ 5/11 4,5 m		
-5		Sabbia limosa marrone ocra mediamente addensata con abbondanti frammenti di calcarenite cementata (panchina).	- 6,00					
-7		Argilla limosa grigio piombo mediamente consistente.					2,0 - 2,1	
-8							2,5 - 2,9	
-9							2,1 - 2,4	
-10							1,8 - 1,9	
-11							3,2 - 3,4	
-12							2,2 - 2,3	
-13							2,2 - 2,7	
-14							1,4 - 1,6	
-15							2,1 - 2,5	
-16							2,6 - 2,8	
-17						2,5 - 3,2		
-18						2,6 - 3,1		
-19								
-20			- 20,00					



RESPONSABILE SONDAGGIO: Dott. Geologo Antonio Rafanelli  
 DIRETTORE LAVORI: Dott. Geologo Antonio Rafanelli

Carotatrici: S - Pavani snc, G - Osterberg, M - Mizzi, R - Rinnaviggiato, Ri - Rinnaviggiato da SPT  
 P.P.: Pociel Penedonebe  
 Prove SPT: PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa  
 Carotaggio: Carotaggio continuo



Ichnogeo sas

Via Ilaria Alpi, 18/20 - 56028 S. Miniato Basso (PI)

Tel. 0571 43213 - fax 0571 403063

*OTTOBRE 2008*

*LIVORNO – NUOVO CENTRO*

*Prove penetrometriche statiche (CPT)*

*Committente: LE NINFEE S.R.L.*

### PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT

*norma di riferimento:* Raccomandazioni AGI 1977  
*deviazioni dalla norma:* nessuna

verbale di accettazione n° **08C048** del **02/10/2008**  
certificato di prova n° **0891/08** del **07/11/2008**

Comm.te: **Le Ninfee srl**  
Località: **Livorno - Nuovo Centro**  
prova n° CPT 1

### CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

*penetrometro:* statico RMU 190 kN, autoancorante  
*sistema di ancoraggio:* elicoidi diam.220 mm - prof. circa 0,9 m da p. c.  
*sistema di misura:* cella di carico di sommità NBC elettronica con visualizzatore Pagani - risoluz. 98 N  
*punta:* meccanica tipo Begemann con manicotto di attrito

<i>diametro</i>	3.75	cm
<i>area punta</i>	10	cm <sup>2</sup>
<i>angolo di apertura</i>	60	°
<i>area manicotto</i>	150	cm <sup>2</sup>

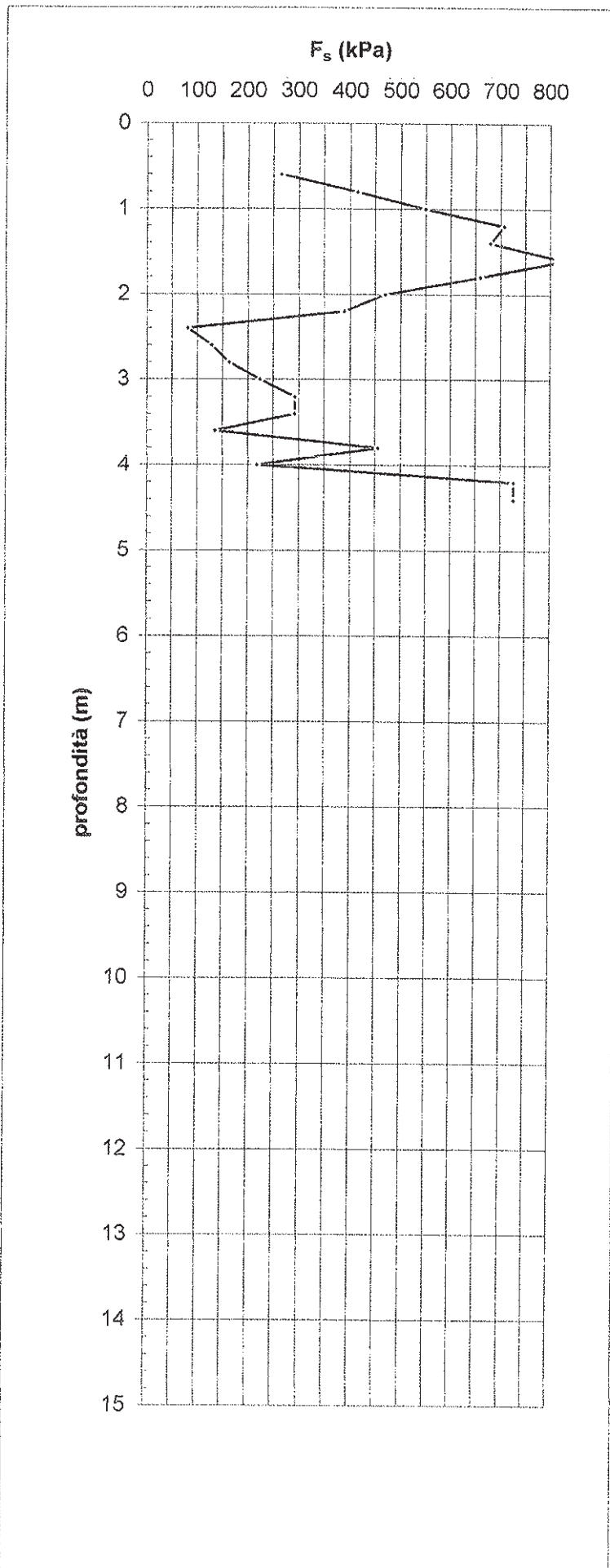
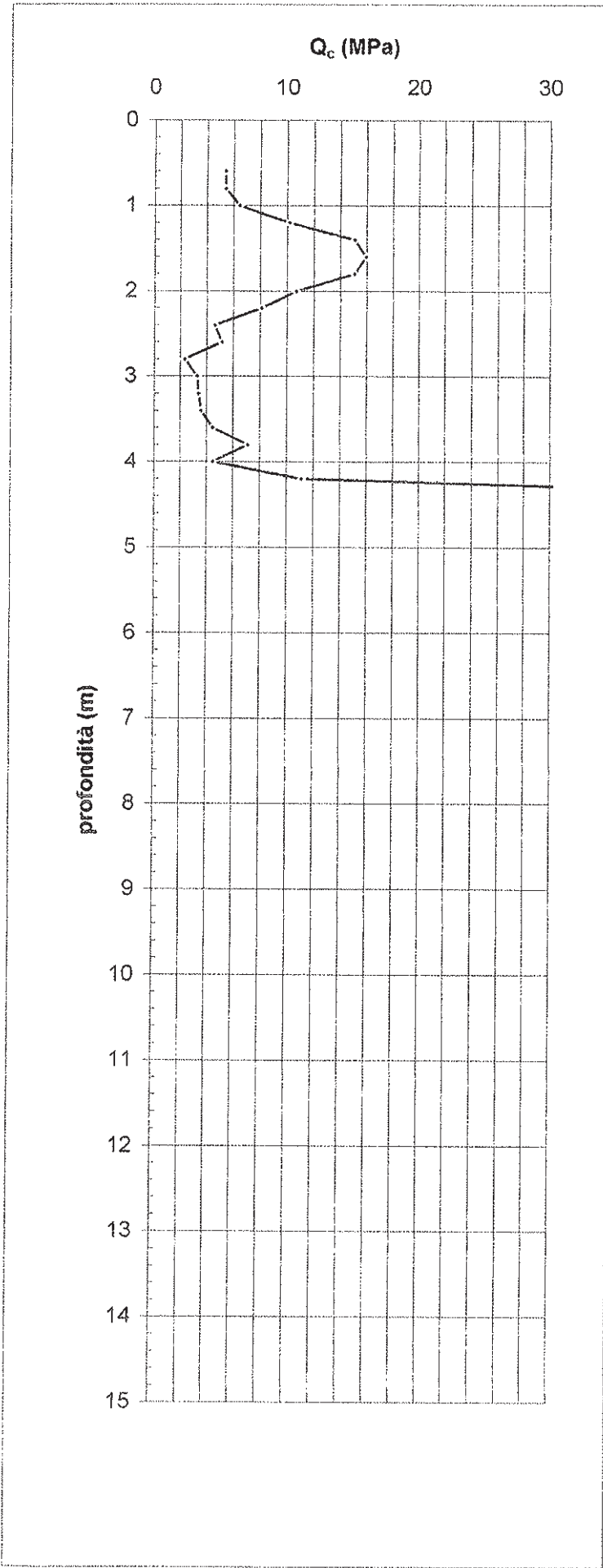
*peso aste interne:* 13,5 N/m  
*passo di lettura:* 0,2 m

### DATI DI PROVA

*data di esecuzione:* 07/10/2008

<i>prof. inizio prova (m):</i>	0	da p.c.
<i>prof. fine prova (m):</i>	4.40	da p.c.
<i>totale metri prova:</i>	4.4	
<i>livello di falda (m):</i>	4.03	da p.c.

profondità base strato da p.c. (m)	Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - $q_c$ (MPa)	Attrito laterale unitario - $f_s$ (kPa)	$q_c/f_s$	note
	punta	punta + manicotto				
0.20	non mis.	non mis.				
0.40	non mis.	non mis.				
0.60	5.39	5.98	5.39	265.1	20.3	
0.80	5.38	9.21	5.38	414.7	13.0	
1.00	6.46	12.44	6.46	550.6	11.7	anello allargatore
1.20	10.18	18.13	10.18	707.0	14.4	misure poco stabili



**PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT**

*norma di riferimento:* Raccomandazioni AGI 1977  
*deviazioni dalla norma:* nessuna

verbale di accettazione n° **08C048** del **02/10/2008**  
 certificato di prova n° **0892/08** del **07/11/2008**

Comm.te: **Le Ninfee srl**  
 Località: **Livorno - Nuovo Centro**  
 prova n° **CPT 2**

**CARATTERISTICHE DEL SISTEMA**

*penetrometro:* statico RMU 190 kN, autoancorante  
*sistema di ancoraggio:* elicoidi diam.220 mm - prof. circa 0,9 m da p. c.  
*sistema di misura:* cella di carico di sommità NBC elettronica con visualizzatore Pagani - risoluz. 98 N  
*punta:* meccanica tipo Begemann con manicotto di attrito

<i>diametro</i>	3.75	cm
<i>area punta</i>	10	cm <sup>2</sup>
<i>angolo di apertura</i>	60	°
<i>area manicotto</i>	150	cm <sup>2</sup>

*peso aste interne:* 13,5 N/m  
*passo di lettura:* 0,2 m

**DATI DI PROVA**

*data di esecuzione:* 06/10/2008

<i>prof. inizio prova (m):</i>	0	da p.c.
<i>prof. fine prova (m):</i>	15.00	da p.c.
<i>totale metri prova:</i>	15	
<i>livello di falda (m):</i>	3.19	da p.c.

<i>profondità base strato da p.c. (m)</i>	<i>Forza assiale (kN)</i>		<i>Resistenza alla punta - q<sub>c</sub> (MPa)</i>	<i>Attrito laterale unitario - f<sub>s</sub> (kPa)</i>	<i>q<sub>c</sub>/f<sub>s</sub></i>	<i>note</i>
	<i>punta</i>	<i>punta + manicotto</i>				
0.20	non mis.	non mis.				
0.40	non mis.	non mis.				
0.60	9.41	12.35	9.41	516.7	18.2	misure poco stabili
0.80	4.01	11.46	4.01	217.5	18.4	
1.00	3.03	6.17	3.03	231.1	13.1	misure poco stabili
1.20	5.77	9.11	5.77	339.9	17.0	anello allargatore



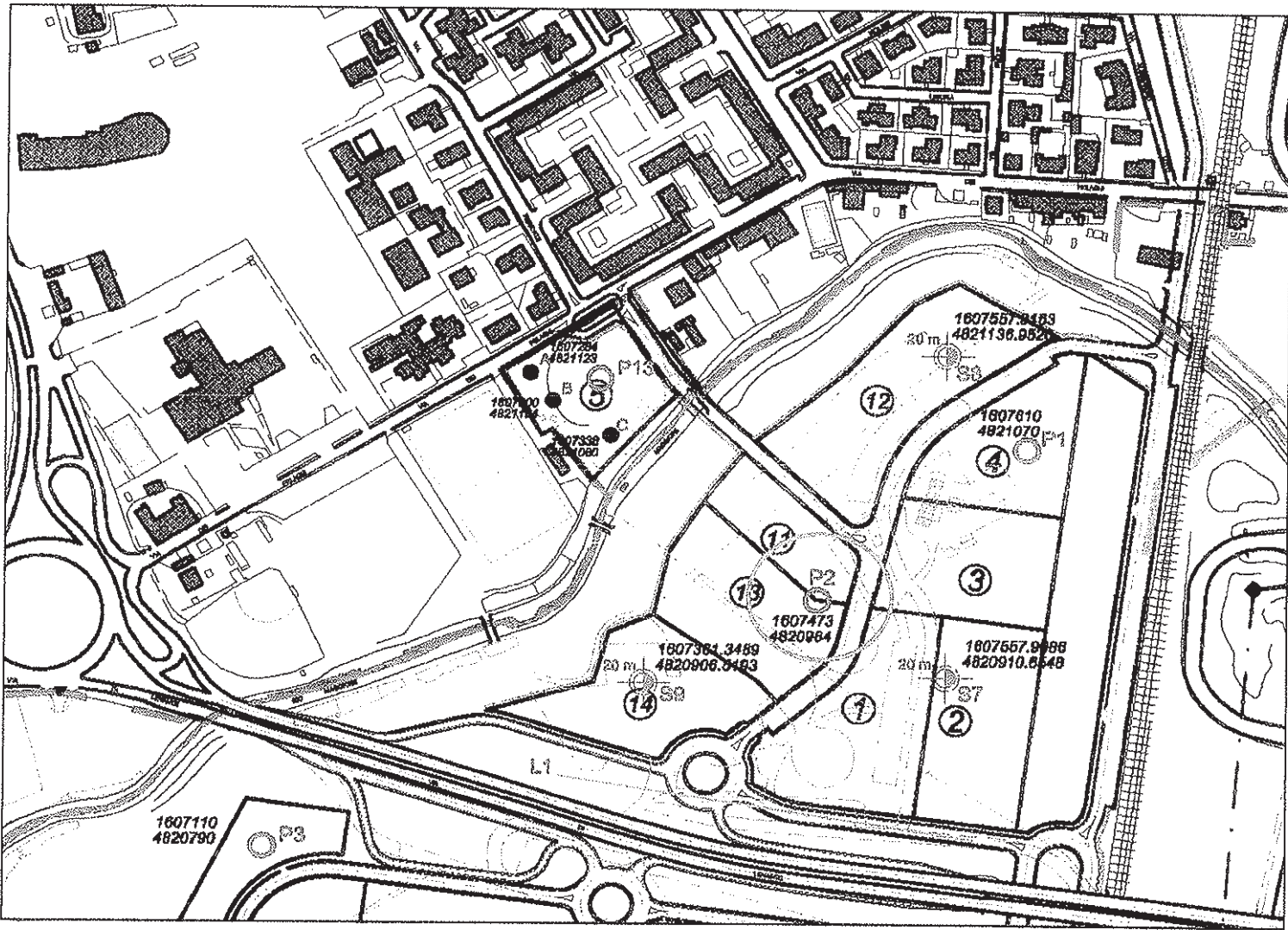


profondità da p.c. (m)	Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - $q_c$ (MPa)	Attrito laterale unitario - $f_s$ (kPa)	$q_c/f_s$	note
	punta	punta + manicotto				
10.20	2.51	4.48	2.51	136.0	18.5	
10.40	2.51	4.47	2.51	142.8	17.6	
10.60	2.61	4.67	2.61	136.0	19.2	
10.80	2.51	4.47	2.51	142.8	17.6	
11.00	2.60	4.66	2.60	142.8	18.2	
11.20	2.60	4.66	2.60	163.2	15.9	
11.40	2.69	5.05	2.69	163.2	16.5	
11.60	2.69	5.05	2.69	156.4	17.2	
11.80	2.79	5.04	2.79	163.2	17.1	
12.00	2.69	5.04	2.69	156.4	17.2	
12.20	2.78	5.04	2.78	142.8	19.5	
12.40	2.68	4.74	2.68	142.8	18.8	
12.60	2.68	4.74	2.68	142.8	18.8	
12.80	2.68	4.74	2.68	156.4	17.1	
13.00	2.67	4.93	2.67	163.2	16.4	
13.20	2.87	5.22	2.87	170.0	16.9	
13.40	2.86	5.32	2.86	163.2	17.6	
13.60	2.76	5.12	2.76	170.0	16.3	
13.80	2.86	5.31	2.86	176.8	16.2	
14.00	2.76	5.31	2.76	176.8	15.6	
14.20	2.95	5.50	2.95	197.1	15.0	
14.40	4.52	7.36	4.52	210.7	21.4	misure poco stabili
14.60	3.14	6.18	3.14	136.0	23.1	
14.80	3.04	5.00	3.04	163.2	18.6	
15.00	3.24	5.59	3.24	163.2	19.8	



# UBICAZIONE DELLA PROVA

Livorno - Nuovo Centro



**PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT**
*norma di riferimento:* Raccomandazioni AGI 1977

*deviazioni dalla norma:* nessuna

verbale di accettazione n° **08C048** del **02/10/2008**  
 certificato di prova n° **0893/08** del **07/11/2008**

 Comm.te: **Le Ninfee srl**

 Località: **Livorno - Nuovo Centro**

 prova n° **CPT 3**
**CARATTERISTICHE DEL SISTEMA**
*penetrometro:* statico RMU 190 kN, autoancorante

*sistema di ancoraggio:* elicoidi diam.220 mm - prof. circa 0,9 m da p. c.

*sistema di misura:* cella di carico di sommità NBC elettronica con visualizzatore Pagani - risoluz. 98 N

*punta:* meccanica tipo Begemann con manicotto di attrito

<i>diametro</i>	3.75	cm
<i>area punta</i>	10	cm <sup>2</sup>
<i>angolo di apertura</i>	60	°
<i>area manicotto</i>	150	cm <sup>2</sup>

*peso aste interne:* 13,5 N/m

*passo di lettura:* 0,2 m

**DATI DI PROVA**
*data di esecuzione:* 07/10/2008

*prof. inizio prova (m):* 0 da p.c.

*prof. fine prova (m):* 1.20 da p.c.

*totale metri prova:* 1.2

*livello di falda (m):* > 1,2 da p.c.

<i>profondità base strato da p.c. (m)</i>	<i>Forza assiale (kN)</i>		<i>Resistenza alla punta - q<sub>c</sub> (MPa)</i>	<i>Attrito laterale unitario - f<sub>s</sub> (kPa)</i>	<i>q<sub>c</sub>/f<sub>s</sub></i>	<i>note</i>
	<i>punta</i>	<i>punta + manicotto</i>				
0.20	non mis.	non mis.				
0.40	non mis.	non mis.				
0.60	9.80	10.39	9.80	231.1	42.4	anello allargatore
0.80	9.70	13.03	9.70	482.7	20.1	
1.00	16.76	23.72	16.76	3167.9	5.3	
1.20	15.38	61.08	15.38	3167.9	4.9	misure instabili

*note:* prova interrotta per raggiunti limiti di spinta del sistema

certificato di prova n° 0893/08

pagina 1 di 3

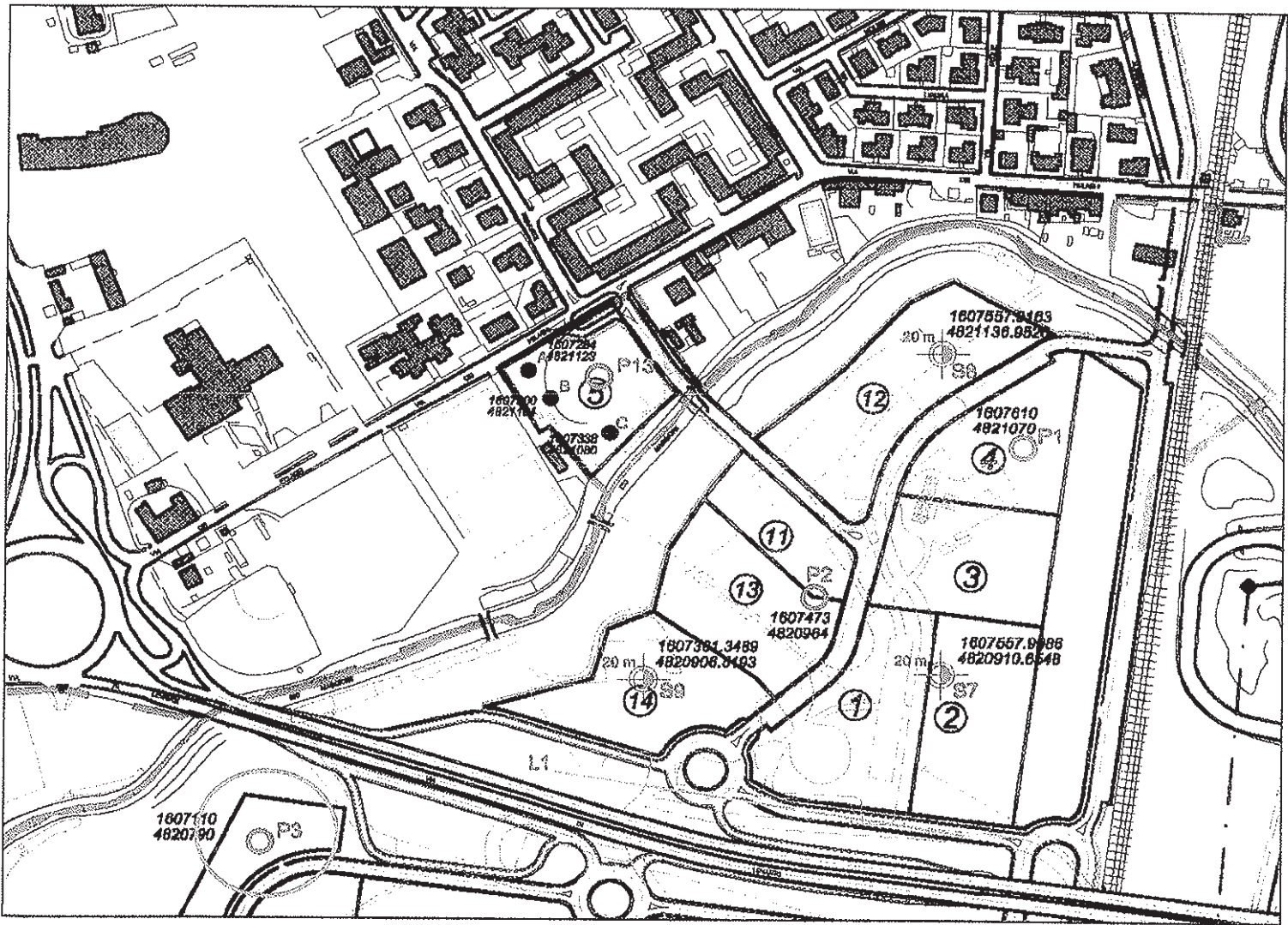
il Direttore del laboratorio

**ICHTNOGEO S.A.S.**  
 lo sperimentatore  
 Dr. Renzo Cavallini



# UBICAZIONE DELLA PROVA

Livorno - Nuovo Centro





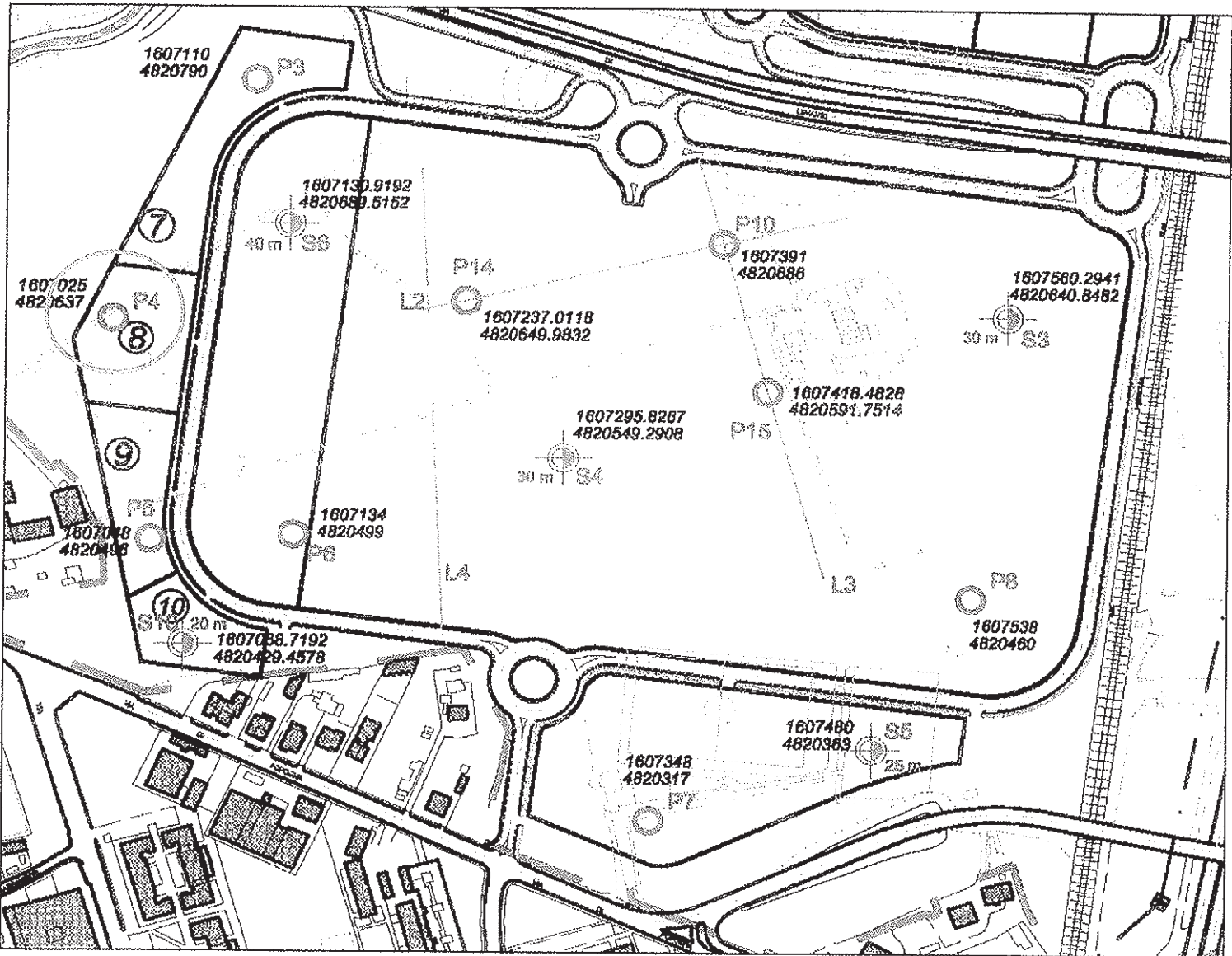
profondità da p.c. (m)	Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - $q_c$ (MPa)	Attrito laterale unitario - $f_s$ (kPa)	$q_c / f_s$	note
	punta	punta + manicotto				
1.40	28.72	39.80	28.72	1679.1	17.1	
1.60	28.52	52.74	28.52	550.6	51.8	misure instabili
1.80	34.10	42.05	34.10	931.3	36.6	misure instabili

note: prova interrotta per raggiunti limiti di spinta del sistema



# UBICAZIONE DELLA PROVA

Livorno - Nuovo Centro



**PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT***norma di riferimento:* Raccomandazioni AGI 1977*deviazioni dalla norma:* nessuna

verbale di accettazione n° **08C048** del **02/10/2008**  
 certificato di prova n° **0895/08** del **07/11/2008**

Comm.te: **Le Ninfee srl**Località: **Livorno - Nuovo Centro**prova n° **CPT 5****CARATTERISTICHE DEL SISTEMA***penetrometro:* statico RMU 190 kN, autoancorante*sistema di ancoraggio:* elicoidi diam.220 mm - prof. circa 1,1 m da p. c.*sistema di misura:* cella di carico di sommità NBC elettronica con visualizzatore Pagani - risoluz. 98 N*punta:* meccanica tipo Begemann con manicotto di attrito

<i>diametro</i>	3.75	cm
<i>area punta</i>	10	cm <sup>2</sup>
<i>angolo di apertura</i>	60	°
<i>area manicotto</i>	150	cm <sup>2</sup>

*peso aste interne:* 13,5 N/m*passo di lettura:* 0,2 m**DATI DI PROVA***data di esecuzione:* 10/10/2008*prof. inizio prova (m):* 0 da p.c.*prof. fine prova (m):* 15.00 da p.c.*totale metri prova:* 15*livello di falda (m):* 4.65 da p.c.

<i>profondità base strato da p.c. (m)</i>	<i>Forza assiale (kN)</i>		<i>Resistenza alla punta - <math>q_c</math> (MPa)</i>	<i>Attrito laterale unitario - <math>f_s</math> (kPa)</i>	$q_c/f_s$	<i>note</i>
	<i>punta</i>	<i>punta + manicotto</i>				
0.20	non mis.	non mis.				
0.40	non mis.	non mis.				
0.60	8.43	9.41	8.43	81.6	103.3	
0.80	13.03	14.21	13.03	380.7	34.2	
1.00	12.83	18.33	12.83	482.7	26.6	anello allargatore
1.20	14.50	21.46	14.50	611.8	23.7	



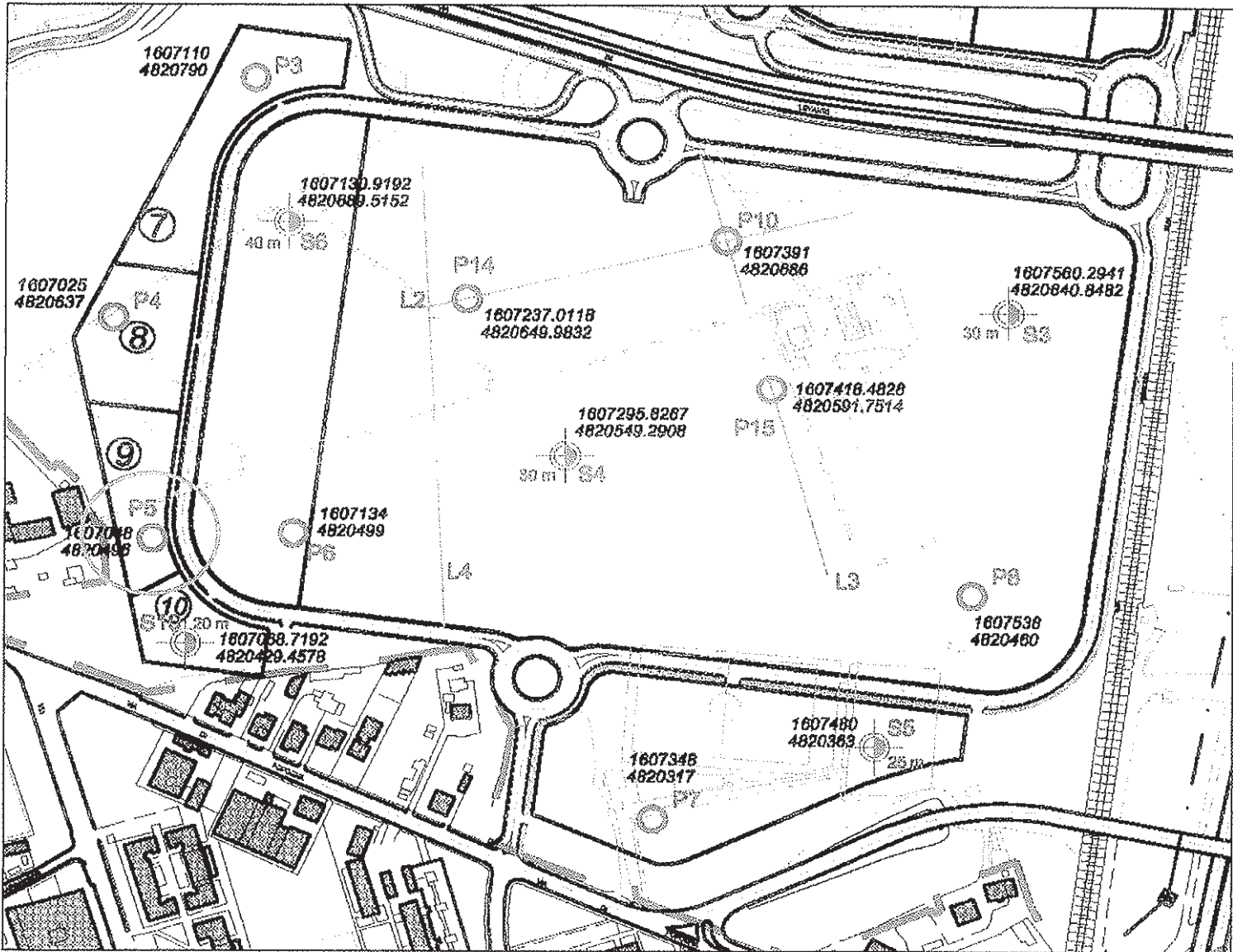
profondità da p.c. (m)	Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - $q_c$ (MPa)	Attrito laterale unitario - $f_s$ (kPa)	$q_c f_s$	note
	punta	punta + manicotto				
10.20	2.91	5.55	2.91	176.8	16.4	
10.40	3.00	5.55	3.00	176.8	17.0	
10.60	2.90	5.45	2.90	176.8	16.4	
10.80	2.90	5.45	2.90	176.8	16.4	
11.00	2.99	5.54	2.99	183.5	16.3	
11.20	3.48	6.13	3.48	197.1	17.7	
11.40	3.28	6.13	3.28	176.8	18.6	
11.60	3.48	6.03	3.48	203.9	17.0	
11.80	3.38	6.32	3.38	203.9	16.6	
12.00	3.57	6.51	3.57	197.1	18.1	
12.20	3.37	6.21	3.37	203.9	16.5	
12.40	3.37	6.31	3.37	197.1	17.1	
12.60	3.36	6.21	3.36	190.3	17.7	
12.80	3.56	6.30	3.56	203.9	17.4	
13.00	3.56	6.50	3.56	197.1	18.0	
13.20	3.95	6.79	3.95	231.1	17.1	
13.40	3.75	7.08	3.75	231.1	16.2	
13.60	4.04	7.37	4.04	237.9	17.0	
13.80	4.43	7.86	4.43	251.5	17.6	
14.00	4.33	7.96	4.33	224.3	19.3	
14.20	4.32	7.56	4.32	231.1	18.7	
14.40	4.52	7.85	4.52	244.7	18.5	
14.60	4.52	8.05	4.52	237.9	19.0	
14.80	4.61	8.04	4.61	244.7	18.8	
15.00	4.80	8.33	4.80	244.7	19.6	





# UBICAZIONE DELLA PROVA

Livorno - Nuovo Centro



**PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT***norma di riferimento:* Raccomandazioni AGI 1977*deviazioni dalla norma:* nessuna

verbale di accettazione n° **08C048** del **02/10/2008**  
 certificato di prova n° **0896/08** del **07/11/2008**

Comm.te: **Le Ninfee sri**Località: **Livorno - Nuovo Centro**prova n° **CPT 6****CARATTERISTICHE DEL SISTEMA***penetrometro:* statico RMU 190 kN, autoancorante*sistema di ancoraggio:* elicoidi diam.220 mm - prof. circa 0,9 m da p. c.*sistema di misura:* cella di carico di sommità NBC elettronica con visualizzatore Pagani - risoluz. 98 N*punta:* meccanica tipo Begemann con manicotto di attrito

<i>diametro</i>	3.75	cm
<i>area punta</i>	10	cm <sup>2</sup>
<i>angolo di apertura</i>	60	°
<i>area manicotto</i>	150	cm <sup>2</sup>

*peso aste interne:* 13,5 N/m*passo di lettura:* 0,2 m**DATI DI PROVA***data di esecuzione:* 07/10/2008*prof. inizio prova (m):* 0 da p.c.*prof. fine prova (m):* 15.00 da p.c.*totale metri prova:* 15*livello di falda (m):* 2.55 da p.c.

<i>profondità base strato da p.c. (m)</i>	<i>Forza assiale (kN)</i>		<i>Resistenza alla punta - <math>q_c</math> (MPa)</i>	<i>Attrito laterale unitario - <math>f_s</math> (kPa)</i>	$q_c/f_s$	<i>note</i>
	<i>punta</i>	<i>punta + manicotto</i>				
0.20	non mis.	non mis.				
0.40	non mis.	non mis.				
0.60	8.92	11.37	8.92	183.5	48.6	
0.80	11.46	14.11	11.46	632.2	18.1	
1.00	12.05	21.17	12.05	829.4	14.5	anello allargatore
1.20	8.52	20.48	8.52	741.0	11.5	misure poco stabili

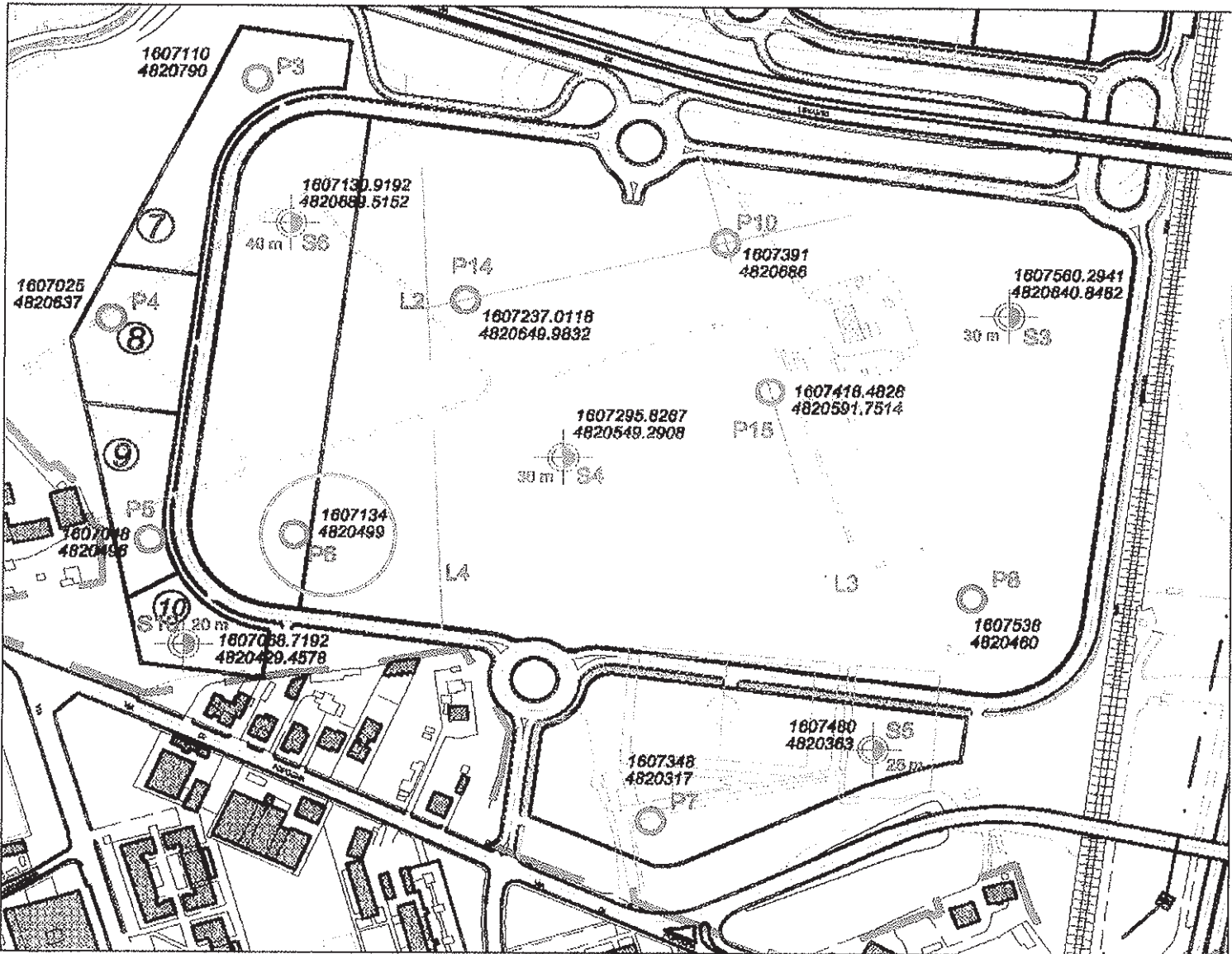


profondità da p.c. (m)	Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - $q_c$ (MPa)	Attrito laterale unitario - $f_s$ (kPa)	$q_c/f_s$	note
	punta	punta + manicotto				
10.20	3.59	5.85	3.59	156.4	23.0	
10.40	3.88	6.14	3.88	156.4	24.8	
10.60	3.88	6.14	3.88	156.4	24.8	
10.80	3.88	6.13	3.88	149.6	25.9	
11.00	3.97	6.13	3.97	149.6	26.6	
11.20	3.87	6.03	3.87	156.4	24.8	
11.40	3.87	6.13	3.87	156.4	24.8	
11.60	3.67	5.93	3.67	149.6	24.6	
11.80	3.67	5.83	3.67	149.6	24.5	
12.00	3.57	5.73	3.57	149.6	23.9	
12.20	3.66	5.82	3.66	163.2	22.5	
12.40	3.76	6.11	3.76	163.2	23.0	
12.60	3.86	6.21	3.86	149.6	25.8	
12.80	3.85	6.01	3.85	156.4	24.6	
13.00	3.85	6.11	3.85	170.0	22.7	
13.20	4.04	6.50	4.04	142.8	28.3	
13.40	4.14	6.20	4.14	163.2	25.4	
13.60	4.14	6.49	4.14	149.6	27.7	
13.80	4.23	6.39	4.23	170.0	24.9	
14.00	4.13	6.58	4.13	190.3	21.7	
14.20	4.32	7.07	4.32	203.9	21.2	
14.40	4.42	7.36	4.42	197.1	22.4	
14.60	4.42	7.26	4.42	203.9	21.7	
14.80	4.41	7.36	4.41	210.7	20.9	
15.00	4.41	7.45	4.41	203.9	21.6	



# UBICAZIONE DELLA PROVA

Livorno - Nuovo Centro



**PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT***norma di riferimento:* Raccomandazioni AGI 1977*deviazioni dalla norma:* nessuna

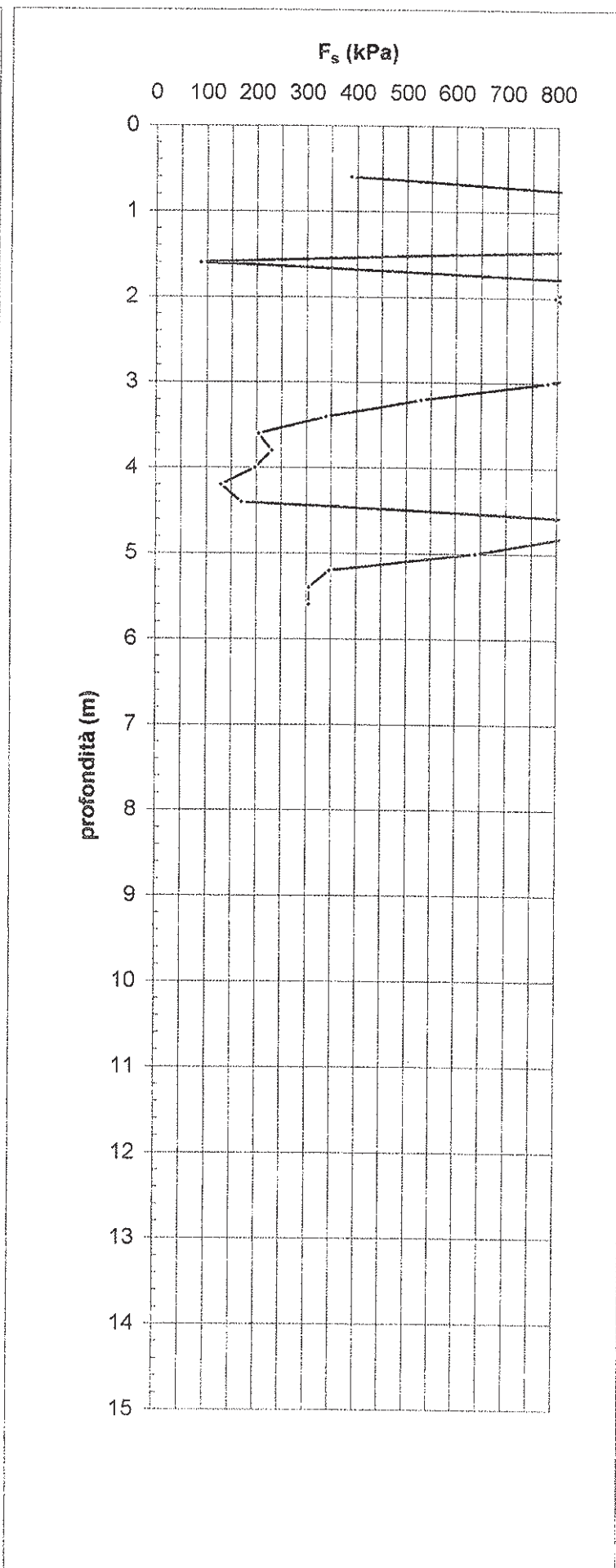
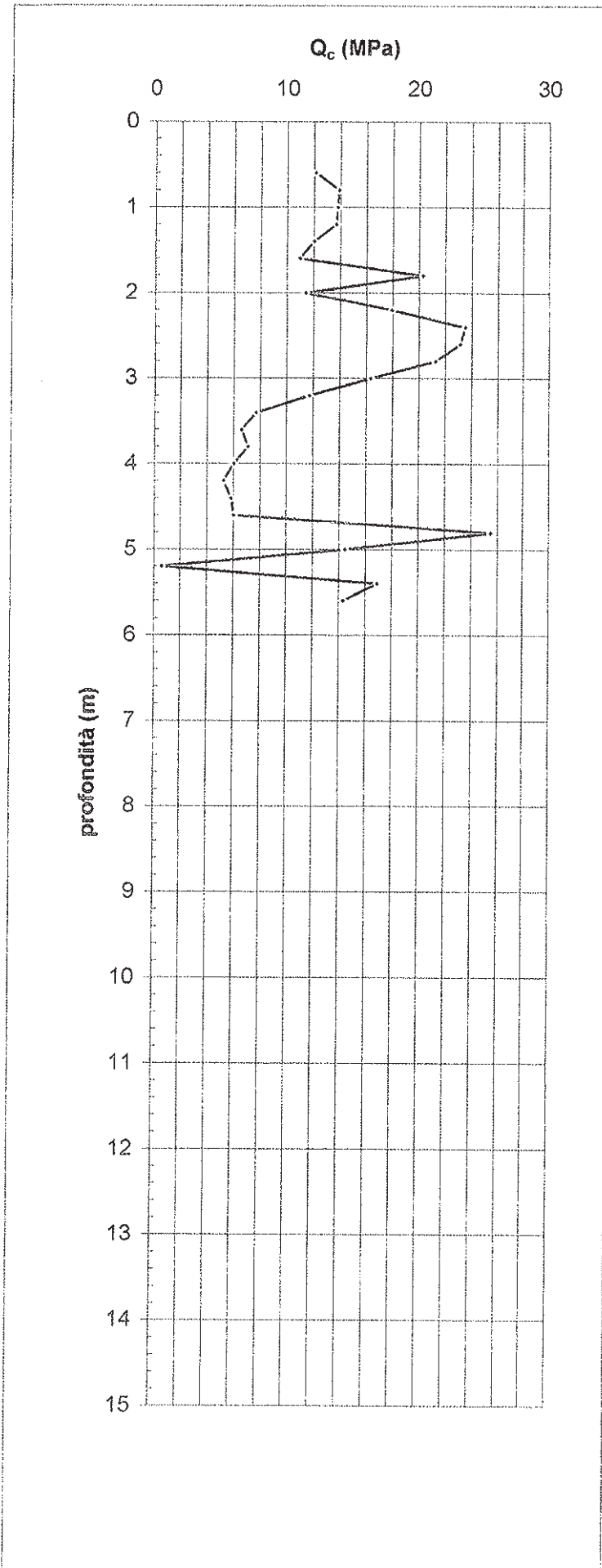
verbale di accettazione n° **08C048** del **02/10/2008**  
 certificato di prova n° **0897/08** del **07/11/2008**

Comm.te: **Le Ninfee srl**Località: **Livorno - Nuovo Centro**prova n° **CPT 7****CARATTERISTICHE DEL SISTEMA***penetrometro:* statico RMU 190 kN, autoancorante*sistema di ancoraggio:* elicoidi diam.220 mm - prof. circa 0,9 m da p. c.*sistema di misura:* cella di carico di sommità NBC elettronica con visualizzatore Pagani - risoluz. 98 N*punta:* meccanica tipo Begemann con manicotto di attrito

<i>diametro</i>	3.75	cm
<i>area punta</i>	10	cm <sup>2</sup>
<i>angolo di apertura</i>	60	°
<i>area manicotto</i>	150	cm <sup>2</sup>

*peso aste interne:* 13,5 N/m*passo di lettura:* 0,2 m**DATI DI PROVA***data di esecuzione:* 13/10/2008*prof. inizio prova (m):* 0 da p.c.*prof. fine prova (m):* 5.60 da p.c.*totale metri prova:* 5.6*livello di falda (m):* 4.09 da p.c.

profondità base strato da p.c. (m)	Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - $q_c$ (MPa)	Attrito laterale unitario - $f_s$ (kPa)	$q_c/f_s$	note
	punta	punta + manicotto				
0.20	non mis.	non mis.				
0.40	non mis.	non mis.				
0.60	12.15	13.23	12.15	387.5	31.4	
0.80	13.92	19.51	13.92	944.9	14.7	
1.00	13.82	27.45	13.82	1006.1	13.7	
1.20	13.71	28.23	13.71	1182.9	11.6	anello allargatore



**PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT***norma di riferimento:* Raccomandazioni AGI 1977*deviazioni dalla norma:* nessuna

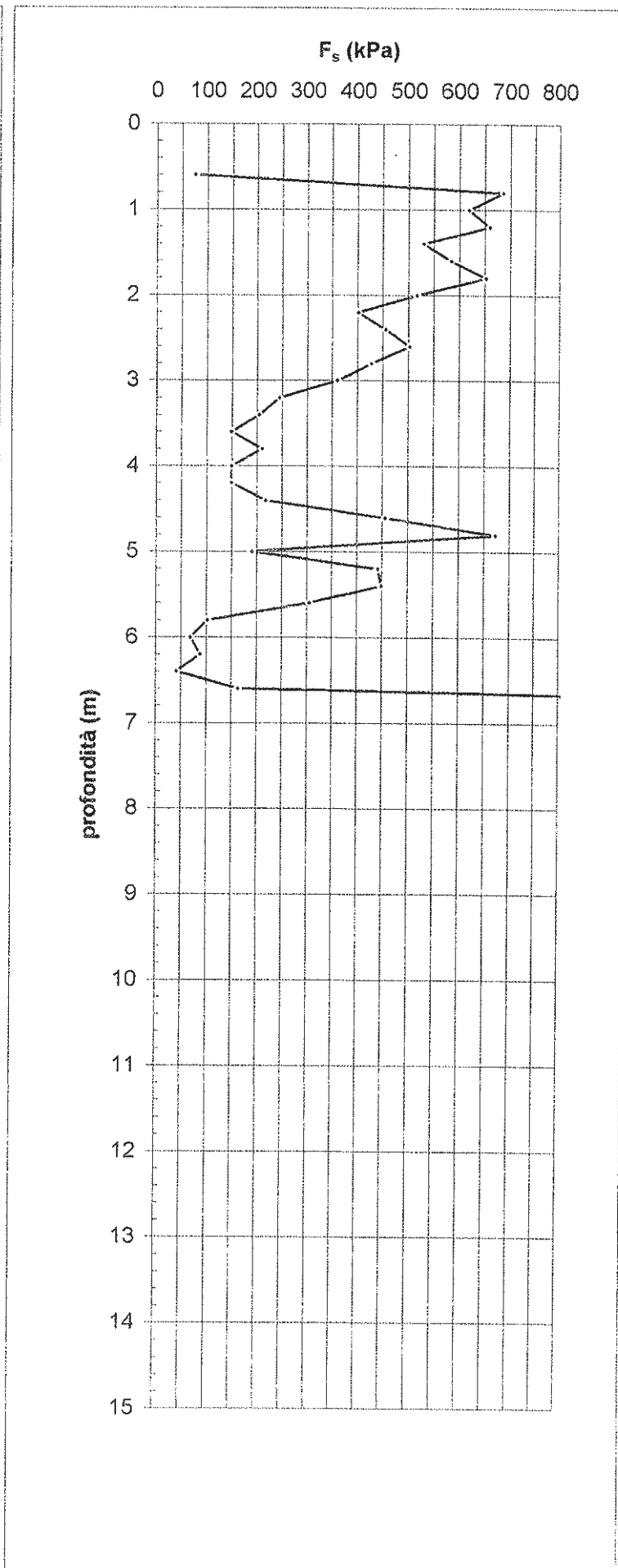
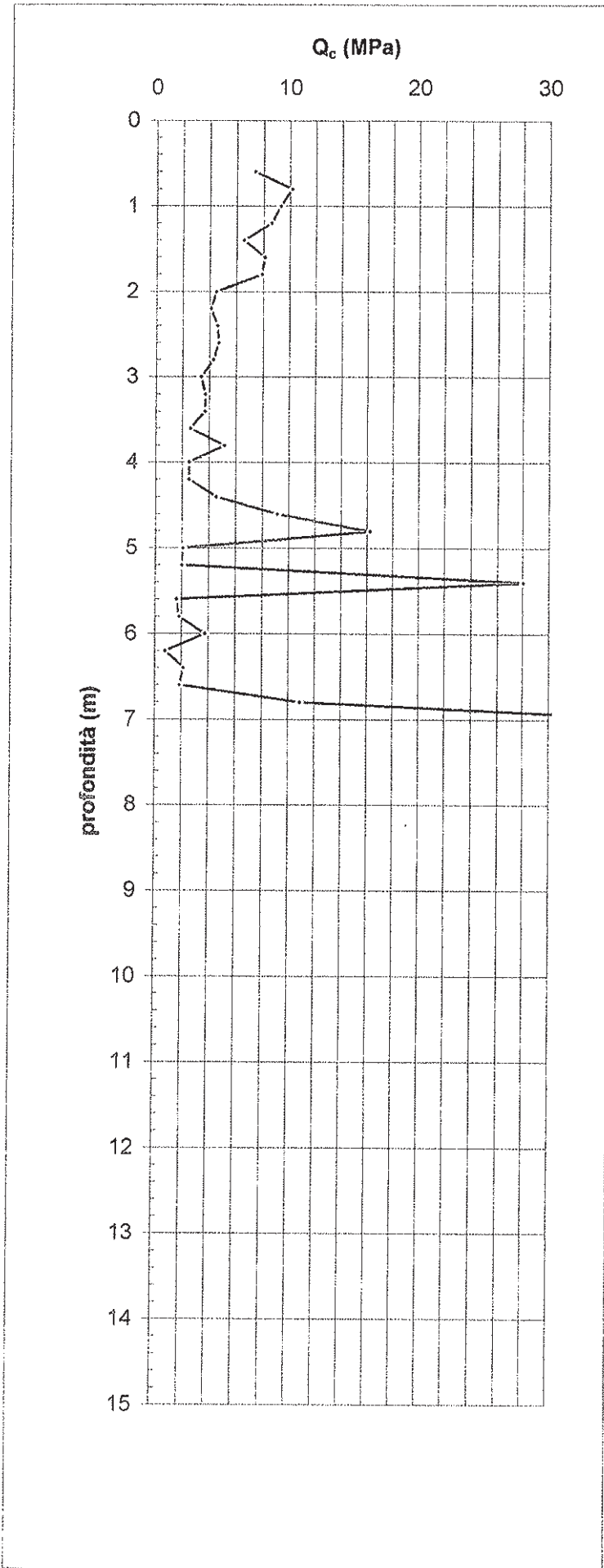
verbale di accettazione n° **08C048** del **02/10/2008**  
 certificato di prova n° **0898/08** del **07/11/2008**

Comm.te: **Le Ninfee srl**Località: **Livorno - Nuovo Centro**prova n° **CPT 8****CARATTERISTICHE DEL SISTEMA***penetrometro:* statico RMU 190 kN, autoancorante*sistema di ancoraggio:* elicoidi diam.220 mm - prof. circa 0,9 m da p. c.*sistema di misura:* cella di carico di sommità NBC elettronica con visualizzatore Pagani - risoluz. 98 N*punta:* meccanica tipo Begemann con manicotto di attrito

<i>diametro</i>	3.75	cm
<i>area punta</i>	10	cm <sup>2</sup>
<i>angolo di apertura</i>	60	°
<i>area manicotto</i>	150	cm <sup>2</sup>

*peso aste interne:* 13,5 N/m*passo di lettura:* 0,2 m**DATI DI PROVA***data di esecuzione:* 08/10/2008*prof. inizio prova (m):* 0 da p.c.*prof. fine prova (m):* 7.00 da p.c.*totale metri prova:* 7*livello di falda (m):* 4.81 da p.c.

<i>profondità base strato da p.c. (m)</i>	<i>Forza assiale (kN)</i>		<i>Resistenza alla punta - <math>q_c</math> (MPa)</i>	<i>Attrito laterale unitario - <math>f_s</math> (kPa)</i>	<i><math>q_c/f_s</math></i>	<i>note</i>
	<i>punta</i>	<i>punta + manicotto</i>				
0.20	non mis.	non mis.				
0.40	non mis.	non mis.				
0.60	7.35	9.41	7.35	74.8	98.3	
0.80	10.19	11.27	10.19	686.6	14.8	
1.00	9.30	19.21	9.30	618.6	15.0	
1.20	8.62	17.54	8.62	659.4	13.1	





**PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT**

*norma di riferimento:* Raccomandazioni AGI 1977  
*deviazioni dalla norma:* nessuna

verbale di accettazione n° **08C048** del **02/10/2008**  
certificato di prova n° **0899/08** del **07/11/2008**

Comm.te: **Le Ninfee srl**  
Località: **Livorno - Nuovo Centro**  
prova n° **CPT 9**

**CARATTERISTICHE DEL SISTEMA**

*penetrometro:* statico RMU 190 kN, autoancorante  
*sistema di ancoraggio:* elicoidi diam.220 mm - prof. circa 0,9 m da p. c.  
*sistema di misura:* cella di carico di sommità NBC elettronica con visualizzatore Pagani - risoluz. 98 N  
*punta:* meccanica tipo Begemann con manicotto di attrito

<i>diametro</i>	3.75	cm
<i>area punta</i>	10	cm <sup>2</sup>
<i>angolo di apertura</i>	60	°
<i>area manicotto</i>	150	cm <sup>2</sup>

*peso aste interne:* 13,5 N/m  
*passo di lettura:* 0,2 m

**DATI DI PROVA**

*data di esecuzione:* 13/10/2008

<i>prof. inizio prova (m):</i>	0	da p.c.
<i>prof. fine prova (m):</i>	10.40	da p.c.
<i>totale metri prova:</i>	10.4	
<i>livello di falda (m):</i>	4.46	da p.c.

<i>profondità base strato da p.c. (m)</i>	<i>Forza assiale (kN)</i>		<i>Resistenza alla punta - <math>q_c</math> (MPa)</i>	<i>Attrito laterale unitario - <math>f_s</math> (kPa)</i>	$q_c/f_s$	<i>note</i>
	<i>punta</i>	<i>punta + manicotto</i>				
0.20	non mis.	non mis.				
0.40	non mis.	non mis.				
0.60	7.25	8.62	7.25	183.5	39.5	
0.80	5.68	8.33	5.68	183.5	30.9	
1.00	8.23	10.87	8.23	394.3	20.9	
1.20	12.44	18.13	12.44	1040.1	12.0	



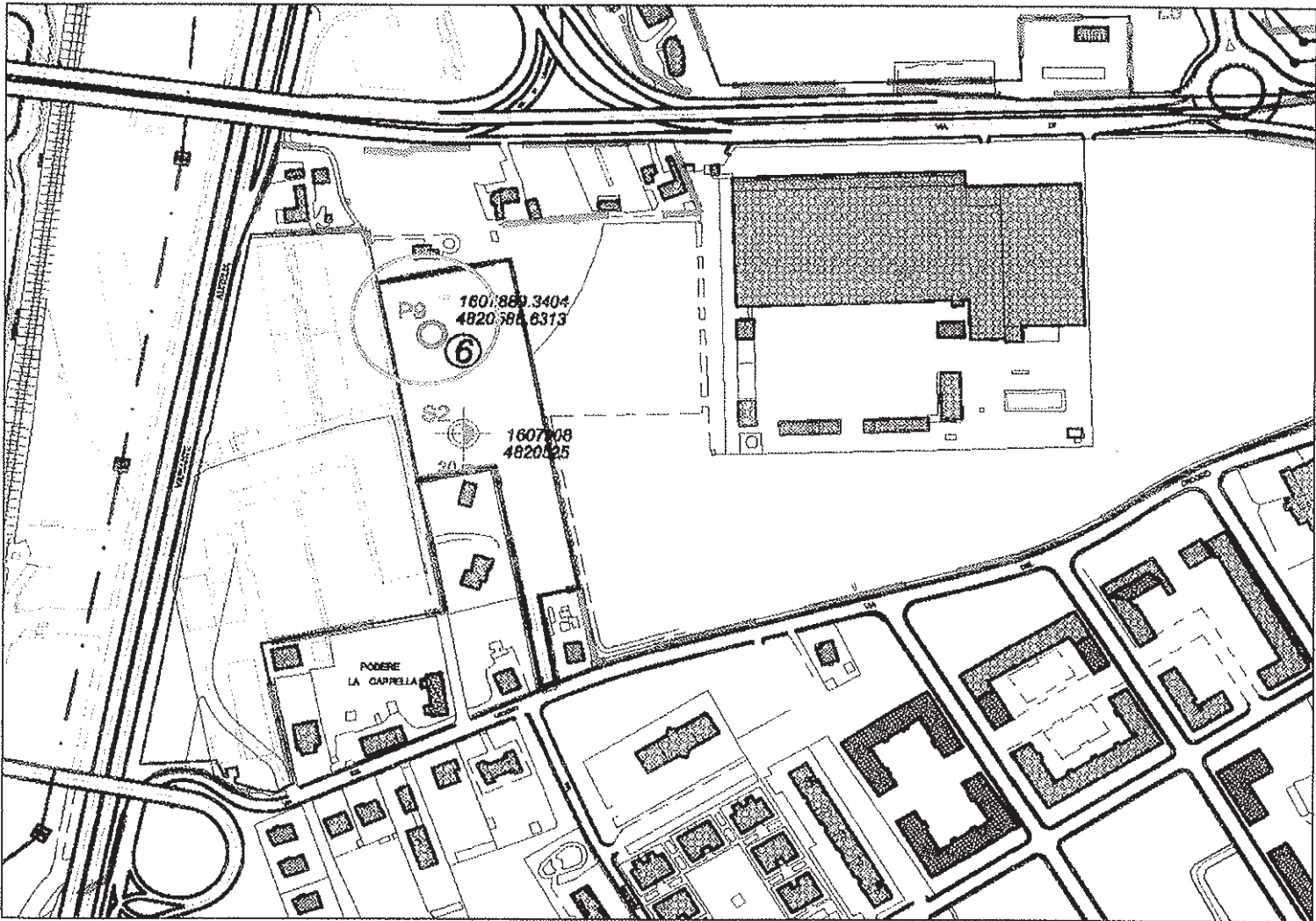
profondità da p.c. (m)	Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - $q_c$ (MPa)	Attrito laterale unitario - $f_s$ (kPa)	$q_c f_s$	note
	punta	punta + manicotto				
10.20	7.52	9.97	7.52	129.2	58.2	
10.40	12.51	14.38	12.51	129.2	96.9	misure instabili

note: prova interrotta per raggiunti limiti di spinta del sistema



UBICAZIONE DELLA PROVA

Livorno - Nuovo Centro



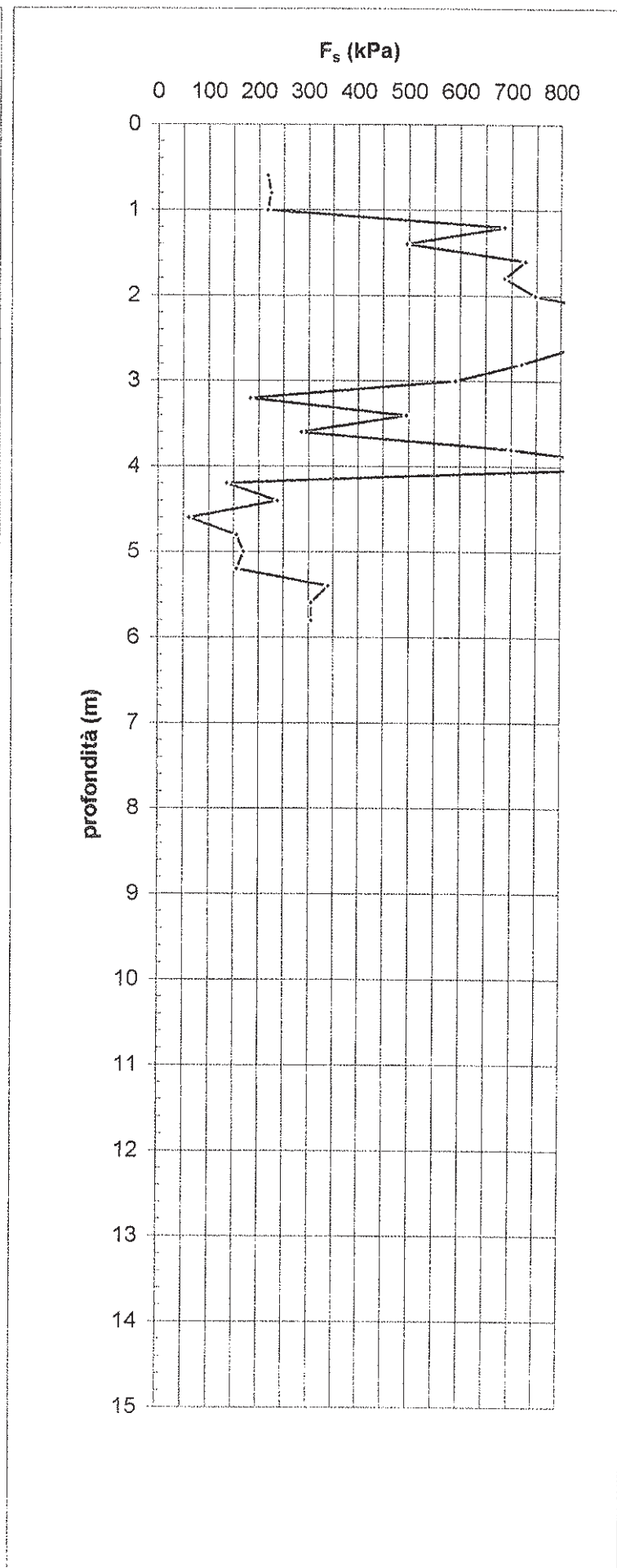
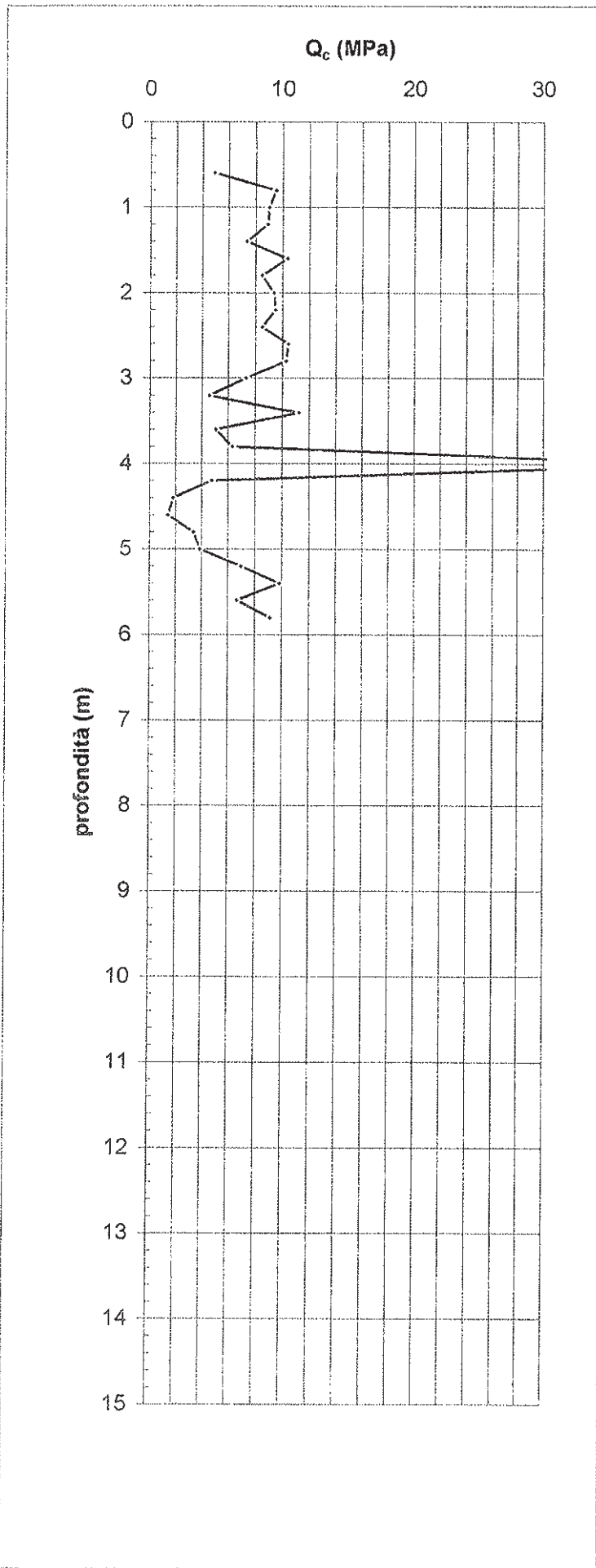
**PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT***norma di riferimento:* Raccomandazioni AGI 1977  
*deviazioni dalla norma:* nessunaverbale di accettazione n° **08C048** del **02/10/2008**  
certificato di prova n° **0900/08** del **07/11/2008**Comm.te: **Le Ninfee srl**  
Località: **Livorno - Nuovo Centro**  
prova n° **CPT 10****CARATTERISTICHE DEL SISTEMA***penetrometro:* statico RMU 190 kN, autoancorante  
*sistema di ancoraggio:* elicoidi diam.220 mm - prof. circa 0,9 m da p. c.  
*sistema di misura:* cella di carico di sommità NBC elettronica con visualizzatore Pagani - risoluz. 98 N  
*punta:* meccanica tipo Begemann con manicotto di attrito  

<i>diametro</i>	3.75	cm
<i>area punta</i>	10	cm <sup>2</sup>
<i>angolo di apertura</i>	60	°
<i>area manicotto</i>	150	cm <sup>2</sup>

  
*peso aste interne:* 13,5 N/m  
*passo di lettura:* 0,2 m**DATI DI PROVA***data di esecuzione:* 13/10/2008  

<i>prof. inizio prova (m):</i>	0	da p.c.
<i>prof. fine prova (m):</i>	5.80	da p.c.
<i>totale metri prova:</i>	5.8	
<i>livello di falda (m):</i>	3.80	da p.c.

profondità base strato da p.c. (m)	Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - $q_c$ (MPa)	Attrito laterale unitario - $f_s$ (kPa)	$q_c/f_s$	note
	punta	punta + manicotto				
0.20	non mis.	non mis.				
0.40	non mis.	non mis.				
0.60	4.90	6.07	4.90	217.5	22.5	
0.80	9.50	12.64	9.50	224.3	42.4	
1.00	9.01	12.25	9.01	217.5	41.4	
1.20	8.91	12.05	8.91	686.6	13.0	



### PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT

*norma di riferimento:* Raccomandazioni AGI 1977  
*deviazioni dalla norma:* nessuna

verbale di accettazione n° **08C048** del **02/10/2008**  
 certificato di prova n° **0901/08** del **07/11/2008**

Comm.te: **Le Ninfee srl**  
 Località: **Livorno - Nuovo Centro**  
 prova n° **CPT 11**

### CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

*penetrometro:* statico RMU 190 kN, autoancorante  
*sistema di ancoraggio:* elicoidi diam.220 mm - prof. circa 0,9 m da p. c.  
*sistema di misura:* cella di carico di sommità NBC elettronica con visualizzatore Pagani - risoluz. 98 N  
*punta:* meccanica tipo Begemann con manicotto di attrito

<i>diametro</i>	3.75	cm
<i>area punta</i>	10	cm <sup>2</sup>
<i>angolo di apertura</i>	60	°
<i>area manicotto</i>	150	cm <sup>2</sup>

*peso aste interne:* 13,5 N/m  
*passo di lettura:* 0,2 m

### DATI DI PROVA

*data di esecuzione:* 10/10/2008

<i>prof. inizio prova (m):</i>	0	da p.c.
<i>prof. fine prova (m):</i>	15.00	da p.c.
<i>totale metri prova:</i>	15	
<i>livello di falda (m):</i>	4.42	da p.c.

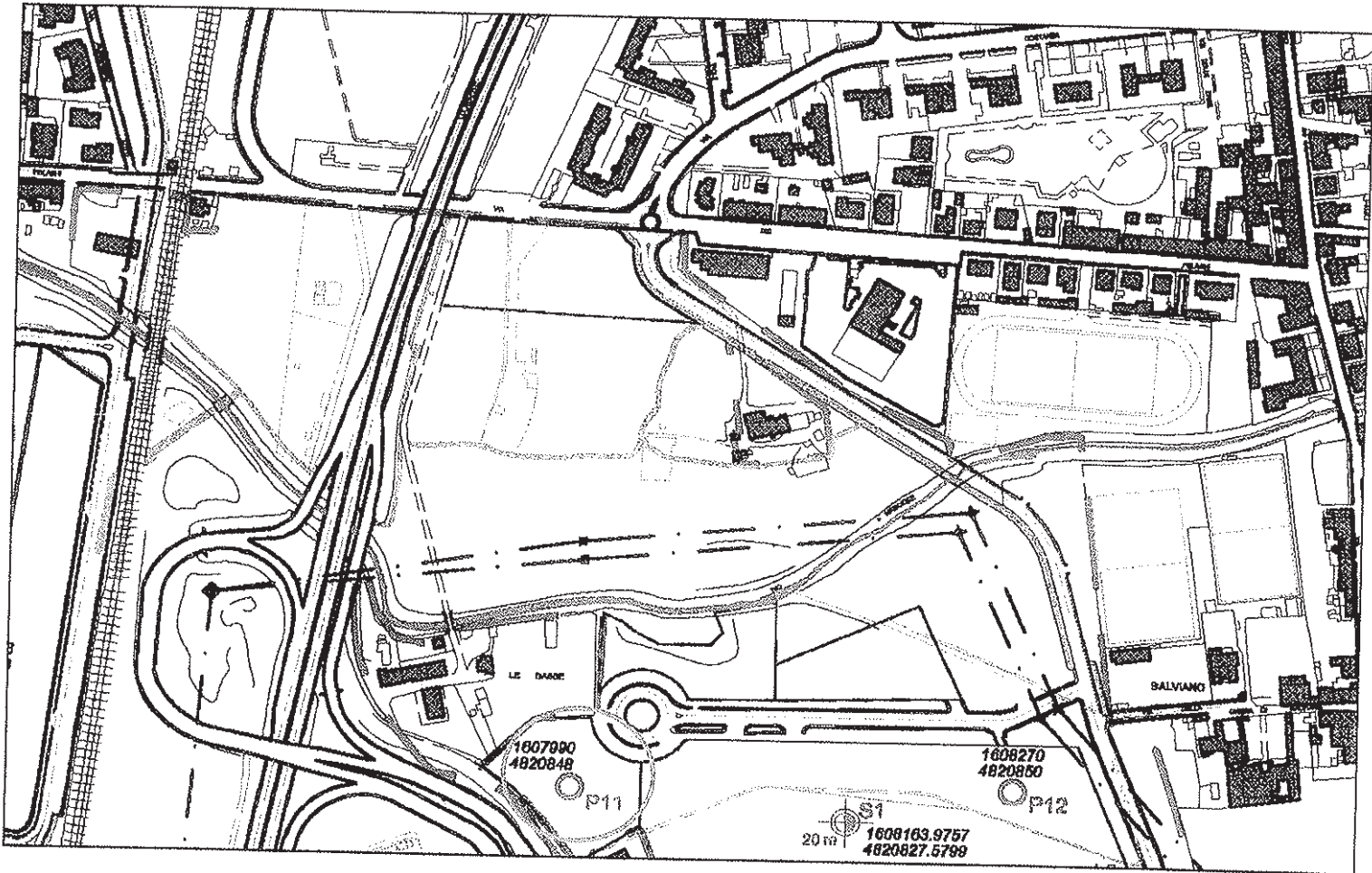
profondità base strato da p.c. (m)	Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - $q_c$ (MPa)	Attrito laterale unitario - $f_s$ (kPa)	$q_c/f_s$	note
	punta	punta + manicotto				
0.20	non mis.	non mis.				
0.40	non mis.	non mis.				
0.60	9.80	10.98	9.80	360.3	27.2	
0.80	9.21	14.41	9.21	496.3	18.6	
1.00	9.30	16.46	9.30	564.2	16.5	
1.20	8.81	16.95	8.81	455.5	19.3	misure poco stabili



profondità da p.c. (m)	Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - $q_c$ (MPa)	Attrito laterale unitario - $f_s$ (kPa)	$q_c/f_s$	note
	punta	punta + manicotto				
10.20	11.44	13.50	11.44	611.8	18.7	misure instabili
10.40	4.37	13.20	4.37	183.5	23.8	
10.60	4.47	7.12	4.47	265.1	16.9	
10.80	4.57	8.39	4.57	421.5	10.8	
11.00	6.23	12.31	6.23	428.3	14.5	
11.20	5.74	11.92	5.74	421.5	13.6	
11.40	5.34	11.42	5.34	421.5	12.7	
11.60	5.54	11.62	5.54	414.7	13.3	
11.80	5.53	11.52	5.53	441.9	12.5	
12.00	5.63	12.00	5.63	394.3	14.3	
12.20	4.94	10.63	4.94	421.5	11.7	
12.40	5.33	11.41	5.33	448.7	11.9	
12.60	5.52	11.99	5.52	455.5	12.1	
12.80	5.32	11.89	5.32	496.3	10.7	
13.00	5.91	13.07	5.91	475.9	12.4	
13.20	6.30	13.16	6.30	441.9	14.3	
13.40	5.90	12.28	5.90	428.3	13.8	
13.60	5.90	12.08	5.90	462.3	12.8	
13.80	5.90	12.57	5.90	496.3	11.9	
14.00	5.70	12.86	5.70	373.9	15.2	
14.20	4.91	10.31	4.91	360.3	13.6	
14.40	5.89	11.09	5.89	455.5	12.9	
14.60	7.16	13.73	7.16	401.1	17.9	
14.80	5.98	11.77	5.98	258.3	23.2	
15.00	4.90	8.63	4.90	258.3	19.0	



UBICAZIONE DELLA PROVA  
*Livorno - Nuovo Centro*





**PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT**

*norma di riferimento:* Raccomandazioni AGI 1977  
*deviazioni dalla norma:* nessuna

verbale di accettazione n° **08C048** del **02/10/2008**  
certificato di prova n° **0902/08** del **07/11/2008**

Comm.te: **Le Ninfee srl**  
Località: **Livorno - Nuovo Centro**  
prova n° **CPT 12**

**CARATTERISTICHE DEL SISTEMA**

*penetrometro:* statico RMU 190 kN, autoancorante  
*sistema di ancoraggio:* elicoidi diam.220 mm - prof. circa 1,1 m da p. c.  
*sistema di misura:* cella di carico di sommità NBC elettronica con visualizzatore Pagani - risoluz. 98 N  
*punta:* meccanica tipo Begemann con manicotto di attrito  
*diametro* 3.75 cm  
*area punta* 10 cm<sup>2</sup>  
*angolo di apertura* 60 °  
*area manicotto* 150 cm<sup>2</sup>  
*peso aste interne:* 13,5 N/m  
*passo di lettura:* 0,2 m

**DATI DI PROVA**

*data di esecuzione:* 10/10/2008  
*prof. inizio prova (m):* 0 da p.c.  
*prof. fine prova (m):* 10.20 da p.c.  
*totale metri prova:* 10.2  
*livello di falda (m):* 4.53 da p.c.

profondità base strato da p.c. (m)	Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - $q_c$ (MPa)	Attrito laterale unitario - $f_s$ (kPa)	$q_c/f_s$	note
	punta	punta + manicotto				
0.20	non mis.	non mis.				
0.40	non mis.	non mis.				
0.60	5.09	6.86	5.09	163.2	31.2	
0.80	7.15	9.50	7.15	326.3	21.9	
1.00	10.19	14.89	10.19	577.8	17.6	anello allargatore
1.20	15.28	23.62	15.28	489.5	31.2	misure poco stabili

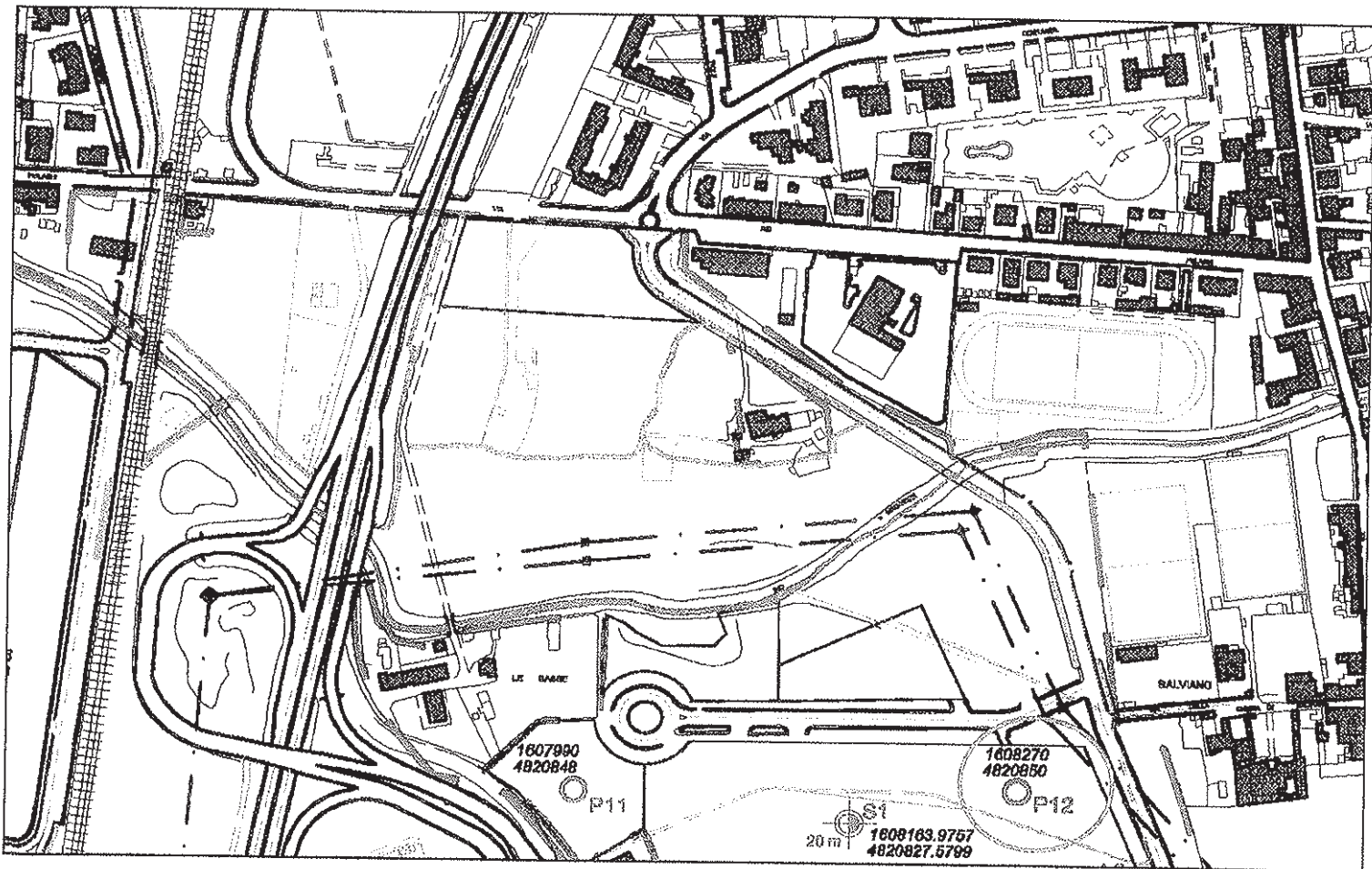


profondità da p.c. (m)	Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - $q_c$ (MPa)	Attrito laterale unitario - $f_s$ (kPa)	$q_c/f_s$	note
	punta	punta + manicotto				
10.20	9.28	11.63	9.28	163.2	56.9	misure poco stabili

note: prova interrotta per raggiunti limiti di spinta del sistema



UBICAZIONE DELLA PROVA  
*Livorno - Nuovo Centro*





### PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT

*norma di riferimento:* Raccomandazioni AGI 1977  
*deviazioni dalla norma:* nessuna

verbale di accettazione n° **08C048** del **02/10/2008**  
certificato di prova n° **0903/08** del **07/11/2008**

Comm.te: **Le Ninfee srl**  
Località: **Livorno - Nuovo Centro**  
prova n° **CPT 14**

### CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

*penetrometro:* statico RMU 190 kN, autoancorante  
*sistema di ancoraggio:* elicoidi diam.220 mm - prof. circa 0,9 m da p. c.  
*sistema di misura:* cella di carico di sommità NBC elettronica con visualizzatore Pagani - risoluz. 98 N  
*punta:* meccanica tipo Begemann con manicotto di attrito

<i>diametro</i>	3.75	cm
<i>area punta</i>	10	cm <sup>2</sup>
<i>angolo di apertura</i>	60	°
<i>area manicotto</i>	150	cm <sup>2</sup>

*peso aste interne:* 13,5 N/m  
*passo di lettura:* 0,2 m

### DATI DI PROVA

*data di esecuzione:* 10/10/2008

<i>prof. inizio prova (m):</i>	0	da p.c.
<i>prof. fine prova (m):</i>	15.00	da p.c.
<i>totale metri prova:</i>	15	
<i>livello di falda (m):</i>	3.10	da p.c.

profondità base strato da p.c. (m)	Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - $q_c$ (MPa)	Attrito laterale unitario - $f_s$ (kPa)	$q_c/f_s$	note
	punta	punta + manicotto				
0.20	non mis.	non mis.				
0.40	non mis.	non mis.				
0.60	5.29	6.27	5.29	197.1	26.8	
0.80	6.86	9.70	6.86	333.1	20.6	
1.00	7.05	11.85	7.05	333.1	21.2	anello allargatore
1.20	6.26	11.07	6.26	237.9	26.3	

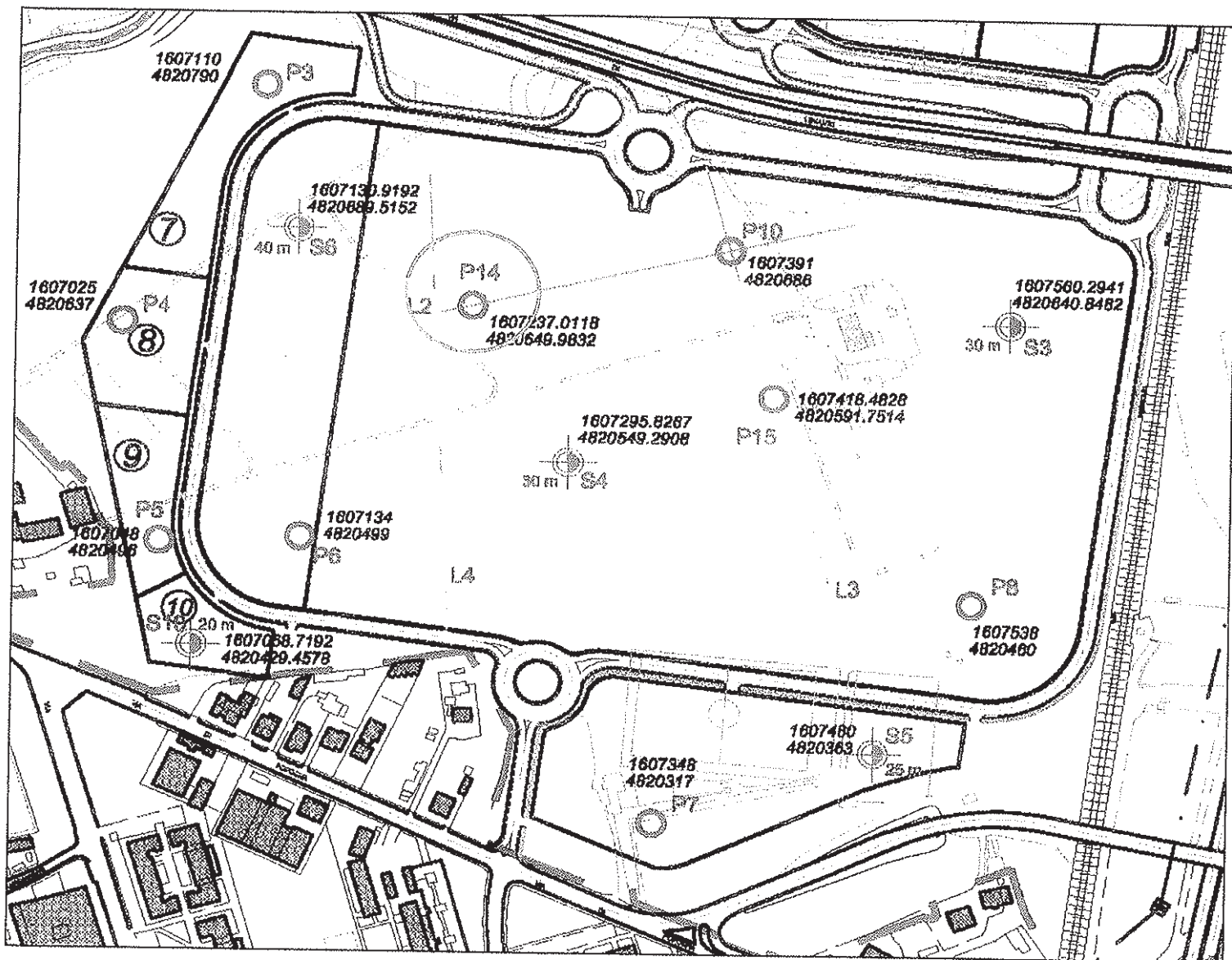


profondità da p.c. (m)	Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - $q_c$ (MPa)	Attrito laterale unitario - $f_s$ (kPa)	$q_c/f_s$	note
	punta	punta + manicotto				
10.20	3.30	5.46	3.30	136.0	24.3	
10.40	3.20	5.16	3.20	149.6	21.4	
10.60	3.10	5.25	3.10	142.8	21.7	
10.80	3.29	5.35	3.29	156.4	21.0	
11.00	3.39	5.64	3.39	156.4	21.7	
11.20	3.09	5.34	3.09	163.2	18.9	
11.40	3.18	5.54	3.18	170.0	18.7	
11.60	3.18	5.63	3.18	224.3	14.2	
11.80	2.59	5.83	2.59	129.2	20.1	
12.00	3.37	5.24	3.37	122.4	27.6	
12.20	3.17	4.94	3.17	136.0	23.3	
12.40	3.47	5.43	3.47	136.0	25.5	
12.60	3.66	5.62	3.66	142.8	25.6	
12.80	3.85	5.91	3.85	142.8	27.0	
13.00	4.14	6.20	4.14	142.8	29.0	
13.20	3.85	5.91	3.85	136.0	28.3	
13.40	3.65	5.61	3.65	149.6	24.4	
13.60	3.45	5.61	3.45	163.2	21.1	
13.80	3.55	5.90	3.55	176.8	20.1	
14.00	3.84	6.39	3.84	176.8	21.7	
14.20	3.64	6.19	3.64	176.8	20.6	
14.40	3.64	6.19	3.64	183.5	19.8	
14.60	3.53	6.18	3.53	170.0	20.8	
14.80	3.43	5.89	3.43	170.0	20.2	
15.00	3.43	5.88	3.43	170.0	20.2	



UBICAZIONE DELLA PROVA

Livorno - Nuovo Centro



**PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT**

*norma di riferimento:* Raccomandazioni AGI 1977  
*deviazioni dalla norma:* nessuna

verbale di accettazione n° **08C048** del **02/10/2008**  
certificato di prova n° **0904/08** del **07/11/2008**

Comm.te: **Le Ninfee srl**  
Località: **Livorno - Nuovo Centro**  
prova n° **CPT 15**

**CARATTERISTICHE DEL SISTEMA**

*penetrometro:* statico RMU 190 kN, autoancorante  
*sistema di ancoraggio:* elicoidi diam.220 mm - prof. circa 0,9 m da p. c.  
*sistema di misura:* cella di carico di sommità NBC elettronica con visualizzatore Pagani - risoluz. 98 N  
*punta:* meccanica tipo Begemann con manicotto di attrito

<i>diametro</i>	3.75	cm
<i>area punta</i>	10	cm <sup>2</sup>
<i>angolo di apertura</i>	60	°
<i>area manicotto</i>	150	cm <sup>2</sup>

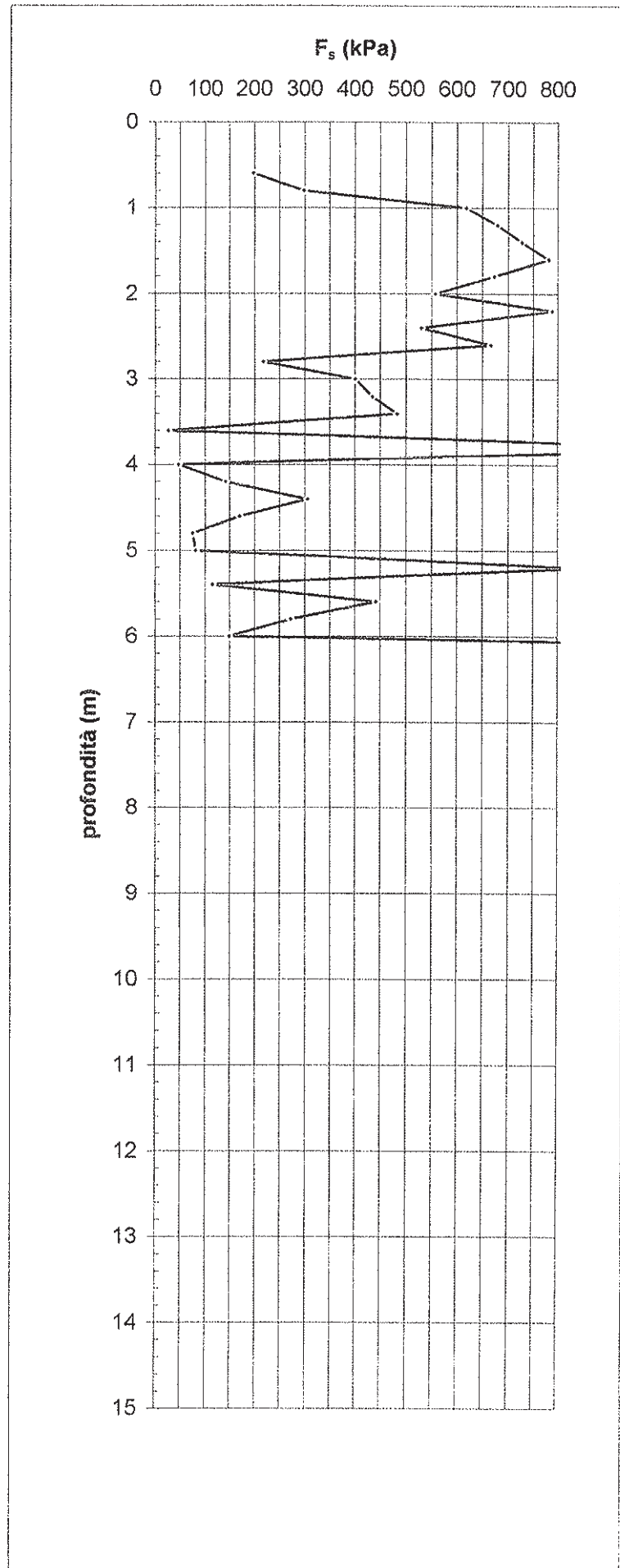
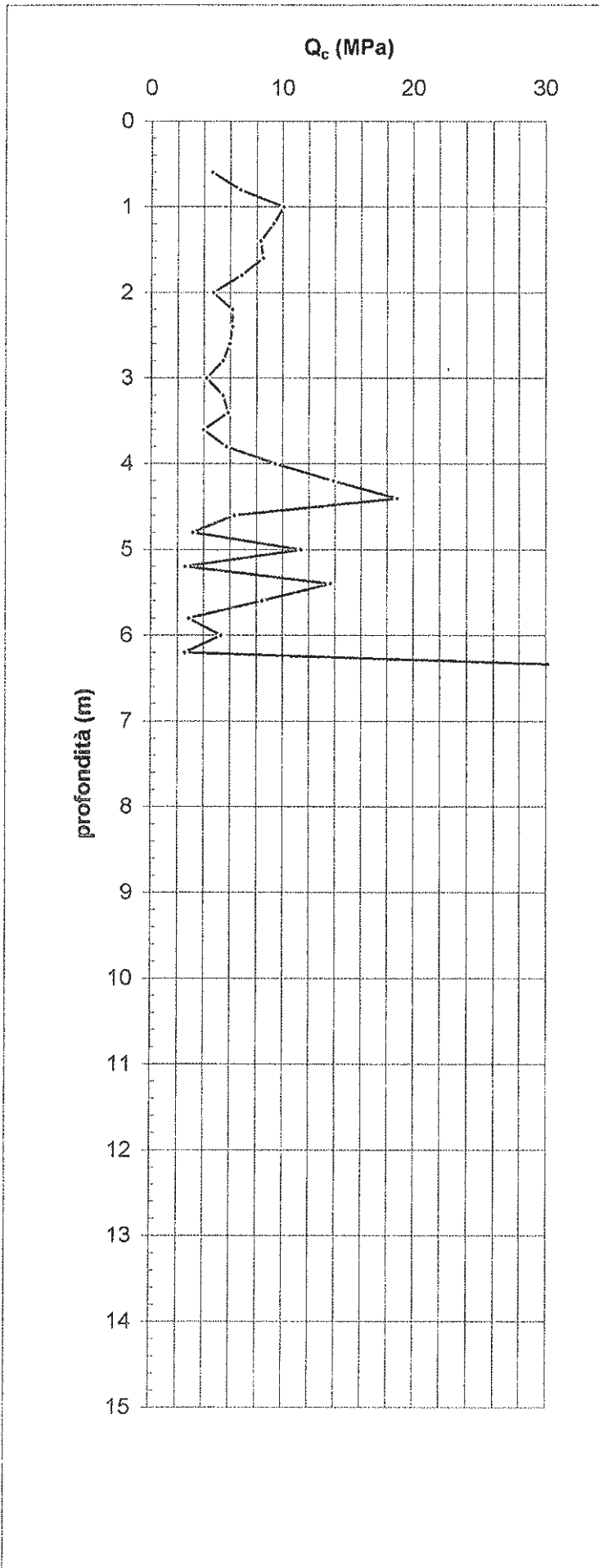
*peso aste interne:* 13,5 N/m  
*passo di lettura:* 0,2 m

**DATI DI PROVA**

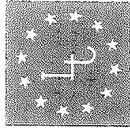
*data di esecuzione:* 08/10/2008

<i>prof. inizio prova (m):</i>	0	da p.c.
<i>prof. fine prova (m):</i>	6.40	da p.c.
<i>totale metri prova:</i>	6.4	
<i>livello di falda (m):</i>	3.90	da p.c.

<i>profondità base strato da p.c. (m)</i>	<i>Forza assiale (kN)</i>		<i>Resistenza alla punta - <math>q_c</math> (MPa)</i>	<i>Attrito laterale unitario - <math>f_s</math> (kPa)</i>	$q_c/f_s$	<i>note</i>
	<i>punta</i>	<i>punta + manicotto</i>				
0.20	non mis.	non mis.				
0.40	non mis.	non mis.				
0.60	4.60	5.29	4.60	197.1	23.3	
0.80	6.76	9.60	6.76	299.1	22.6	
1.00	10.09	14.40	10.09	618.6	16.3	anello allargatore
1.20	9.30	18.23	9.30	679.8	13.7	







**IGETECMA** s.r.l.s.  
Istituto Sperimentale  
Di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali  
Via di Ugnano, 41/b - Firenze  
Tel. 055780705 - Fax 0557320415

## Prospezione Sismica a Rifrazione con onde P e SH


### Ubicazione linee sismiche

**Committente: Comune di Livorno**  
Area Dipartimentale  
"Sviluppo e governo del territorio"  
U. Org. va Ambiente  
Ufficio Protezione Civile

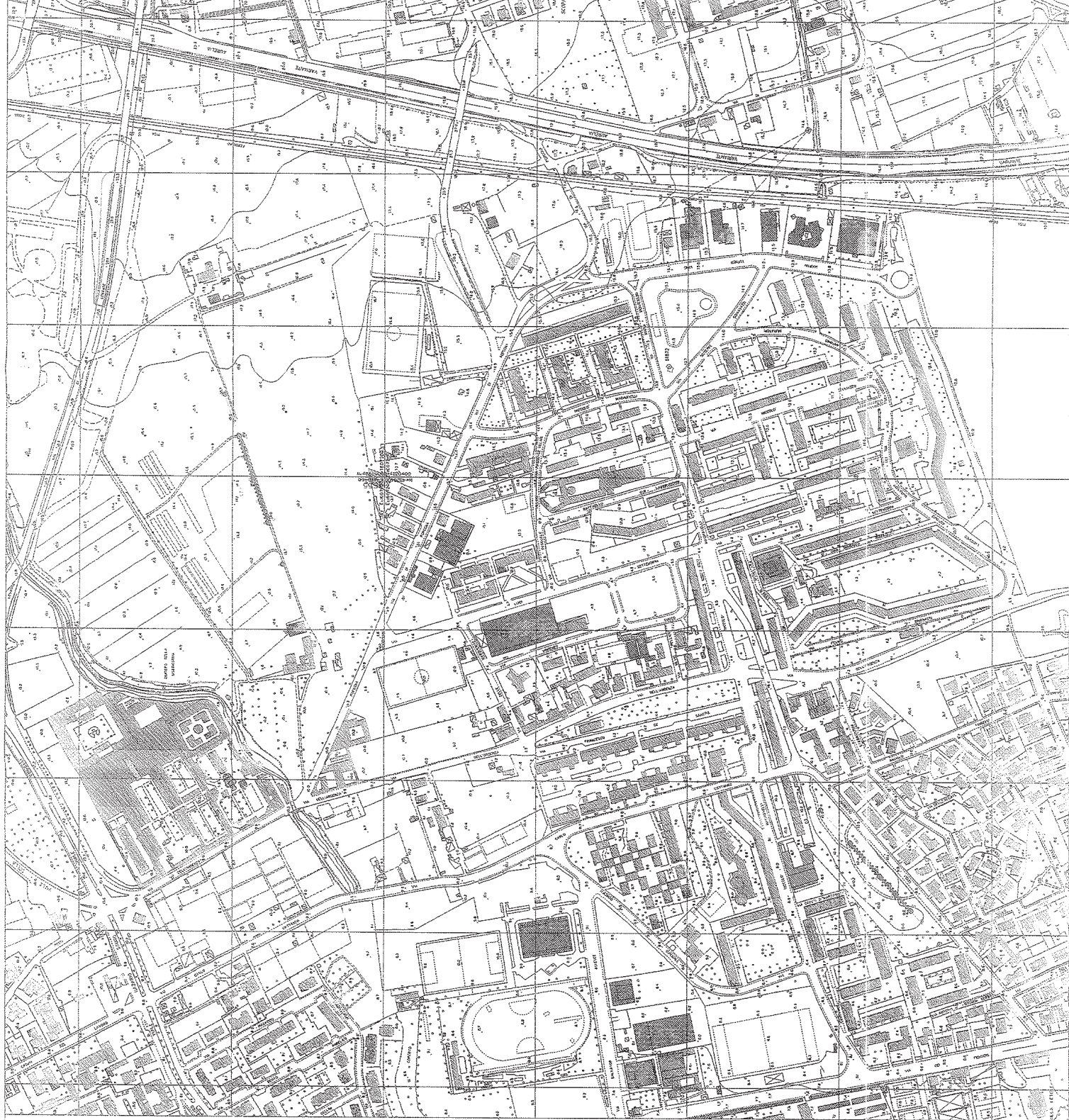
**Località: Livorno**

**Linea: ST 7 - ST 8**

### Legenda

**ST**  Linea Sismica

**Scala 1:5000**



## Prospezione Sismica a Rifrazione con onde SH Livorno - Linea ST 7

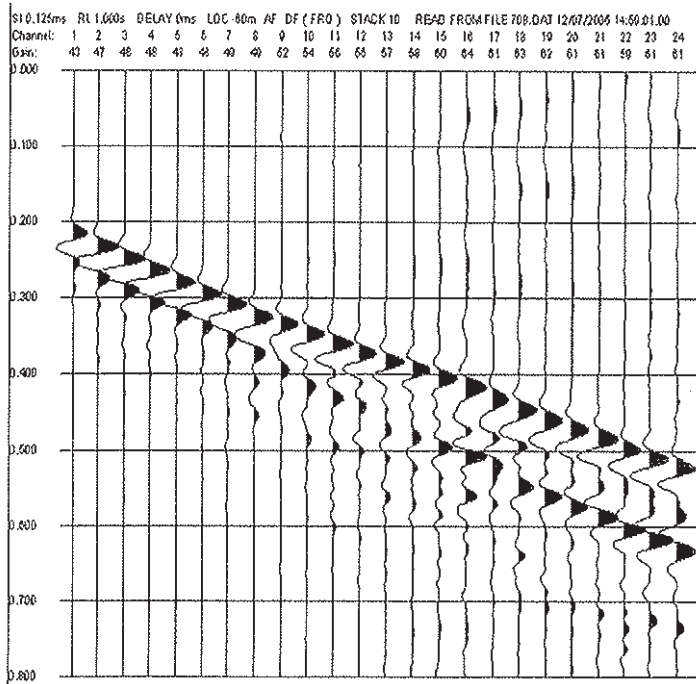
Geo. N°	ShotA ms	ShotB ms	ShotC ms	ShotD ms	ShotE ms	ShotF ms	ShotG ms
1	177.70	20.00	88.37	173.80	260.00	370.20	498.60
2	193.60	34.50	77.62	162.10	247.30	356.80	488.20
3	210.10	48.87	63.62	149.60	234.80	341.10	475.10
4	224.00	66.00	48.50	135.80	216.20	327.70	463.00
5	240.80	79.37	34.37	115.20	201.80	317.60	450.20
6	254.10	104.30	20.25	99.75	181.20	300.20	436.30
7	270.80	121.20	20.62	85.50	167.60	284.30	425.60
8	283.80	140.30	34.62	75.62	153.30	263.00	412.70
9	298.60	158.50	47.12	61.37	137.30	237.80	397.50
10	309.60	175.30	60.37	45.75	121.50	222.50	378.60
11	321.20	187.00	72.87	30.87	107.20	204.10	363.70
12	335.30	201.50	84.00	20.00	94.25	190.30	347.50
13	347.20	213.80	95.12	20.12	82.37	178.70	337.50
14	358.50	229.50	108.20	33.37	71.75	158.80	323.30
15	369.00	240.50	121.20	46.37	60.25	145.70	310.50
16	380.60	256.70	137.50	56.37	47.62	133.30	300.80
17	393.30	270.30	151.20	68.37	33.00	118.00	288.50
18	408.30	287.00	162.80	79.00	17.62	104.30	275.00
19	420.30	300.60	178.60	91.00	17.62	93.00	259.20
20	431.70	317.80	192.60	104.50	35.37	80.12	244.50
21	446.50	333.50	204.80	122.00	51.87	68.37	233.70
22	459.10	346.10	216.50	134.60	66.25	56.75	219.80
23	473.80	359.50	227.80	146.70	78.25	41.62	202.20
24	482.10	371.50	238.30	159.60	89.00	27.87	180.00

Geo. N°	Dist. m	Q m slm	V1 m/sec.	Z1 m	Q1 m slm	V2 m/sec.	Z2 m	H2 m	Q2 m slm	V3 m/sec.
1	0	14.0	125	0.8	13.2	290	18.2	19.0	-5.0	362
2	5	14.1	124	1.1	13.0	290	17.9	19.0	-4.9	362
3	10	14.1	124	1.2	12.9	290	17.0	18.2	-4.1	362
4	15	14.2	123	1.1	13.1	290	16.3	17.4	-3.2	362
5	20	14.2	122	1.1	13.1	290	15.9	17.0	-2.8	362
6	25	14.3	122	1.2	13.1	290	15.5	16.7	-2.4	362
7	30	14.3	121	1.3	13.0	290	15.3	16.6	-2.3	362
8	35	14.4	122	1.4	13.0	290	16.9	18.3	-3.9	362
9	40	14.4	123	1.1	13.3	290	16.9	18.0	-3.6	362
10	45	14.5	123	0.9	13.6	290	18.0	18.9	-4.4	362
11	50	14.5	124	0.8	13.7	290	17.7	18.5	-4.0	362
12	55	14.5	125	0.7	13.8	290	17.5	18.2	-3.7	388
13	60	14.6	128	0.7	13.9	290	16.9	17.6	-3.0	388
14	65	14.6	130	0.8	13.8	290	16.6	17.4	-2.8	388
15	70	14.7	133	0.9	13.8	290	14.1	15.0	-0.3	388
16	75	14.7	136	0.8	13.9	290	13.4	14.2	0.5	388
17	80	14.8	138	0.9	13.9	290	11.9	12.8	2.0	388
18	85	14.8	141	1.0	13.8	290	10.4	11.4	3.4	388
19	90	14.9	132	1.1	13.8	290	7.9	9.0	5.9	388
20	95	14.9	124	1.1	13.8	290	7.5	8.6	6.3	388
21	100	15.0	115	1.0	14.0	290	7.2	8.2	6.8	388
22	105	15.0	106	1.0	14.0	290	8.2	9.2	5.8	388
23	110	15.0	98	0.9	14.1	290	7.6	8.5	6.5	388
24	115	15.0	89	0.8	14.2	290	7.1	7.9	7.1	388

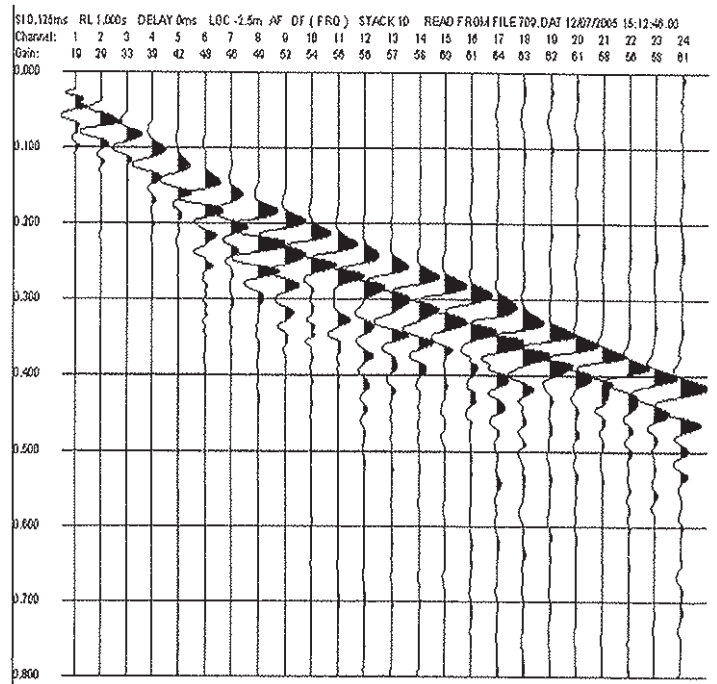
# Prospezione Sismica a Rifrazione con onde SH

## Livorno - Linea ST 7

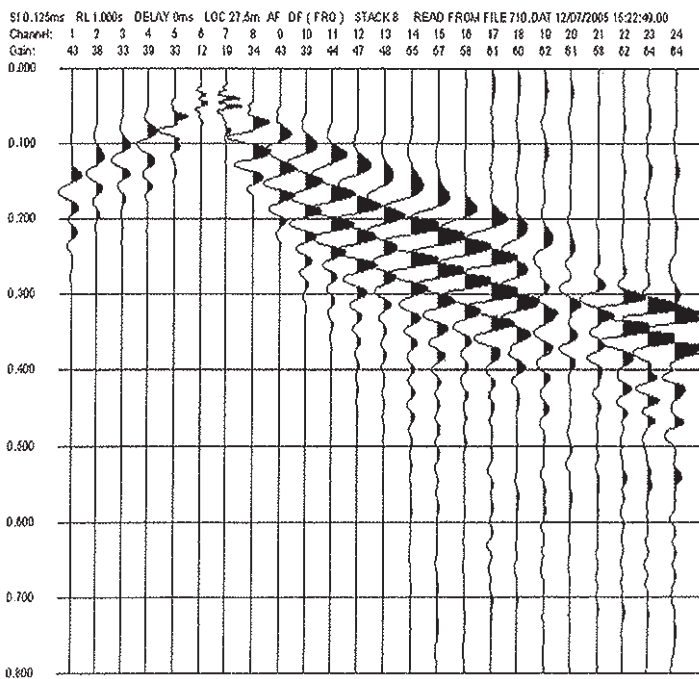
A Esterno sinistro



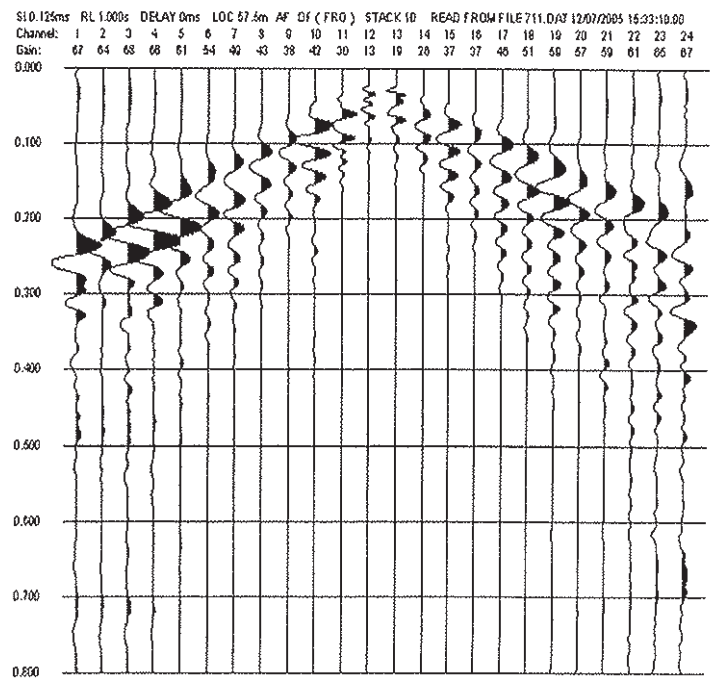
B Estremo sinistro



C Intermedio sinistro



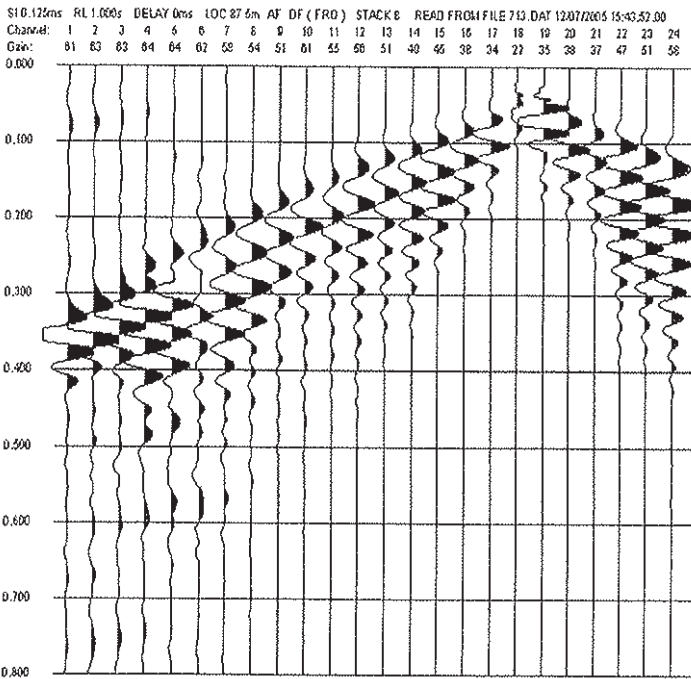
D Centrale



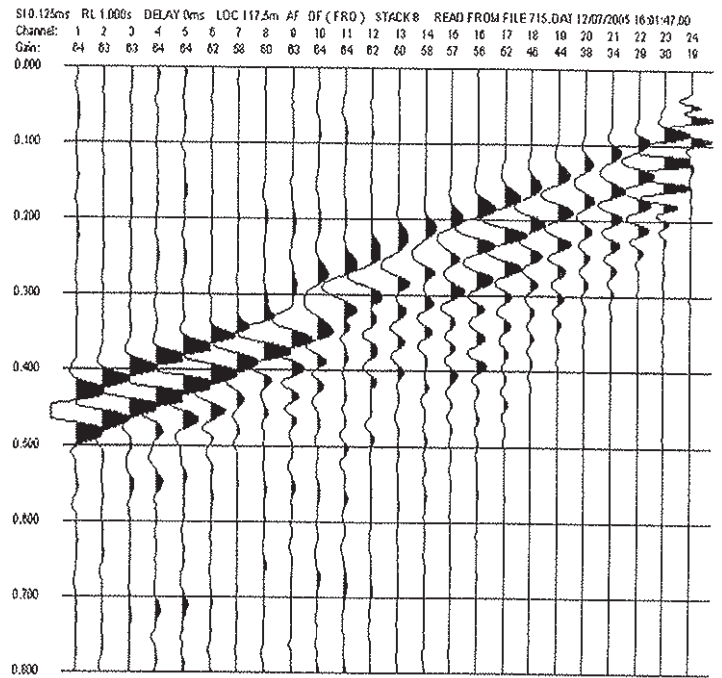
# Prospezione Sismica a Rifrazione con onde SH

## Livorno - Linea ST 7

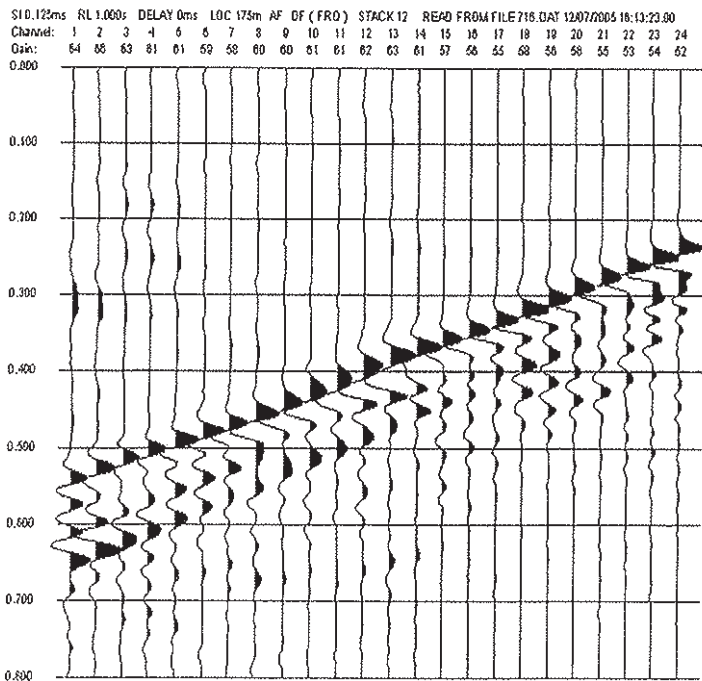
E Intermedio destro

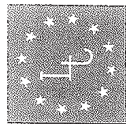


F Estremo destro



G Esterno destro





**IGEI/CMA s.a.s.**  
Istituto Sperimentale  
Di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali  
Via di Ugnano, 41/b - Firenze  
Tel. 055780705 - Fax 0557320415

## Prospezione Sismica a Rifrazione con onde SH

**Committente:** Comune di Livorno  
**Area Dipartimentale**  
"Sviluppo e Governo del Territorio"  
**U. Org. va Ambiente - Ufficio Protezione Civile**

**Località:** Livorno - Largo Petrolini  
**Linea:** ST7

### Legenda

Scala 1:500

▽ G 1 Geofono

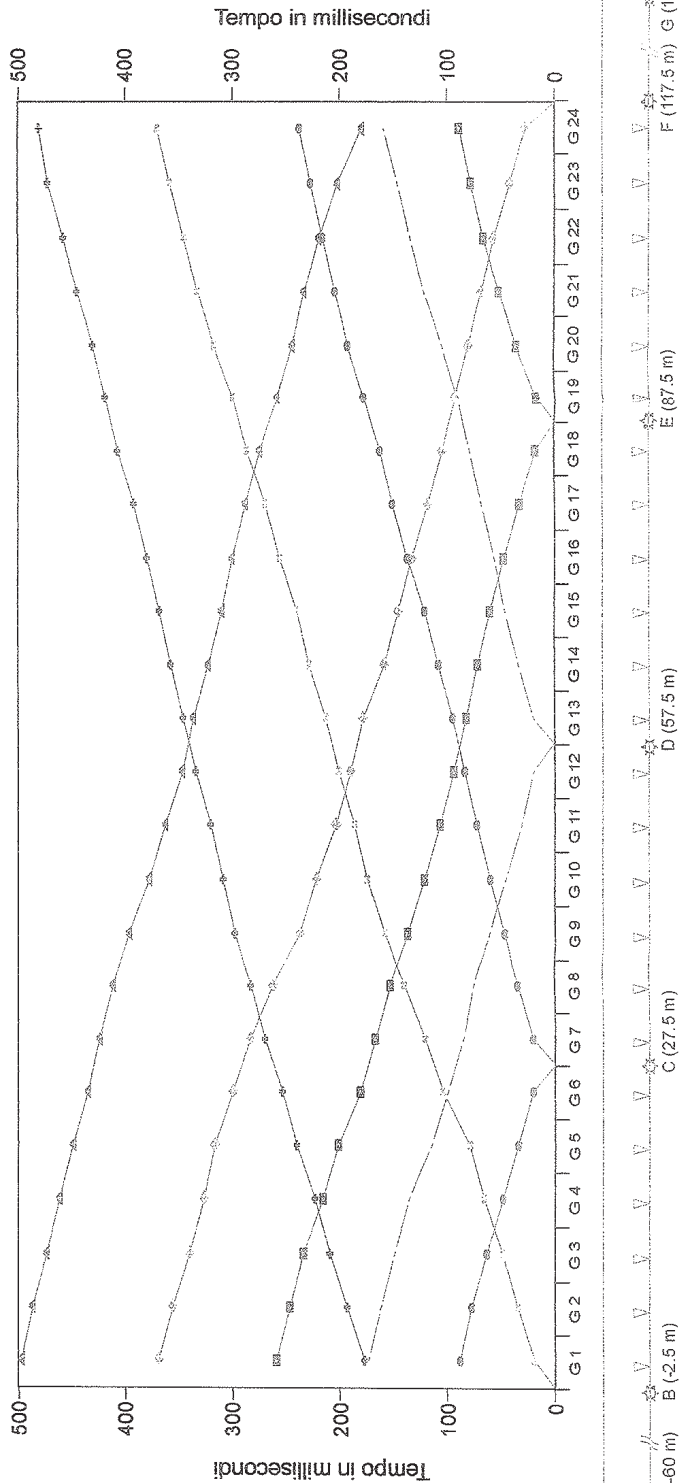
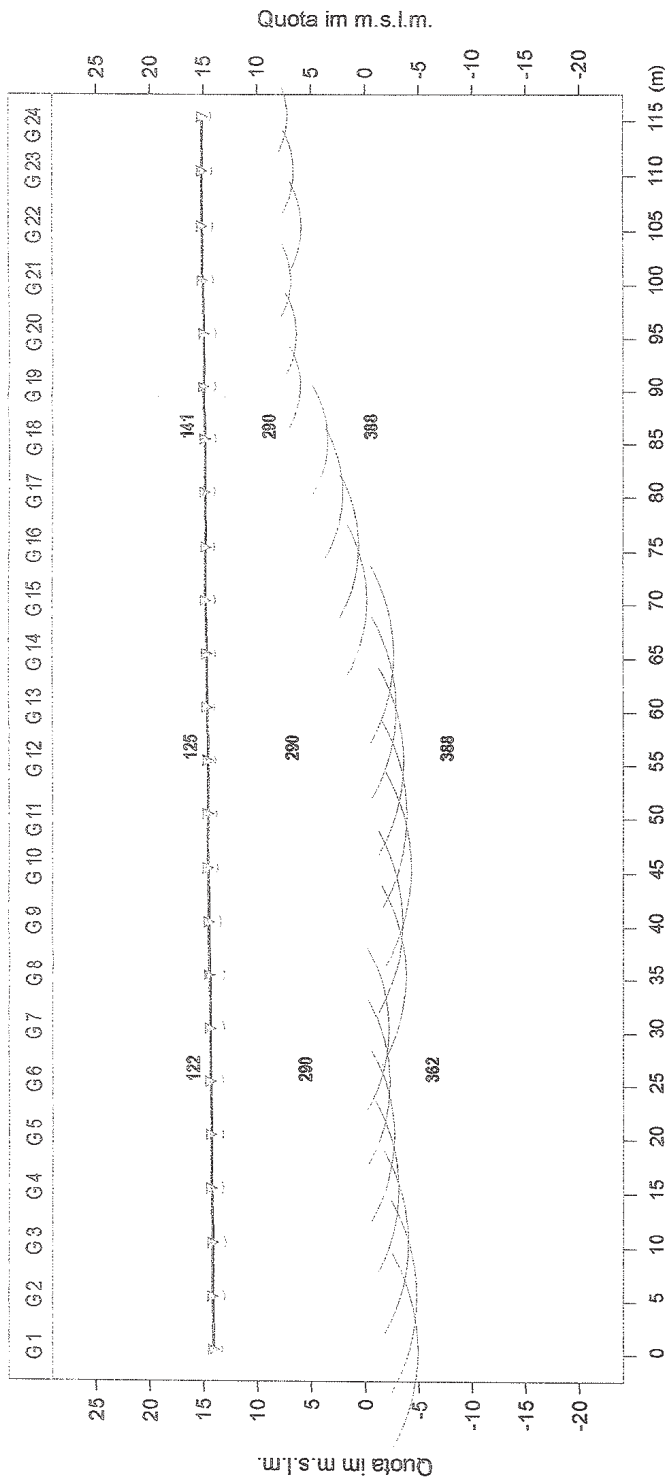
— Distanza dalla superficie  
topografica del limite di strato

1250 Velocità in m/sec.

- A Esterno sinistro
- B Estremo sinistro
- C Intermedio sinistro
- D Centrale
- E Intermedio destro
- F Estremo destro
- G Esterno destro

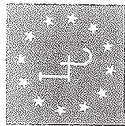
☆ Punto di energizzazione

### Sezione Sismica



### Geometria della linea

☆ A (-60 m) B (-2.5 m) C (27.5 m) D (57.5 m) E (87.5 m) F (117.5 m) G (175 m)



**IGE/ECMA** s.a.s.  
Istituto Sperimentale  
Di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali  
Via di Ugnano, 41/b - Firenze  
Tel. 055780705 - Fax 0557320415

## Prospezione Sismica a Rifrazione con onde SH

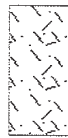
**Committente: Comune di Livorno**  
**Area Dipartimentale**  
"Sviluppo e Governo del Territorio"  
U. Org. va Ambiente - Ufficio Protezione Civile

**Località: Livorno - Largo Petrolini**  
**Linea: ST 7**

Legenda

Scala 1:500

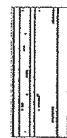
1250 Velocità in m/sec.



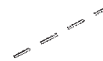
rp - terreni di riporto e terreno naturale  
areato



QSD - Sabbie rosse di Donoratico

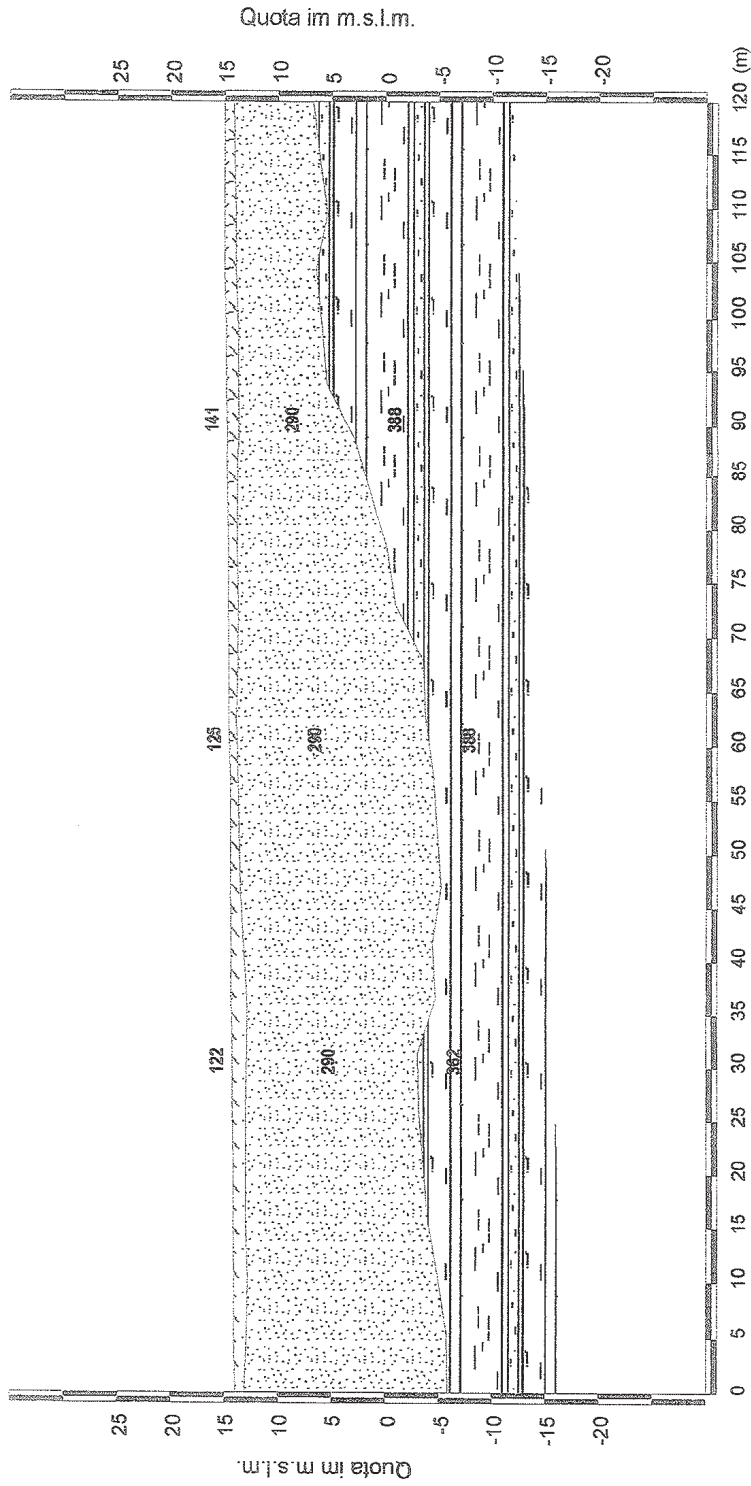


FAA - Argille azzurre Pleistoceniche



Contatti tettonici -  
Faglie presunte

## SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA INTERPRETATIVA



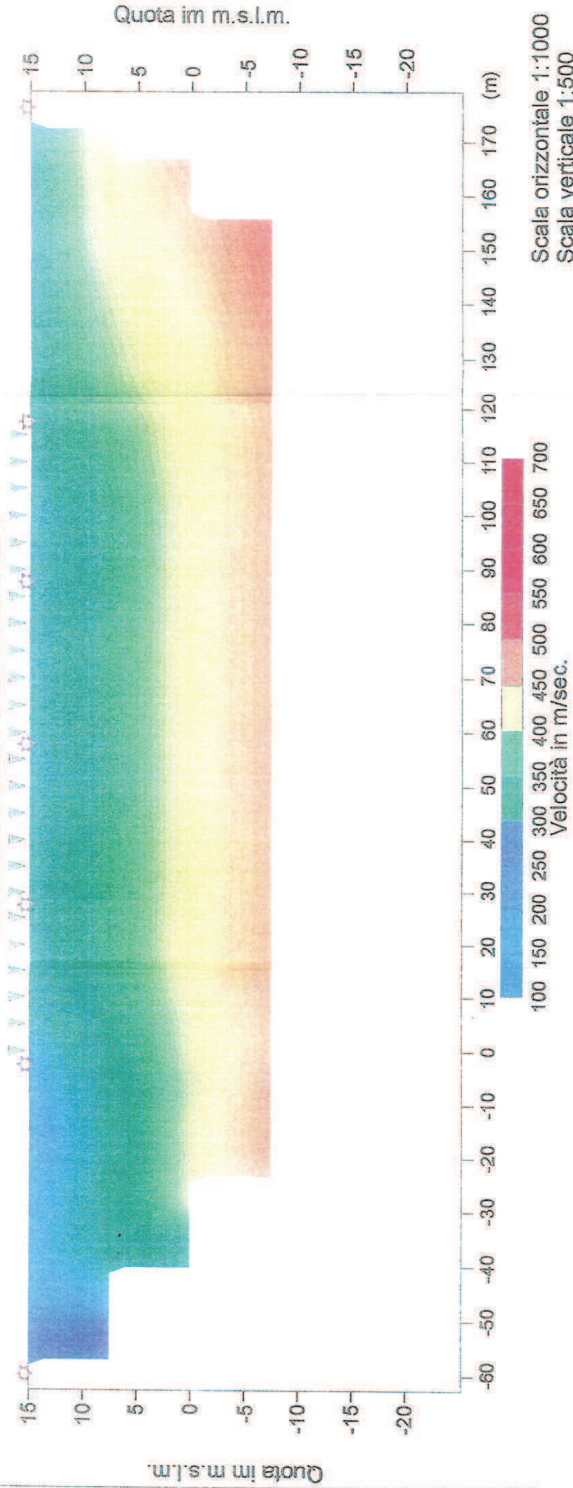


**IGE' TECMA s.a.s.**  
 Istituto Sperimentale  
 Di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali  
 Via di Ugnano, 41/b - Firenze  
 Tel. 055780705 - Fax 0557320415

## Prospezione Sismica a Rifrazione con onde SH

**Committente:** Comune di Livorno  
**Area Dipartimentale**  
**"Sviluppo e Governo del Territorio"**  
**U. Org.va Ambiente - Ufficio Protezione Civile**  
**Località:** Livorno - Largo Petrolini  
**Linea:** ST7

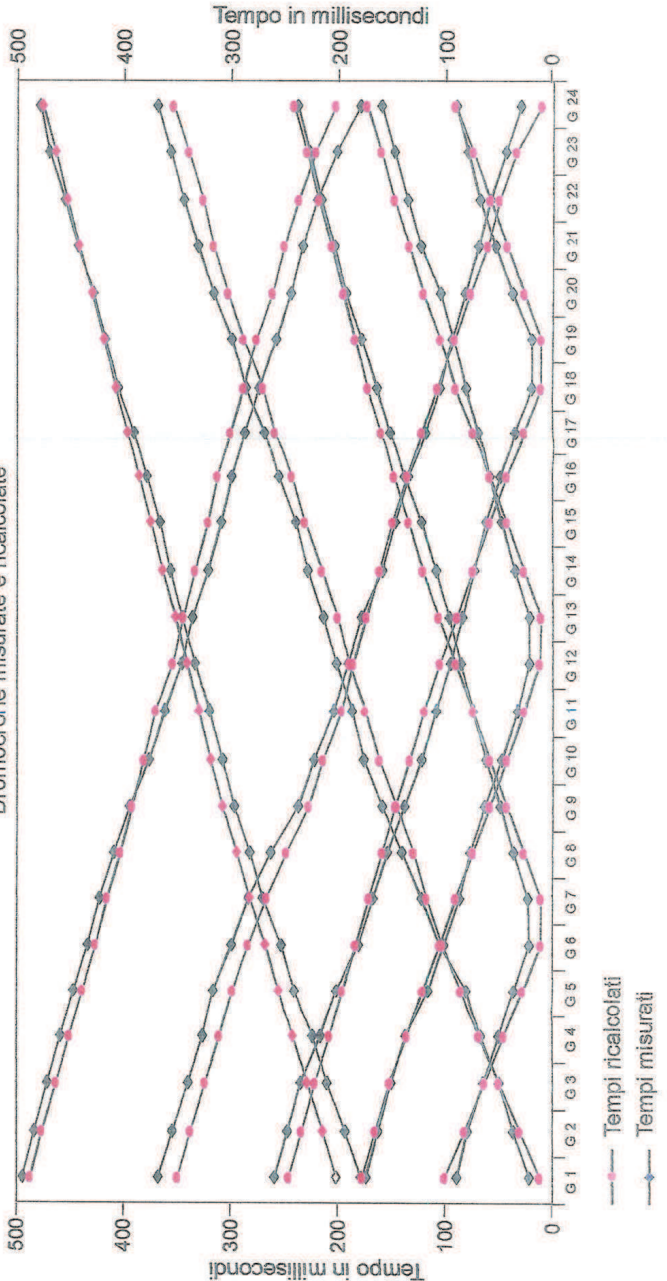
## ELABORAZIONE TOMOGRAFICA



### Tempi ricalcolati

Geofono N°	ShotA ms	ShotB ms	ShotC ms	ShotD ms	ShotE ms	ShotF ms	ShotG ms
1	202.00	9.61	99.51	177.52	246.00	351.00	491.64
2	214.00	28.88	80.58	164.54	233.98	339.00	479.64
3	229.00	47.88	150.41	221.44	325.00	467.16	
4	243.00	66.41	43.26	135.48	208.50	312.00	454.31
5	256.00	84.11	25.49	120.34	195.62	300.00	441.59
6	269.00	100.91	9.00	104.58	183.21	285.00	429.49
7	283.00	115.88	8.24	88.50	171.01	267.00	417.85
8	296.00	128.93	24.41	72.54	158.71	249.00	406.53
9	309.28	145.00	40.52	56.47	146.00	228.00	395.28
10	320.58	161.00	56.64	40.35	132.84	214.00	384.03
11	331.92	175.00	72.78	24.21	119.13	196.72	372.73
12	343.26	189.00	88.82	10.00	104.13	185.09	356.00
13	354.56	200.00	104.74	8.06	88.37	173.22	347.00
14	365.83	215.00	119.88	24.17	72.46	160.96	335.00
15	377.08	231.00	133.89	40.27	56.40	148.25	323.00
16	388.35	243.81	146.90	56.36	40.31	135.14	314.00
17	399.64	260.00	159.66	72.47	24.20	121.53	302.00
18	410.96	271.00	171.94	88.51	9.00	106.63	290.00
19	422.28	290.00	183.82	104.46	8.07	90.91	277.00
20	433.60	304.00	195.44	119.65	24.24	74.97	262.00
21	444.94	318.00	206.94	133.55	40.43	58.83	251.00
22	456.37	328.00	218.45	146.92	56.72	48.00	236.00
23	468.13	342.00	230.26	160.14	73.35	32.00	222.00
24	480.48	356.00	242.63	173.46	90.56	9.00	203.00

### Dromocrone misurate e ricalcolate



## Prospezione Sismica a Rifrazione con onde P Livorno - Linea ST 7

Geo. N°	ShotA ms	ShotB ms	ShotC ms	ShotD ms	ShotE ms	ShotF ms	ShotG ms
1	49.12	8.25	31.12	49.62	68.37	87.25	121.00
2	51.37	15.75	28.00	46.37	65.37	83.37	118.50
3	53.62	21.50	23.62	42.62	61.87	80.00	115.00
4	56.62	25.12	20.12	39.50	59.62	77.00	112.60
5	59.75	29.25	15.62	36.75	56.50	73.62	109.70
6	63.62	32.00	7.75	33.25	53.37	70.87	105.70
7	66.50	34.62	8.25	29.75	49.75	68.37	102.30
8	70.12	37.87	15.87	25.87	46.75	65.12	100.20
9	72.25	40.62	19.37	22.25	44.12	60.87	97.75
10	75.00	43.25	22.25	17.75	40.87	58.12	95.12
11	78.25	46.62	26.12	13.12	37.87	54.87	91.87
12	82.50	49.25	30.25	7.38	34.25	51.25	87.62
13	84.50	52.12	33.12	7.62	29.37	48.12	84.50
14	88.75	55.50	36.12	12.75	24.87	45.00	81.37
15	91.62	58.50	39.50	16.62	21.12	42.00	77.87
16	93.75	61.50	43.25	21.25	18.50	39.12	75.00
17	97.00	64.75	46.75	26.12	14.12	35.62	71.50
18	100.10	67.87	49.62	29.87	8.62	31.75	67.87
19	103.10	70.75	52.37	33.25	9.12	28.12	65.25
20	105.10	73.50	54.25	36.37	13.62	25.12	62.12
21	108.00	77.25	57.75	40.25	18.87	22.37	60.25
22	110.30	81.50	61.87	44.37	23.00	18.87	57.37
23	112.00	83.87	65.00	46.87	26.75	15.87	54.25
24	113.80	85.37	67.25	49.50	29.87	11.37	51.50



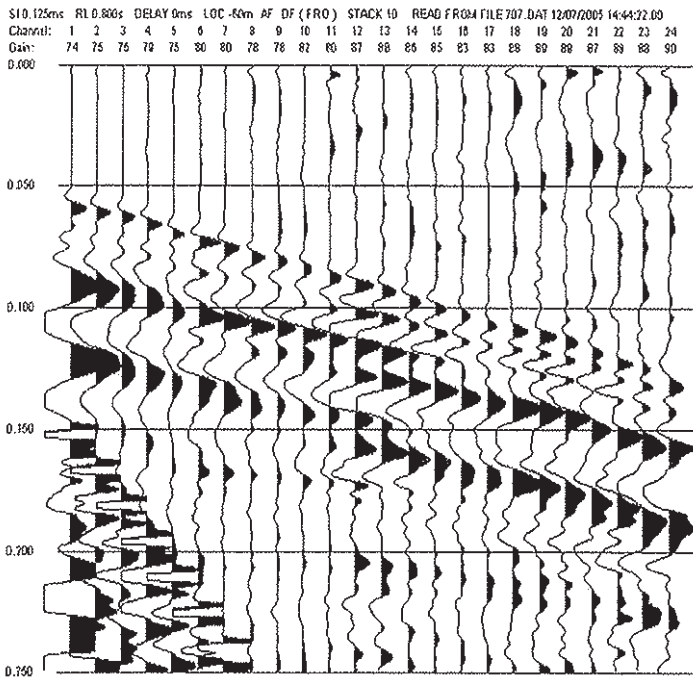
## Prospezione Sismica a Rifrazione con onde P Livorno - Linea ST 7

Geo. N°	Dist. m	Q m slm	V1 m/sec.	Z1 m	Q1 m slm	V2 m/sec.	Z2 m	H2 m	Q2 m slm	V3 m/sec.	Z3 m	H3 m	Q3 m slm	V4 m/sec.
1	0	14.0	303	1.4	12.6	864	1.9	3.3	10.7	1403	14.5	17.8	-3.8	1591
2	5	14.1	307	1.3	12.8	864	1.9	3.2	10.9	1403	14.9	18.2	-4.1	1591
3	10	14.1	311	1.3	12.8	864	1.9	3.1	11	1403	13.9	17.1	-3.0	1591
4	15	14.2	314	1.3	12.9	864	1.8	3.1	11.1	1403	14.6	17.6	-3.4	1591
5	20	14.2	318	1.2	13.0	864	1.9	3.1	11.1	1403	15.4	18.5	-4.3	1591
6	25	14.3	322	1.2	13.1	864	1.9	3.1	11.2	1403	14.9	18.0	-3.7	1591
7	30	14.3	325	1.2	13.1	864	1.9	3.1	11.2	1403	14.8	17.8	-3.5	1613
8	35	14.4	327	1.2	13.2	864	1.8	3.0	11.4	1403	15.4	18.3	-3.9	1613
9	40	14.4	330	1.1	13.2	864	1.8	3.0	11.4	1403	15.9	18.9	-4.5	1613
10	45	14.5	333	1.1	13.4	864	1.9	3.0	11.5	1403	17.1	20.1	-5.6	1613
11	50	14.5	335	1.0	13.4	864	2.2	3.2	11.3	1403	17.3	20.5	-6.0	1613
12	55	14.5	338	1.0	13.5	864	2.2	3.2	11.3	1403	15.3	18.5	-4.0	1613
13	60	14.6	330	1.0	13.6	864	2.2	3.2	11.4	1403	16.2	19.4	-4.8	1613
14	65	14.6	322	0.9	13.7	864	2.1	3.0	11.6	1403	16.1	19.1	-4.5	1613
15	70	14.7	313	0.9	13.8	864	1.9	2.8	11.9	1403	14.4	17.2	-2.5	1613
16	75	14.7	305	1.0	13.7	864	1.7	2.7	12	1403	14.8	17.5	-2.8	1613
17	80	14.8	297	1.0	13.8	864	1.6	2.7	12.1	1403	12.0	14.7	0.1	1613
18	85	14.8	289	1.0	13.8	864	1.7	2.7	12.1	1403	9.9	12.6	2.2	1973
19	90	14.9	277	1.0	13.9	864	1.9	2.9	12	1403	7.8	10.6	4.3	1973
20	95	14.9	266	1.0	13.9	864	2.0	3.0	11.9	1403	6.1	9.0	5.9	1973
21	100	15.0	254	1.0	14.0	864	2.1	3.0	12	1403	6.2	9.2	5.8	1973
22	105	15.0	242	1.0	14.0	864	2.1	3.2	11.8	1403	5.5	8.7	6.3	1973
23	110	15.0	231	1.1	13.9	864	2.2	3.2	11.8	1403	5.0	8.2	6.8	1973
24	115	15.0	219	1.1	13.9	864	2.3	3.3	11.7	1403	4.7	8.0	7.0	1973

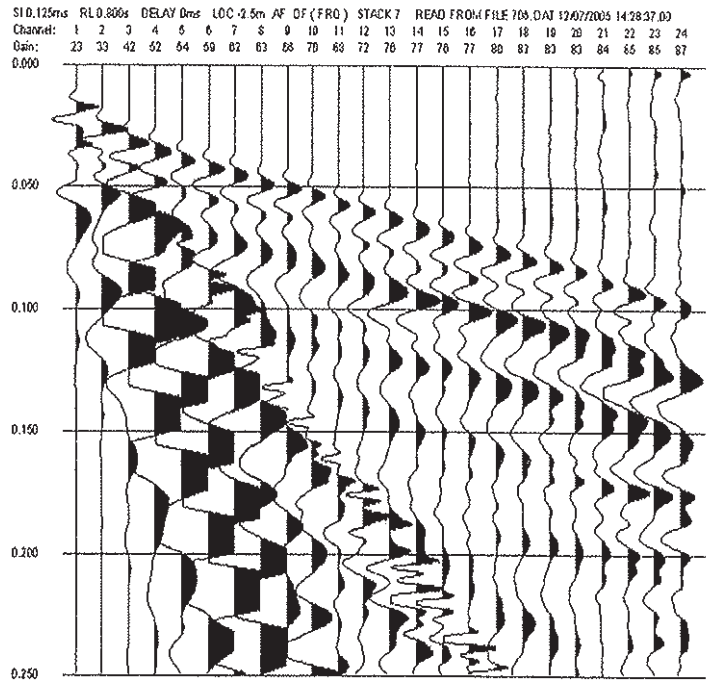
# Prospezione Sismica a Rifrazione con onde P

## Livorno - Linea ST 7

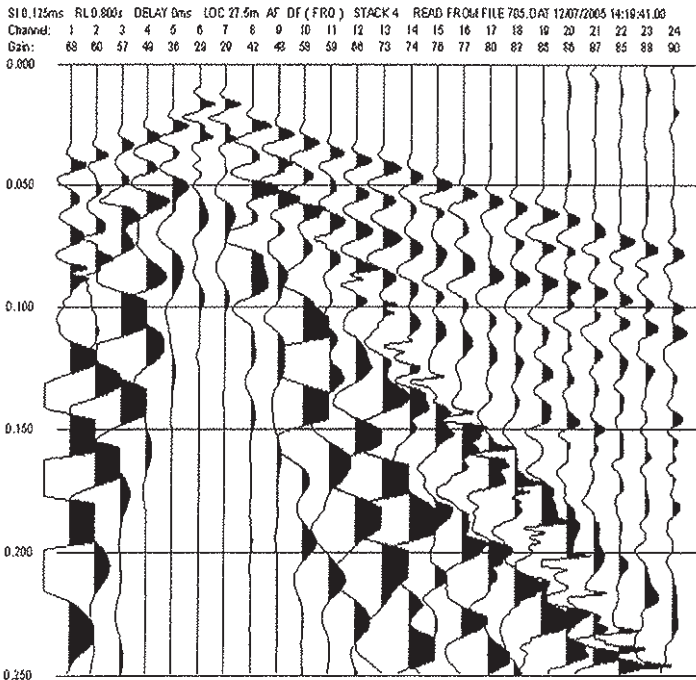
A Esterno sinistro



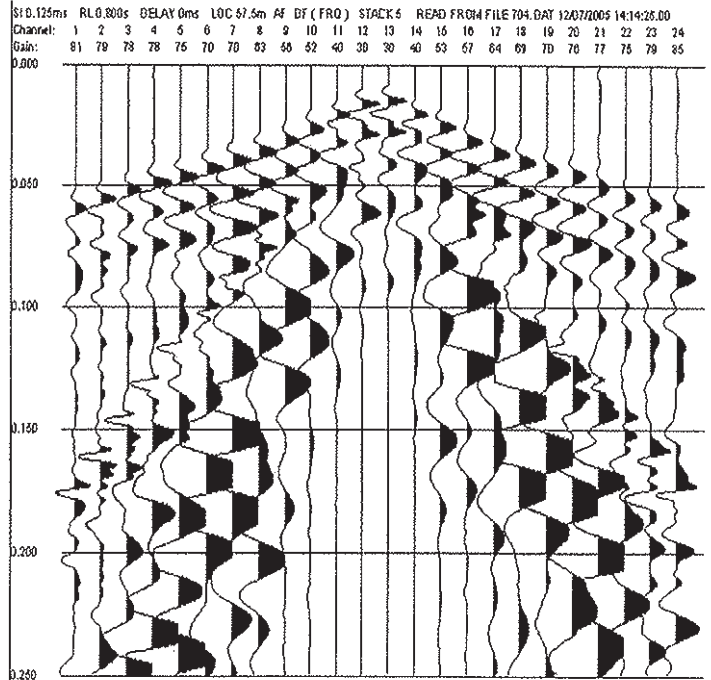
B Estremo sinistro



C Intermedio sinistro



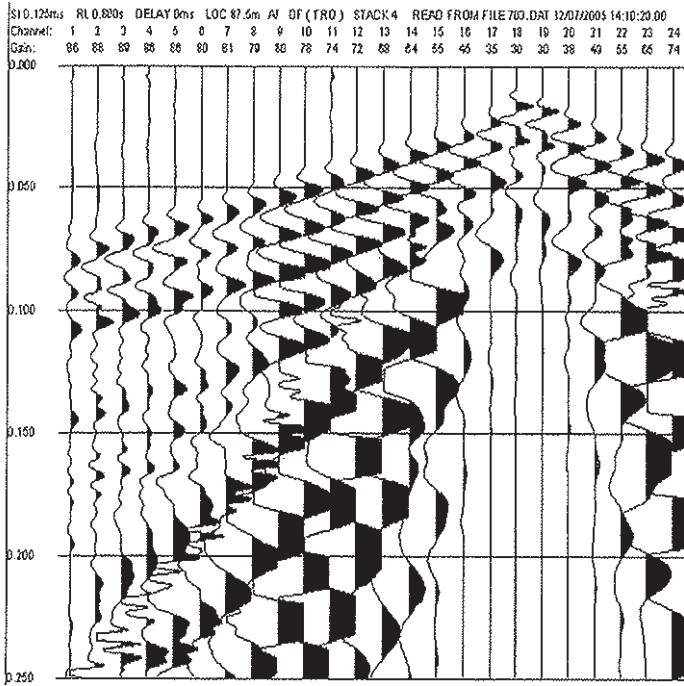
D Centrale



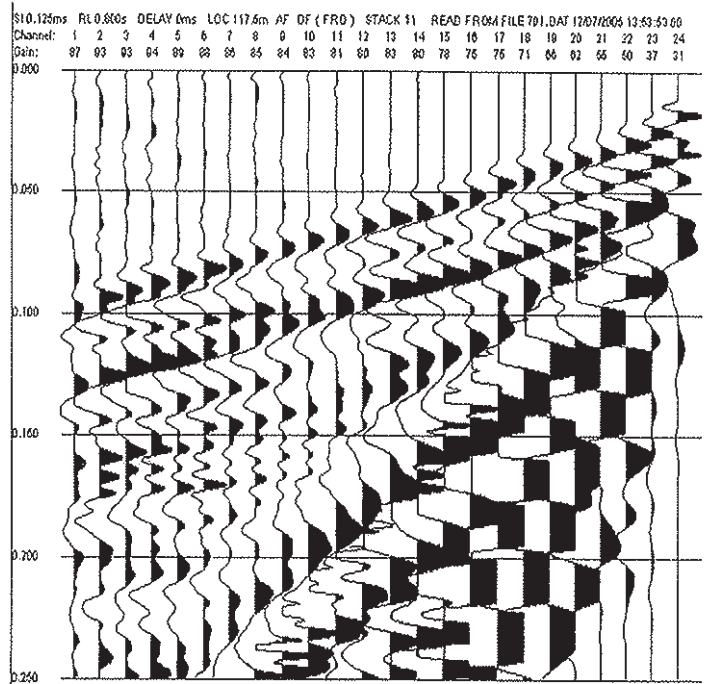
# Prospezione Sismica a Rifrazione con onde P

## Livorno - Linea ST 7

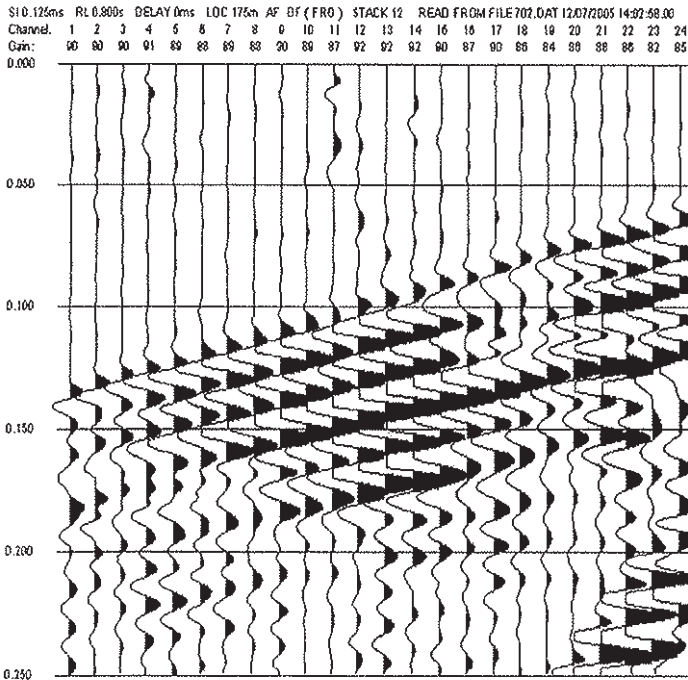
E Intermedio destro

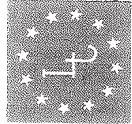


F Estremo destro



G Esterno destro

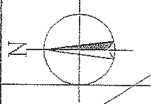




**IGETECMA**  
Istituto Sperimentale  
Di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali  
Via di Ugnano, 41/b - Firenze  
Tel. 055780705

**Prospezione Sismica a Rifrazione  
con onde P e SH**

**Ubicazione linee sismiche**



**Committente: Comune di Livorno**  
Area Dipartimentale  
"Sviluppo e governo del territorio"  
U. Org. va Ambiente  
Ufficio Protezione Civile

**Località: Livorno**  
Largo Petrolini

**Linea: ST 7**

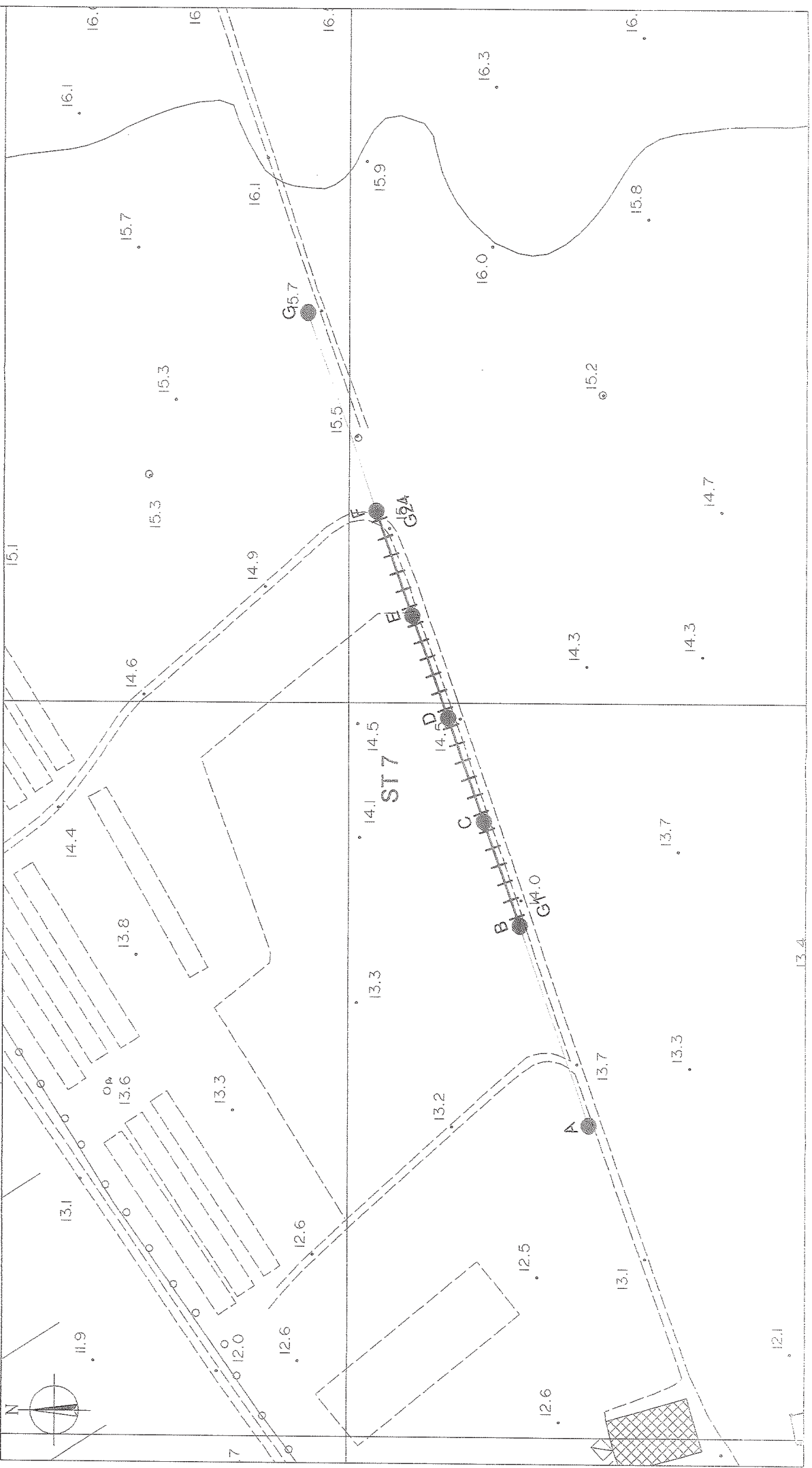
**Legenda**

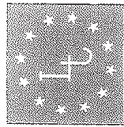
ST Linea Sismica:

/// Geofono

B Punto di energizzazione

Scala 1:1000





**IGITECMA s.a.s.**  
 Istituto Sperimentale  
 Di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali  
 Via di Ugarnò, 41/b - Firenze  
 Tel. 055780785 - Fax 0557320415

**Prospezione Sismica a Rifrazione  
 con onde P**

**Committente: Comune di Livorno**  
**Area Dipartimentale**  
 "Sviluppo e Governo del Territorio"  
 U. Org. va Ambiente - Ufficio Protezione Civile

**Località: Livorno - Largo Petroli**  
**Linea: ST 7**

**Legenda**

Scala 1:500

▼ G 1 Geofono

— Distanza dalla superficie  
 topografica del limite di strato

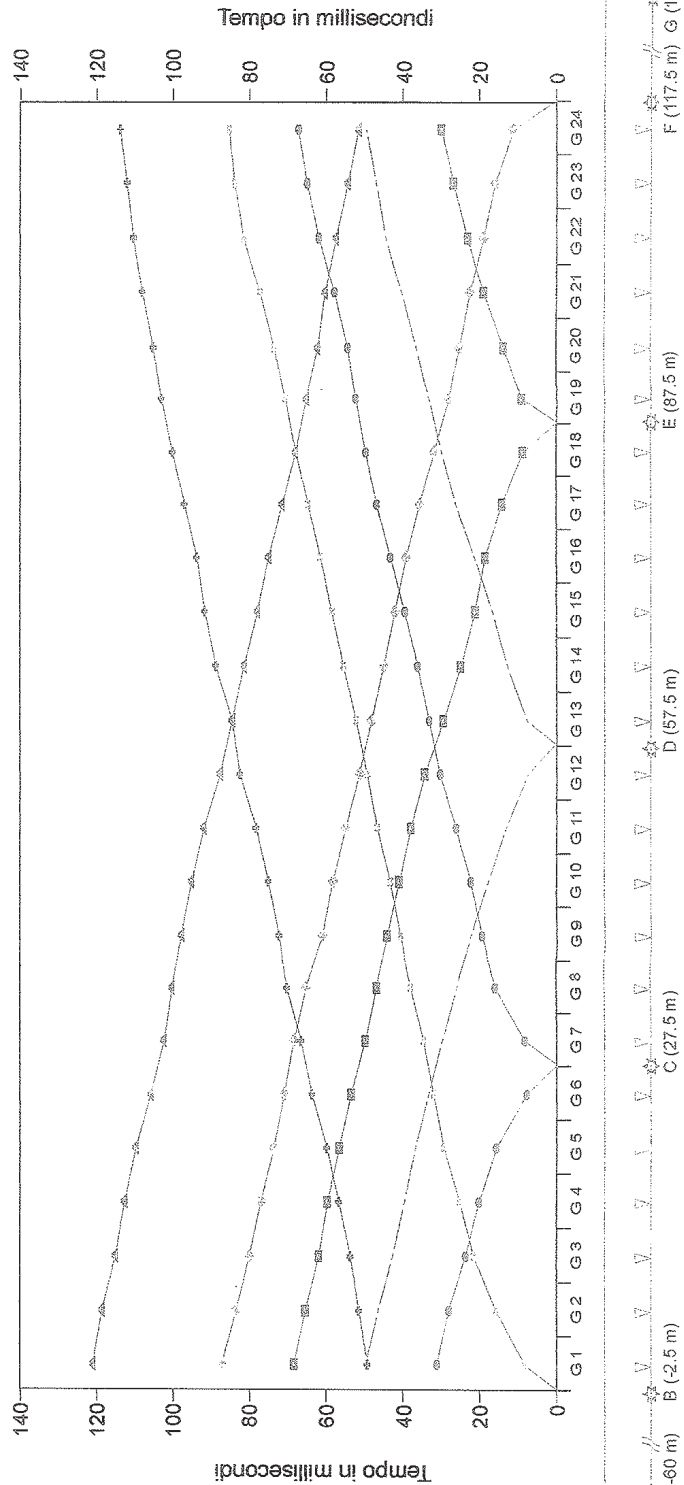
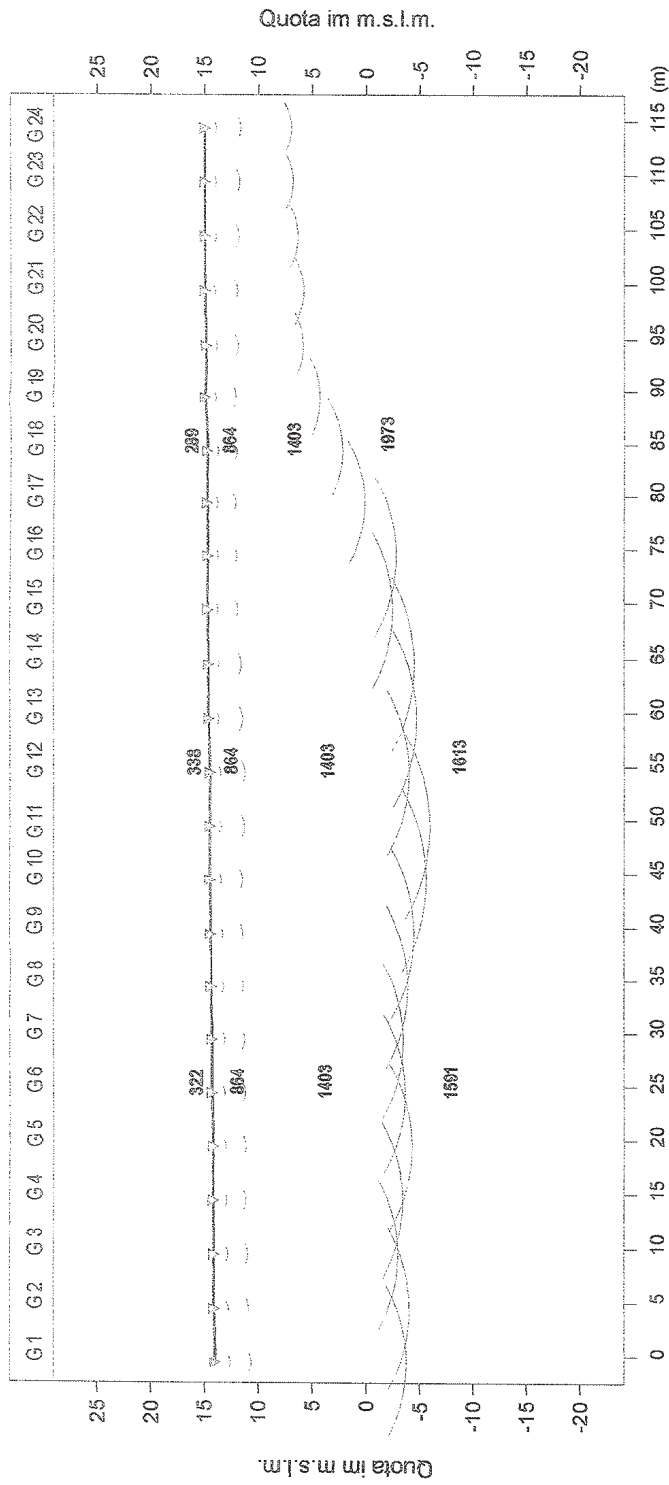
1250 Velocità in m/sec.

- A Esterno sinistro
- B Estremo sinistro
- C Intermedio sinistro
- D Centrale
- E Intermedio destro
- F Estremo destro
- G Esterno destro

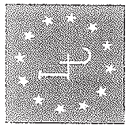
☆ Punto di energizzazione

Geometria della linea

**Sezione Sismica**



☆ A (-60 m) B (-2.5 m) C (27.5 m) D (57.5 m) E (87.5 m) F (117.5 m) G (175 m)



IGETECMA s.a.s.  
Istituto Sperimentale  
Di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali  
Via di Ugnano, 41/b - Firenze  
Tel. 055780705 - Fax 0557320415

## Prospezione Sismica a Rifrazione con onde P

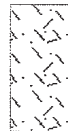
Committente: Comune di Livorno  
Area Dipartimentale  
"Sviluppo e Governo del Territorio"  
U. Org. va Ambiente - Ufficio Protezione Civile

Località: Livorno - Largo Petrolini  
Linea: ST 7

### Legenda

Scala 1:500

1250 Velocità in m/sec.



rp - terreni di riporto e terreno naturale areato



QSD - Sabbie rosse di Donoratico

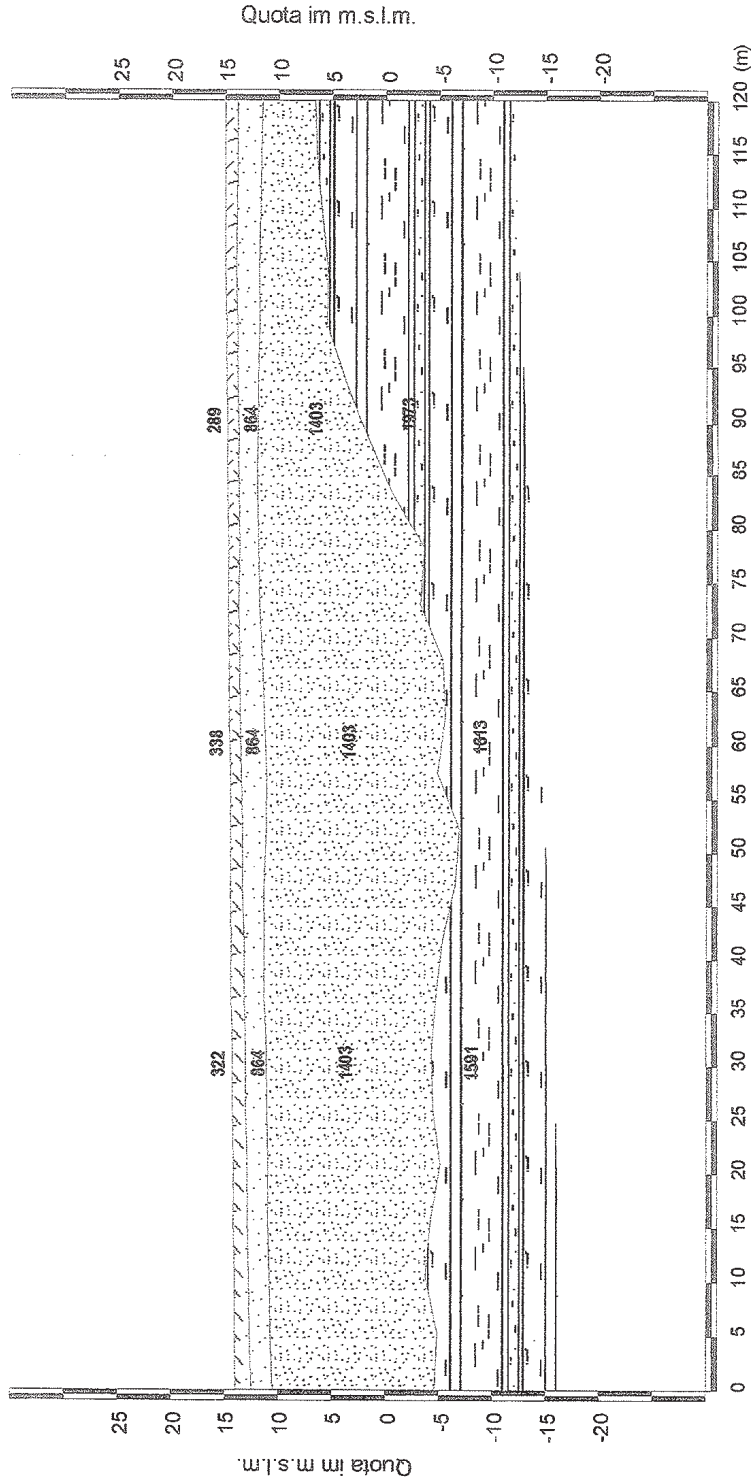


FAA - Argille azzurre Pleistoceniche



Contatti tettonici -  
Faglie presunte

## SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA INTERPRETATIVA





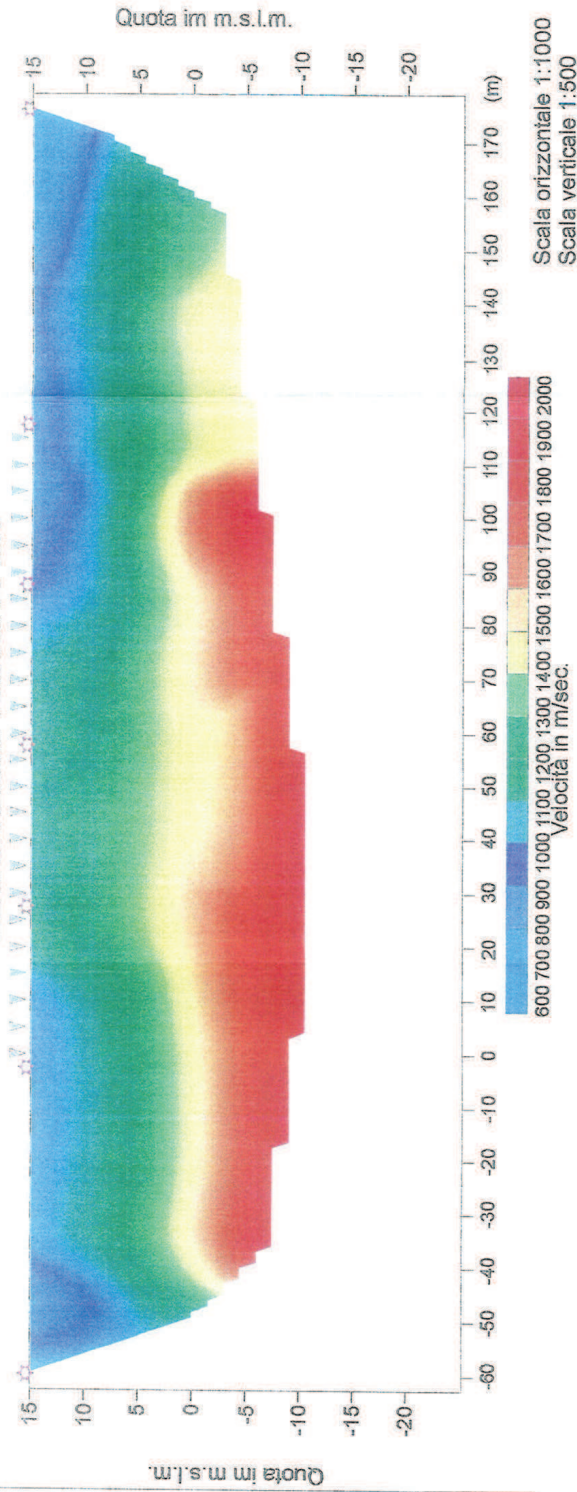
**IGETECMA s.a.s.**  
Istituto Sperimentale  
Di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali  
Via di Ugnano, 41/b - Firenze  
Tel. 055780705 - Fax 0557320415

## Prospezione Sismica a Rifrazione con onde P

Committente: Comune di Livorno  
Area Dipartimentale  
"Sviluppo e Governo del Territorio"  
U. Org.va Ambiente - Ufficio Protezione Civile

Località: Livorno - Largo Petrolini  
Linea: ST7

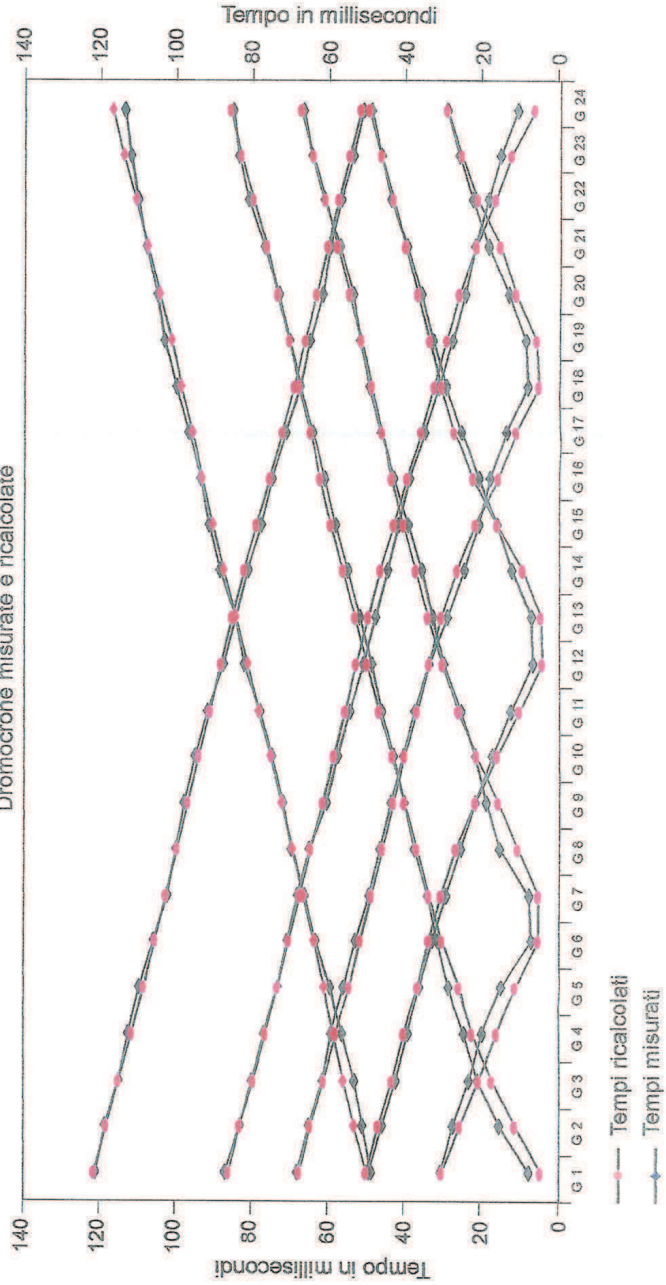
## ELABORAZIONE TOMOGRAFICA



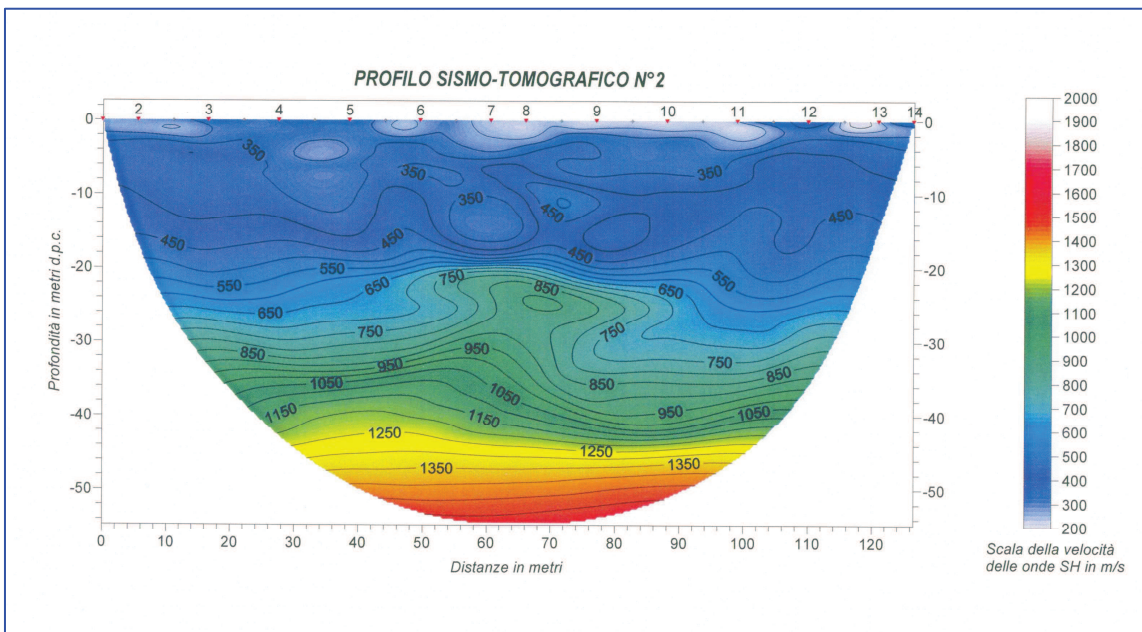
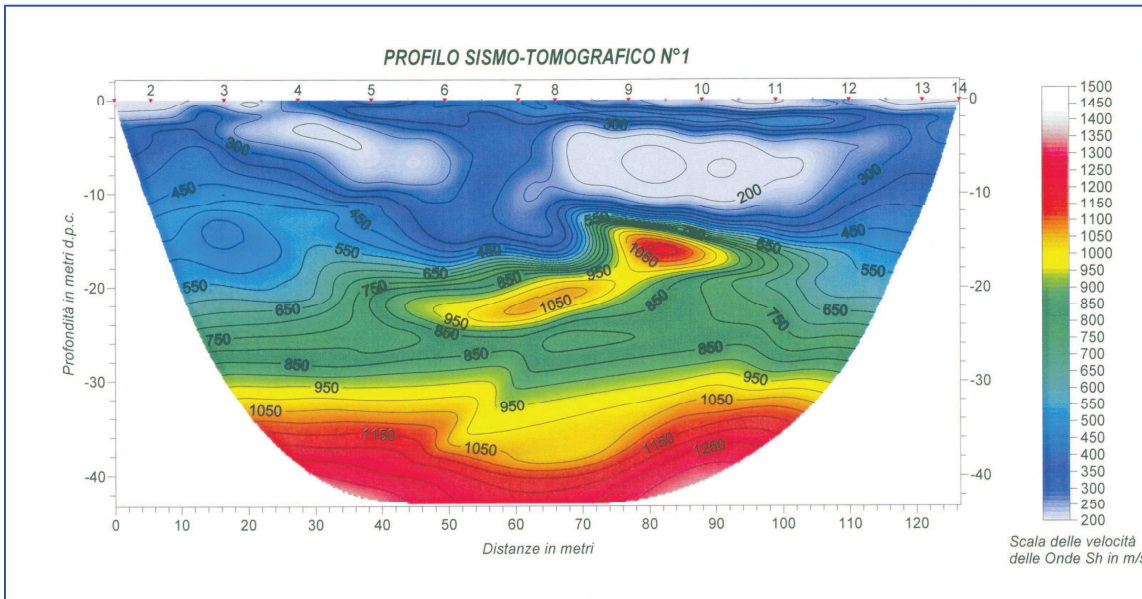
### Tempi ricalcolati

Geofono N°	ShotA ms	ShotB ms	ShotC ms	ShotD ms	ShotE ms	ShotF ms	ShotG ms
1	50.38	5.00	30.69	50.45	67.89	86.28	121.25
2	53.50	11.60	26.07	47.24	64.83	83.21	118.20
3	56.45	17.70	21.20	43.85	61.55	79.91	114.91
4	59.01	22.80	16.60	40.44	58.20	76.57	111.57
5	61.42	26.26	11.70	37.15	54.95	73.40	108.40
6	63.99	30.63	5.70	34.16	52.10	70.61	105.61
7	66.89	34.20	5.80	30.95	49.20	67.73	102.74
8	69.67	37.41	11.20	27.15	46.24	64.79	99.82
9	72.49	40.55	16.00	22.25	43.34	61.92	96.96
10	75.43	43.76	21.74	16.43	40.46	59.06	94.13
11	78.46	47.06	26.54	10.80	37.51	56.16	91.31
12	81.52	50.36	30.74	4.60	34.36	53.17	88.45
13	84.58	53.60	34.38	5.00	30.99	50.10	85.56
14	87.65	56.79	37.80	9.94	27.04	46.81	82.48
15	90.63	59.83	41.00	16.47	22.09	43.32	79.18
16	93.44	62.66	43.90	22.83	16.26	39.77	75.81
17	96.08	65.32	46.59	27.76	11.60	36.33	72.52
18	98.71	67.96	49.24	31.18	5.80	33.07	69.41
19	101.48	70.73	52.04	34.18	6.20	29.88	66.45
20	104.44	73.68	55.02	37.28	11.60	26.50	63.64
21	107.54	76.78	58.14	40.47	15.99	22.16	60.89
22	110.74	79.99	61.38	43.74	21.76	17.00	58.11
23	113.92	83.17	64.61	46.96	26.12	12.90	55.23
24	117.01	86.25	67.73	50.07	29.77	7.10	52.29

### Dromocrone misurate e ricalcolate

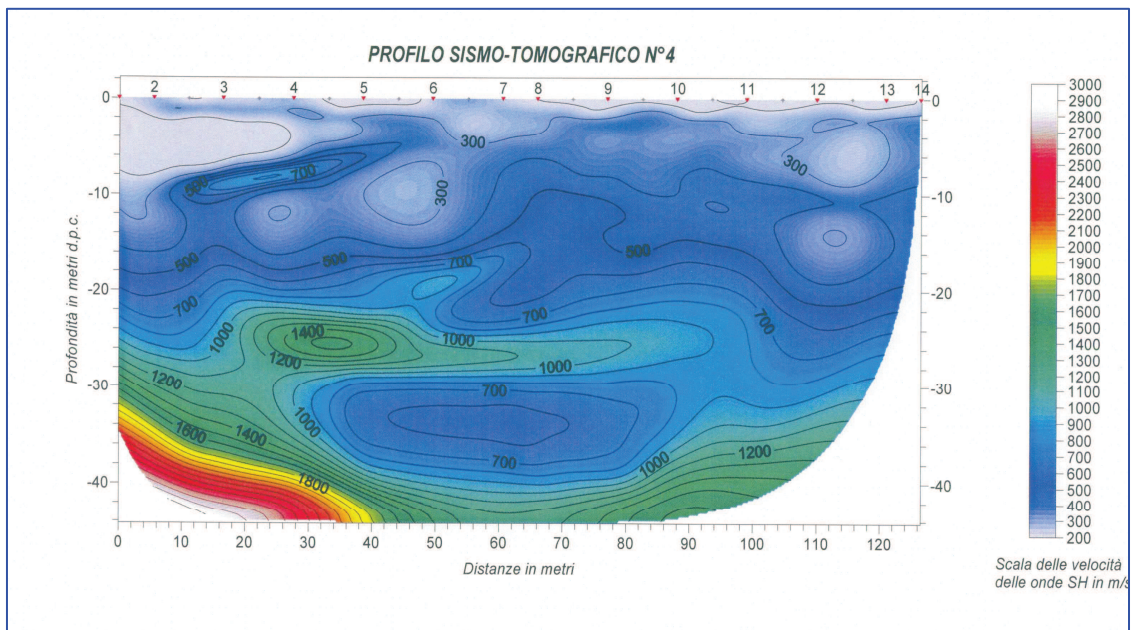
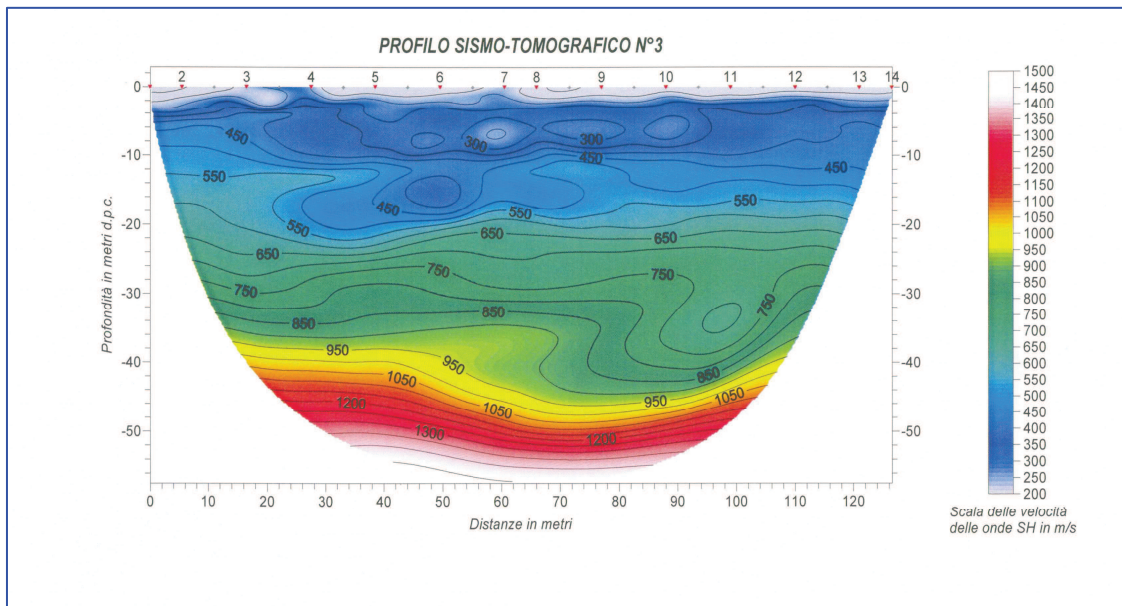


***Stendimento L1 e Profili sismo-tomografici 1-2 Zona parallela Via di Levante W-E***

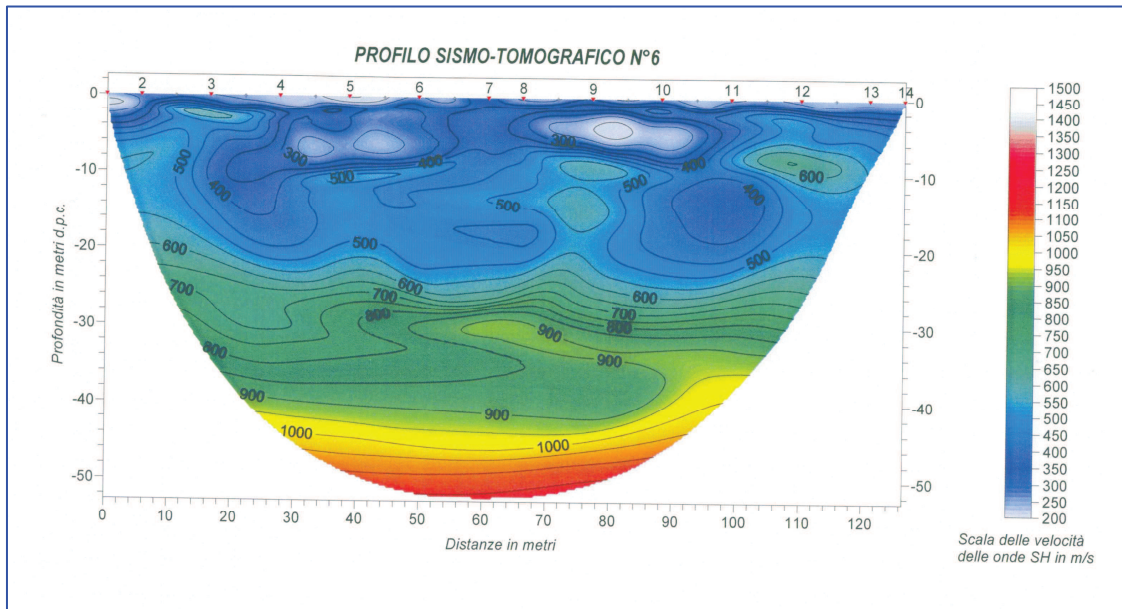
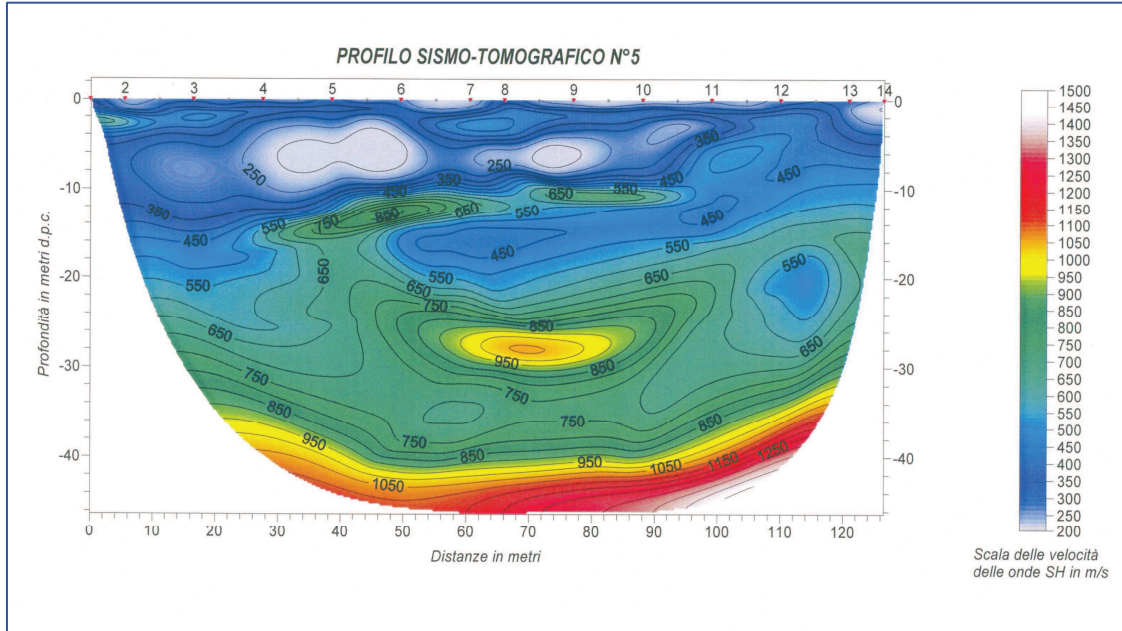




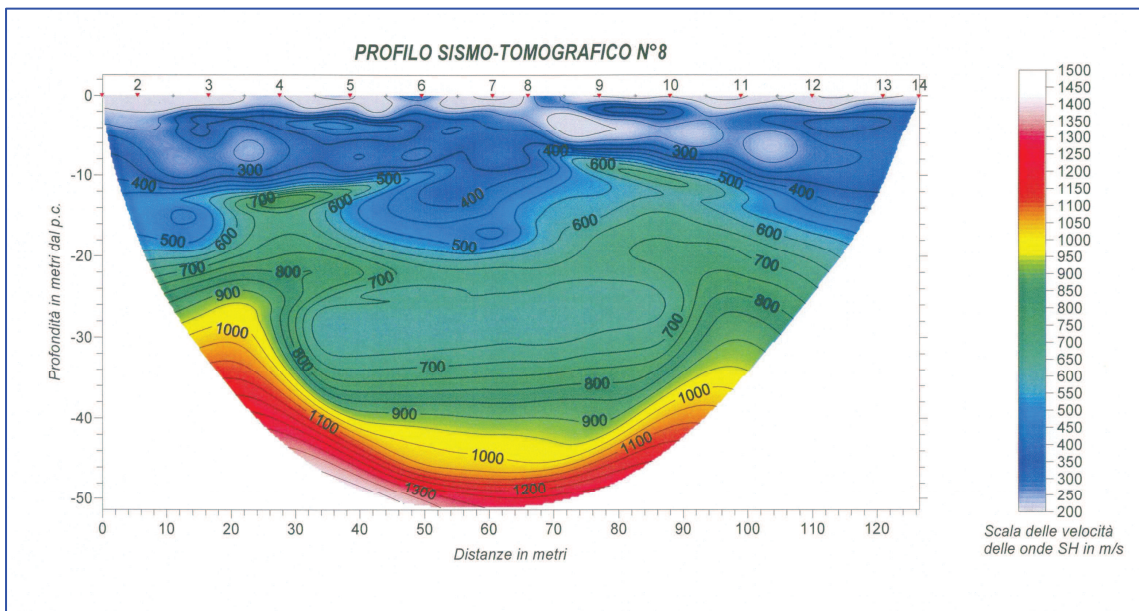
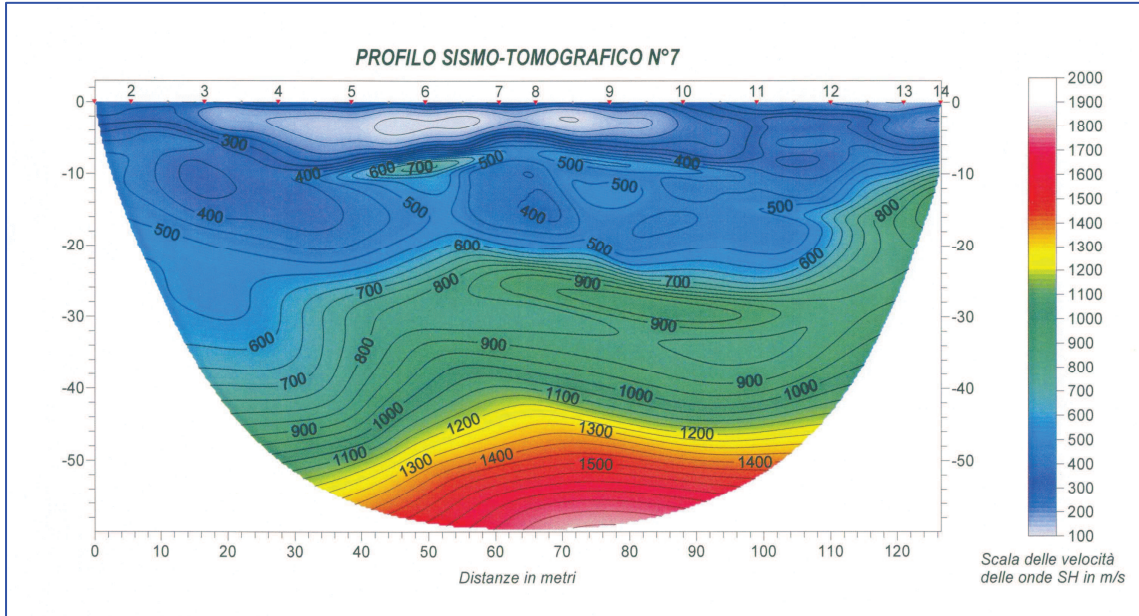
## Stendimento L2 e Profili sismo-tomografici 3-4 Zona Centro Commerciale W-E



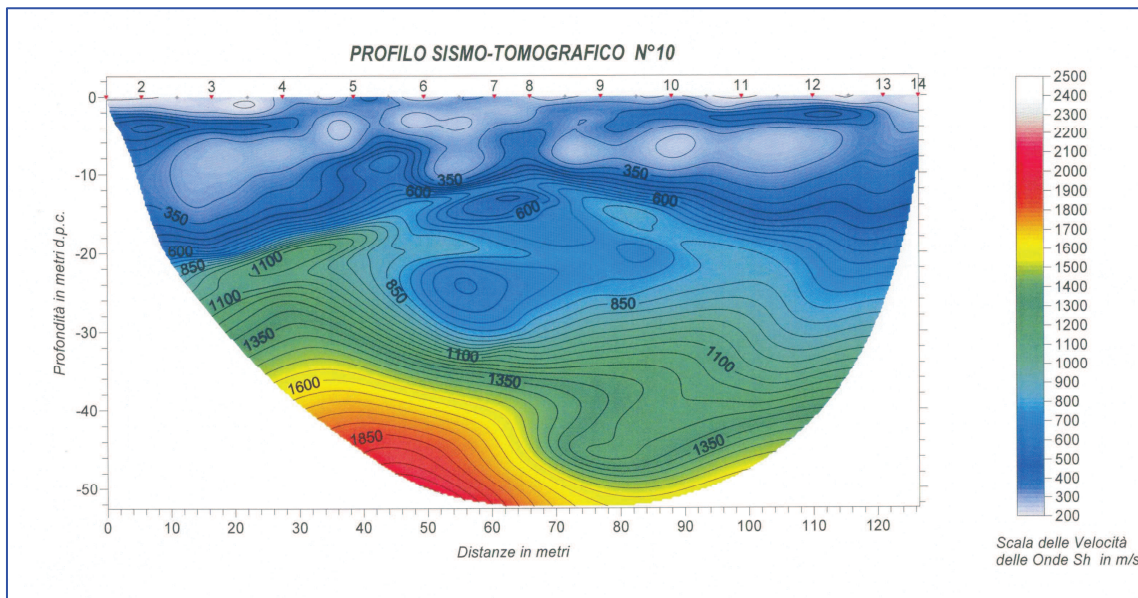
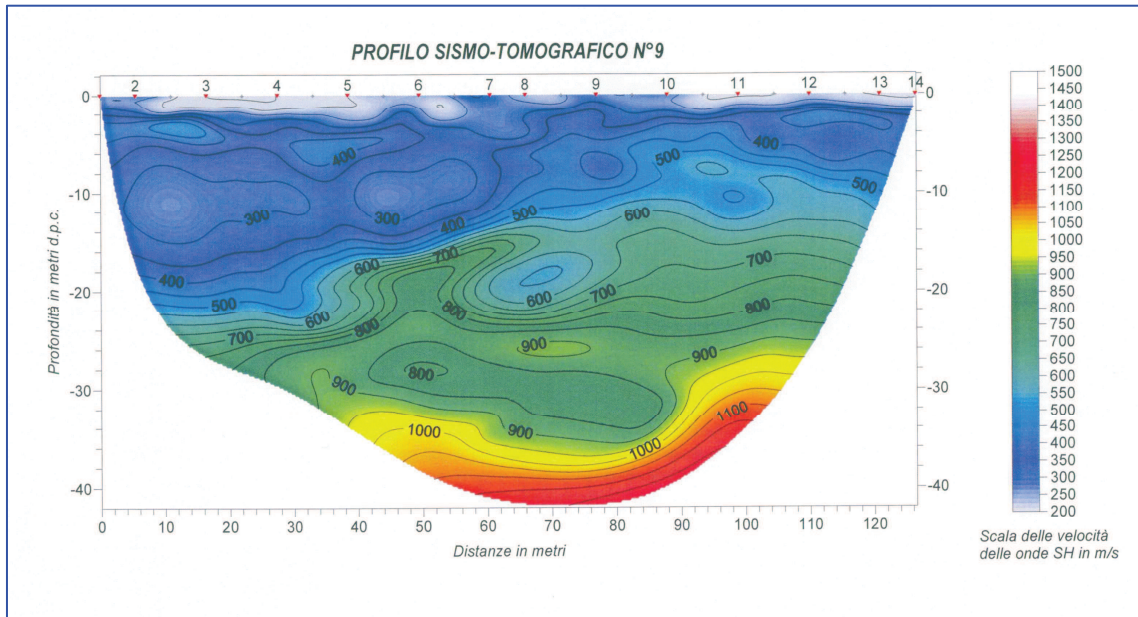
**Stendimento L3 e Profili sismo-tomografici 5- 6 Zona Centro Commerciale**  
**(lato destro) NW-SE**



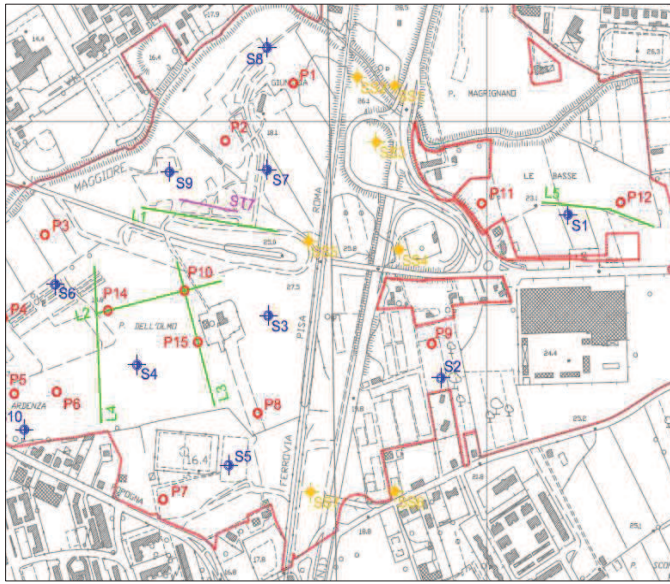
**Stendimento L4 e Profili sismo-tomografici 7- 8 Zona Centro Commerciale**  
**(lato sinistro) NW-SE**



**Stendimento L5 e Profili sismo-tomografici 9- 10 Zona Deposito ATL W-E**





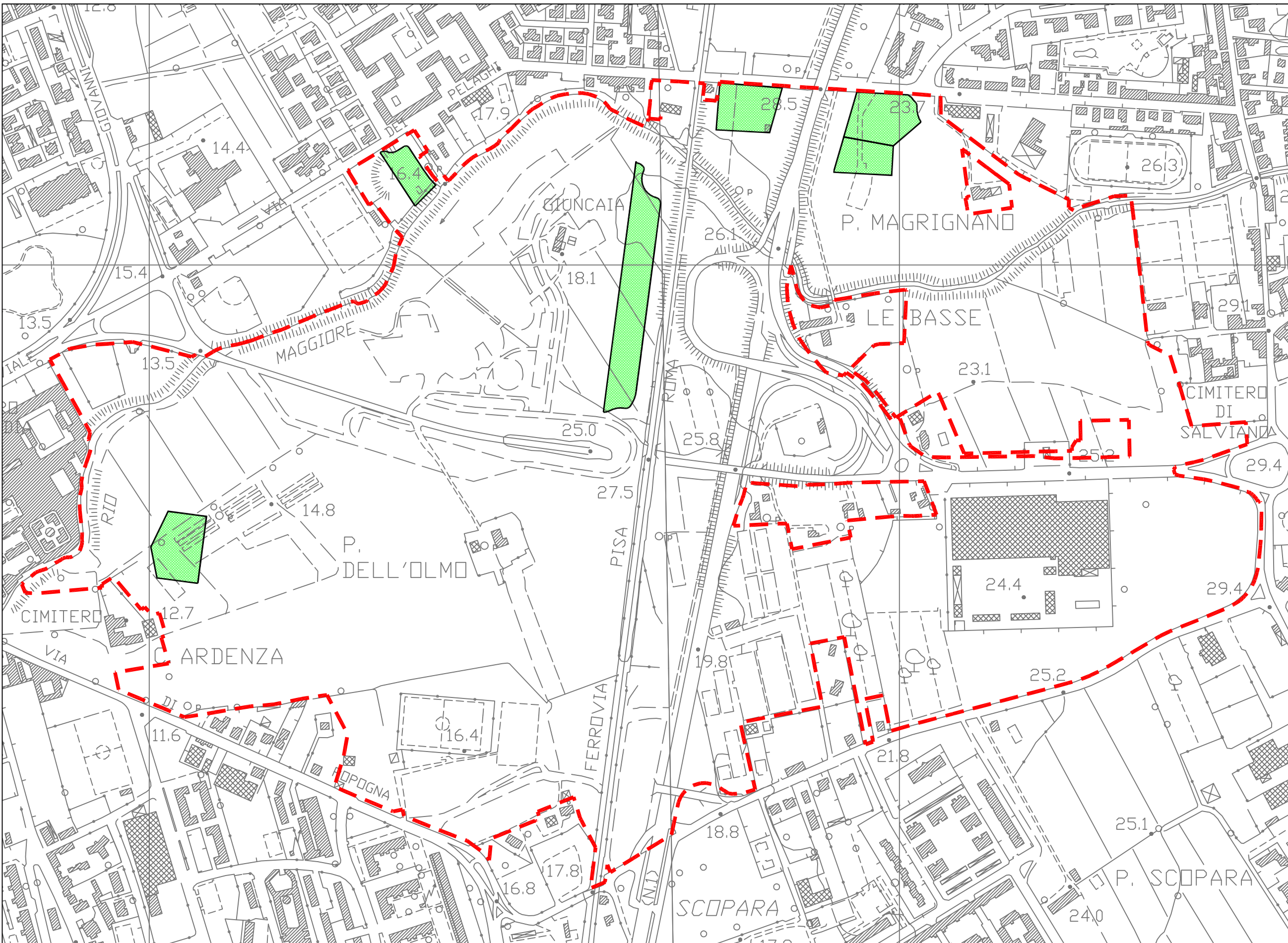
*Tabella riepilogativa dei valori di VSh in m/s*



Stendimento	Profilo	Velocità (m/s)
L1	1	469,48
L1	2	432,33
L2	3	432,27
L2	4	439,23
L3	5	469,98
L3	6	338,98
L4	7	416,08
L4	8	357,99
L5	9	431,65
L5	10	442,47








**Legenda**

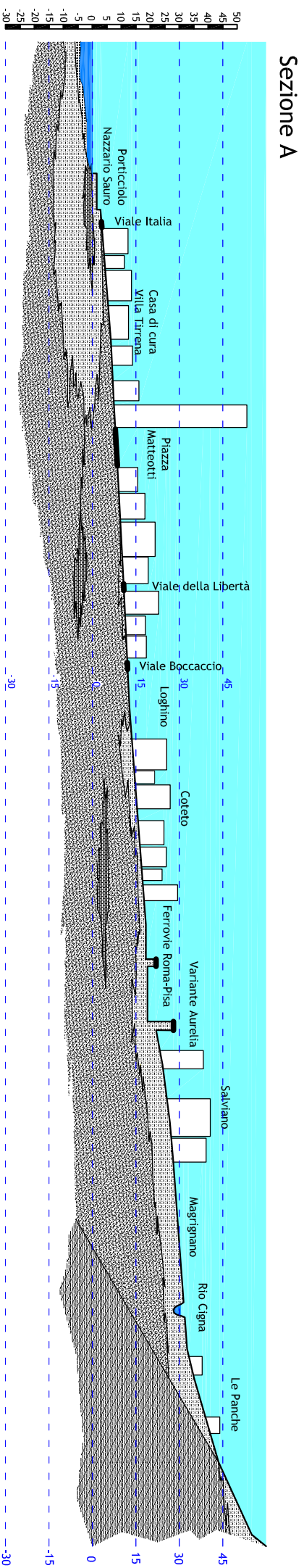
-  Nuovo perimetro U.T.O.E.
-  Area oggetto dell'adeguamento del Piano Particolareggiato



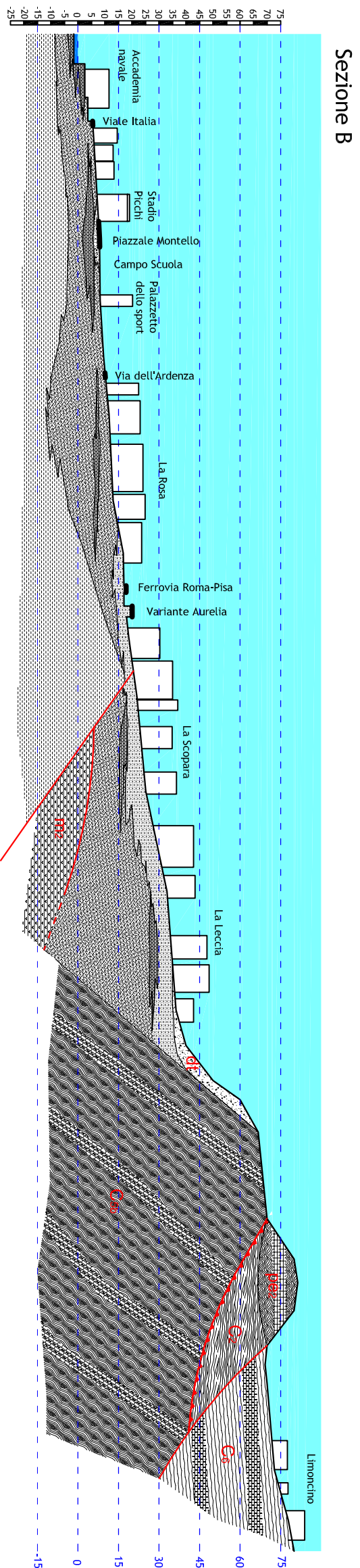


**Legenda**

-  Area in studio
-  di - Discariche
-  d - Detriti e frane
-  a - Alluvioni
-  q9 - Sabbie di Ardenza
-  Conglomerati, calcareniti sabbiose e sabbie limose di Rio Maggiore
-  q6 - Conglomerati, sabbie e limi di Casa P.ai Lecci
-  Conglomerati di Villa Umberto I
-  p - Argille azzurre
-  m8 - Sabbie e Conglomerati di Villa Poggio Piano
-  m7 - Gessi
-  m5 - Marne e marne argillose
-  m4 - Calcarei di Castelnuovo
-  m3 - Conglomerati di Villa Mirabella
-  m - Conglomerati rossi e verdi talora ligniferi
-  C2 - Argilliti e calcari silicei "Palombini"
-  C7 - Flysch calcareo-marnoso di Monteverdi Marittimo
-  pe2 - Flysch calcareo-marnoso di Poggio S. Quirico con livelli di breccie
-  Csb - Argilliti, arenarie calcarifere, marne e siltiti (Formazione di Antignano)
-  + - Livelli di breccie e olistrostromi



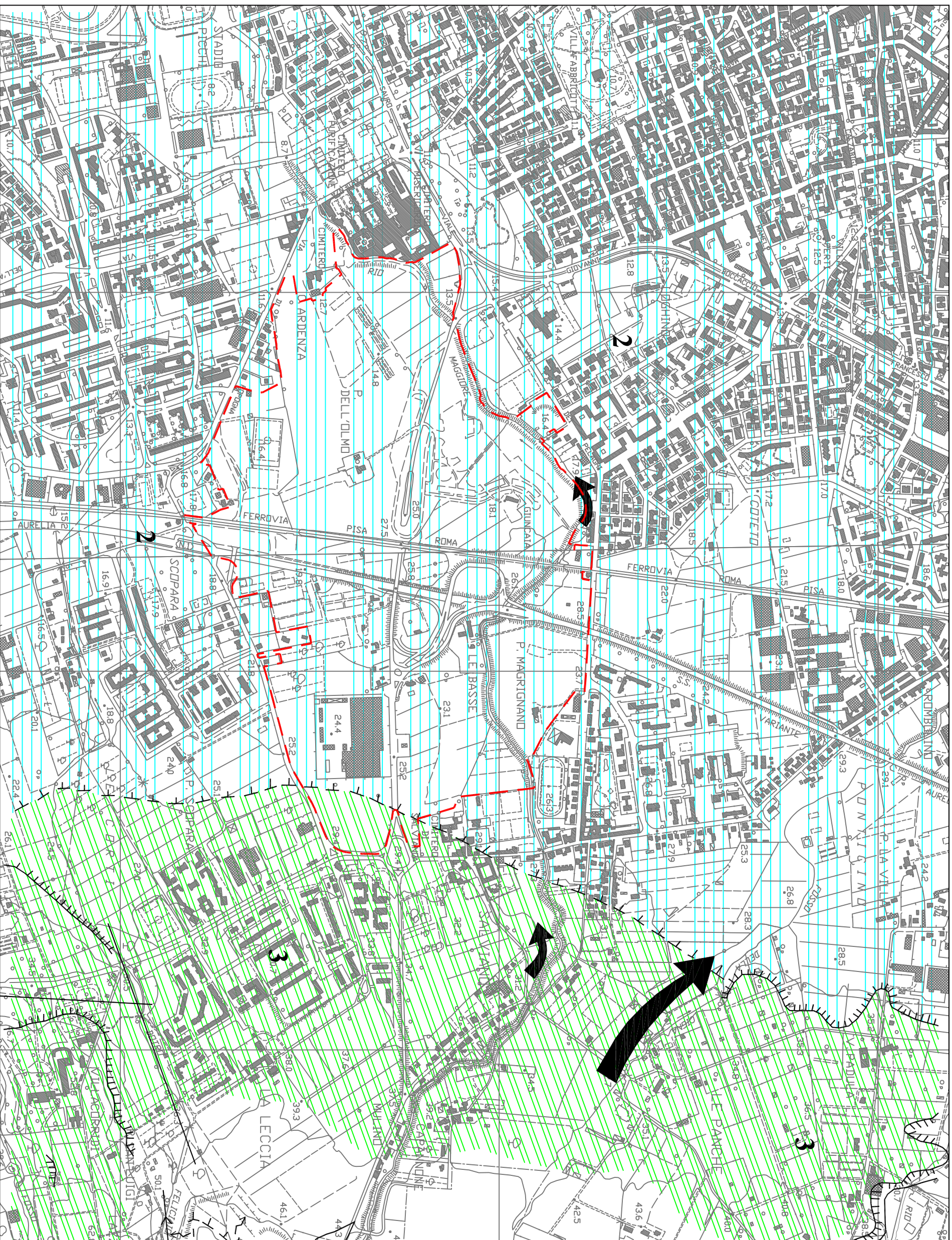
Sezione A




Sezione B

<b>CARATTERISTICHE LITOLOGICHE DELLE FORMAZIONI SEMICOERENTI ED INCOERENTI</b>							
Età	Formazione	Stratigrafia	Simbolo			Descrizione dei principali caratteri litologici e geotecnici	
			$\gamma$	$\phi$	c		
Olocene attuale	Detrito		D	1.7-2.0	0-12	0-1.5	Materiale di riempimento saturo ed eterogeneo
Pleistocene Superiore - attuale	Sedimentipalustri, alluvionali e di colmata		C6	2.1	7-15	0.2-5	Argille limose leggermente sabbiose passanti ad argille limose - passaggi eterofidi di spessori organici
			C5	1.7-1.9	35-40	0-0.8	Sabbie limose addensate (tomoli sepoli) - passaggi eterofidi di spessori organici
			C4	1.9-2.1	10-25	7-12	Argilla limosa passante a sabbia argillo-limosa
			C3	1.8-1.9	0-20	0-1.5	Sabbie limose
			C2	1.4-1.9	25-30	0-3	Sabbie fine argillose passanti ad argilla limosa:
			C1	1.9-2.2	35-40		Ghiaie sabbiose molto grossolane addensate
Pleistocene Superiore	Dominio dei Terrazzi		B3	1.8-2.0	0-20	10-20	Limf. sabbiosi ed argillosi con passaggi granulometrici > 0.8 mm e noduli di Fe e Mn, consistenza media
			B2	1.8-2.0	30-40	0-5	Sabbie limose med. addensate e a tratti cementate, sabbie medio fini con detriti e ghiaietto, sabbie grossolane, clivili ed addensamento variabile
			B1				Calcareniti in lastre e trovanti lapidei (panchina) o alterate, erose e detritiche
			B0	1.7	30-35	0-0.6	Sabbie da fini a limo-argillose con spessori condizionali
Pliocene Inf.	Argille plioceniche		A	1.9-2.2	20-25	10-20	Argille ed argille sabbo-limose consistenti:
				1.9-2.2	30-40	10-20	Limbo sabbioso-argilloso Sabbia
<b>FORMAZIONI LITOIDI IN AFFIORAMENTO*</b>							
Miocene Sup. M <sub>2</sub>	Calcari dell'acquedona						
Cretaceo Inf. C <sub>2</sub>	Argilli e calcari silicei "Palombini"						
Giurese Sup. g	Radiolenti (diapri)						
Giurese Sup. Δ	Basalti						
Giurese Sup. Γ	Gabbri e Breccie di gabbro						
Cretaceo Sup. C <sub>6</sub>	Arenarie, siltiti, argilli con <i>Philonella</i>						
Eocene Inf./Med. pe <sub>2</sub>	Flysch calcareo-arenoso di Poggio S. Quirico con livelli di breccia						
Cretaceo Sup. C <sub>5b</sub>	Argilliti, arenarie calcarie, marne e siltiti (formazione di Antignano)						
* da CARTA GEOLOGICA DEI COMUNI DI LIVORNO E COLLESALVETTI (Lazzarotto - Mezzanti, 1990)							






### Legenda

 Nuovo perimetro U.T.O.E.


#### Unità fisiografiche principali

 2 Area terrazzata recente


 3 Area terrazzata più antica

 4 Area collinare


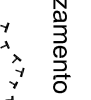
 a Alluvioni

 Direzione flusso di probabile esondazione


#### Tipi Erosivi

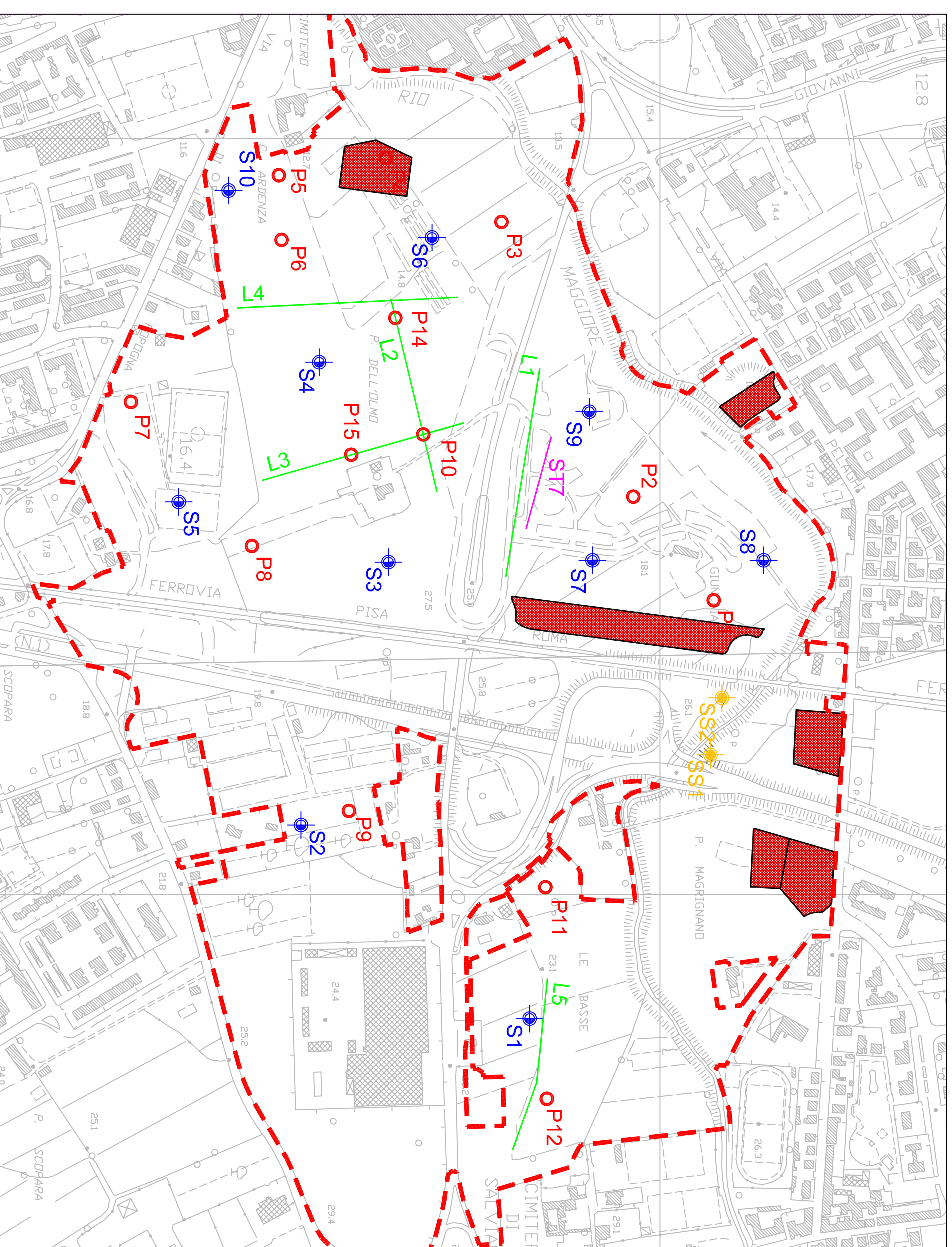
 Erosione incanalata








#### Tipi di Dissesto

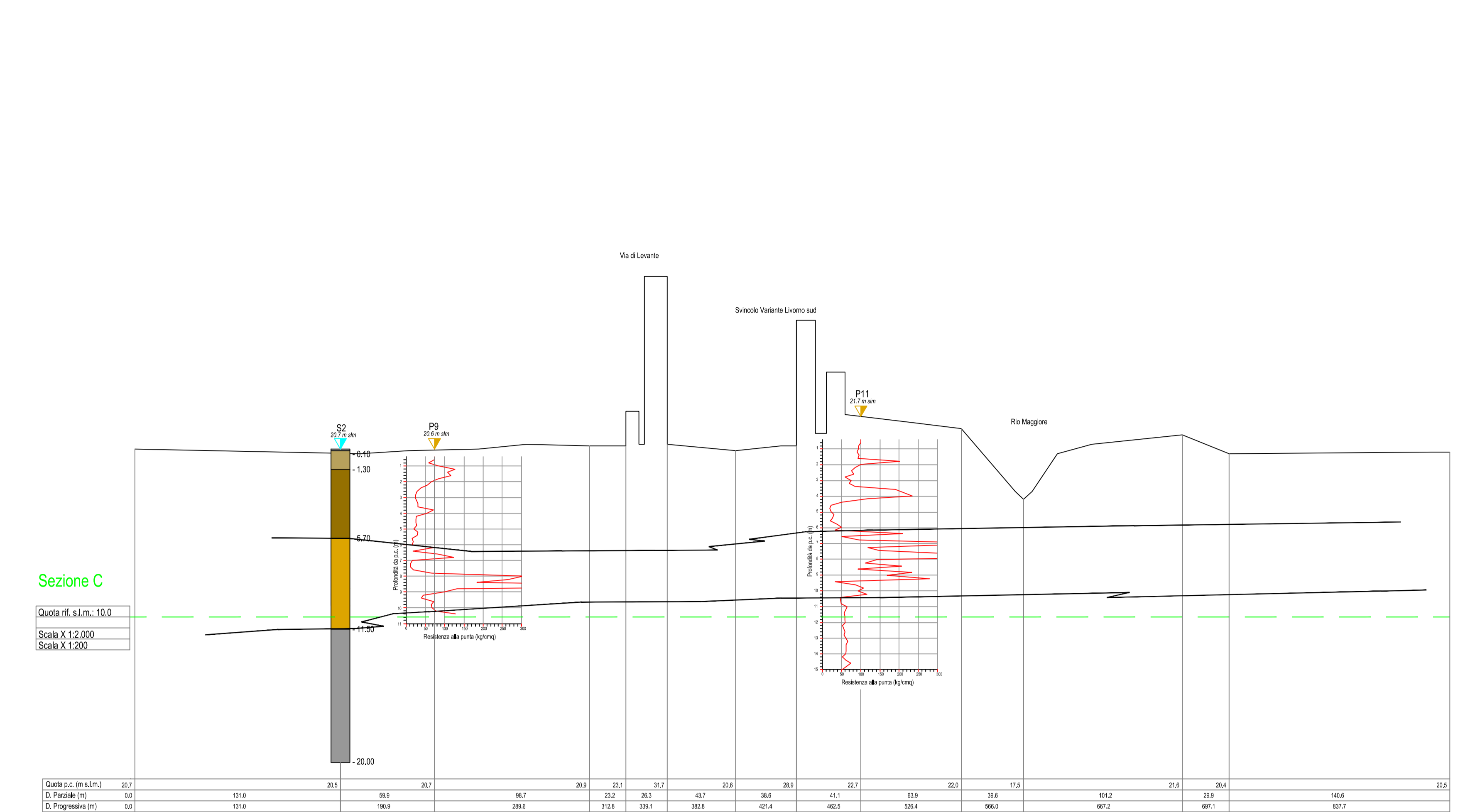
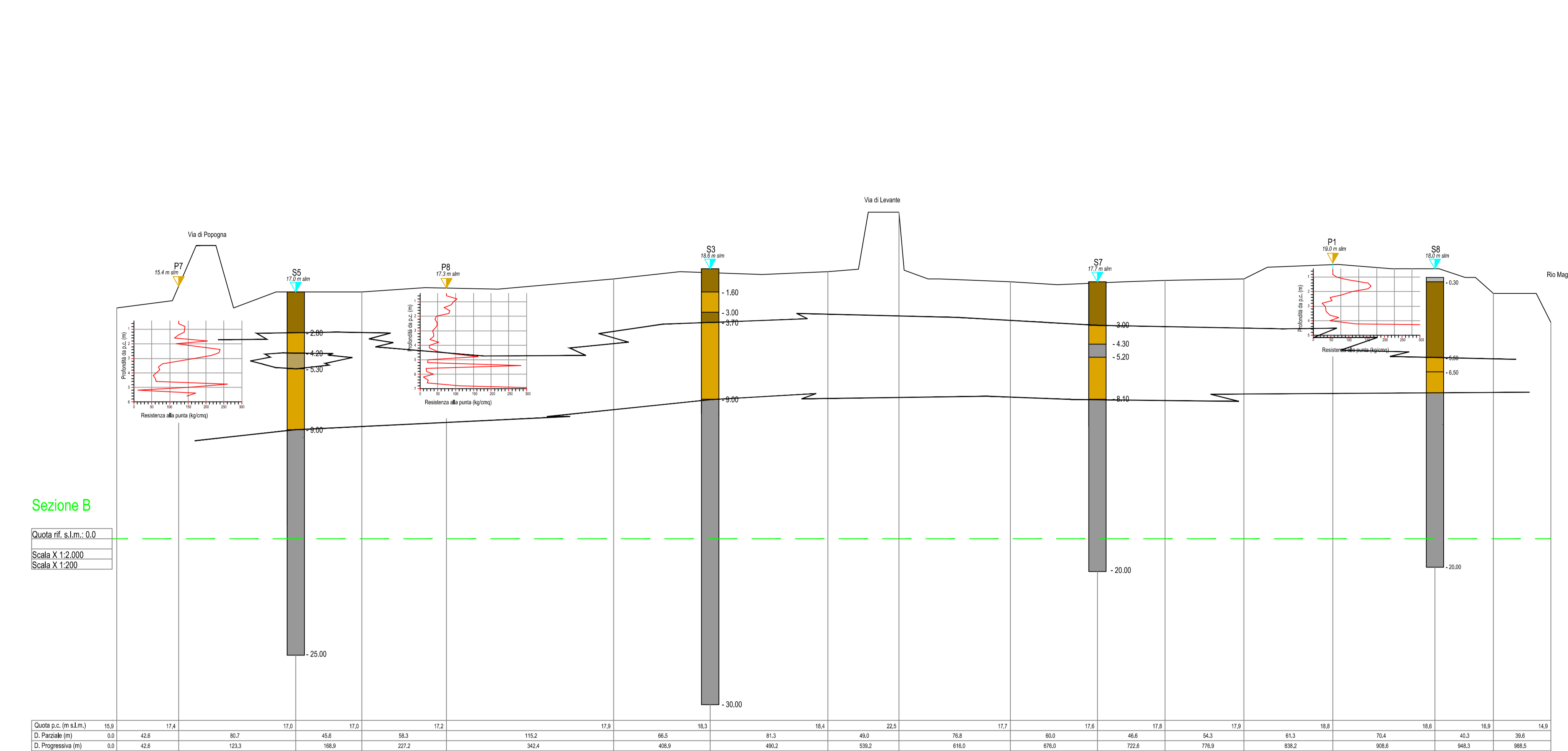
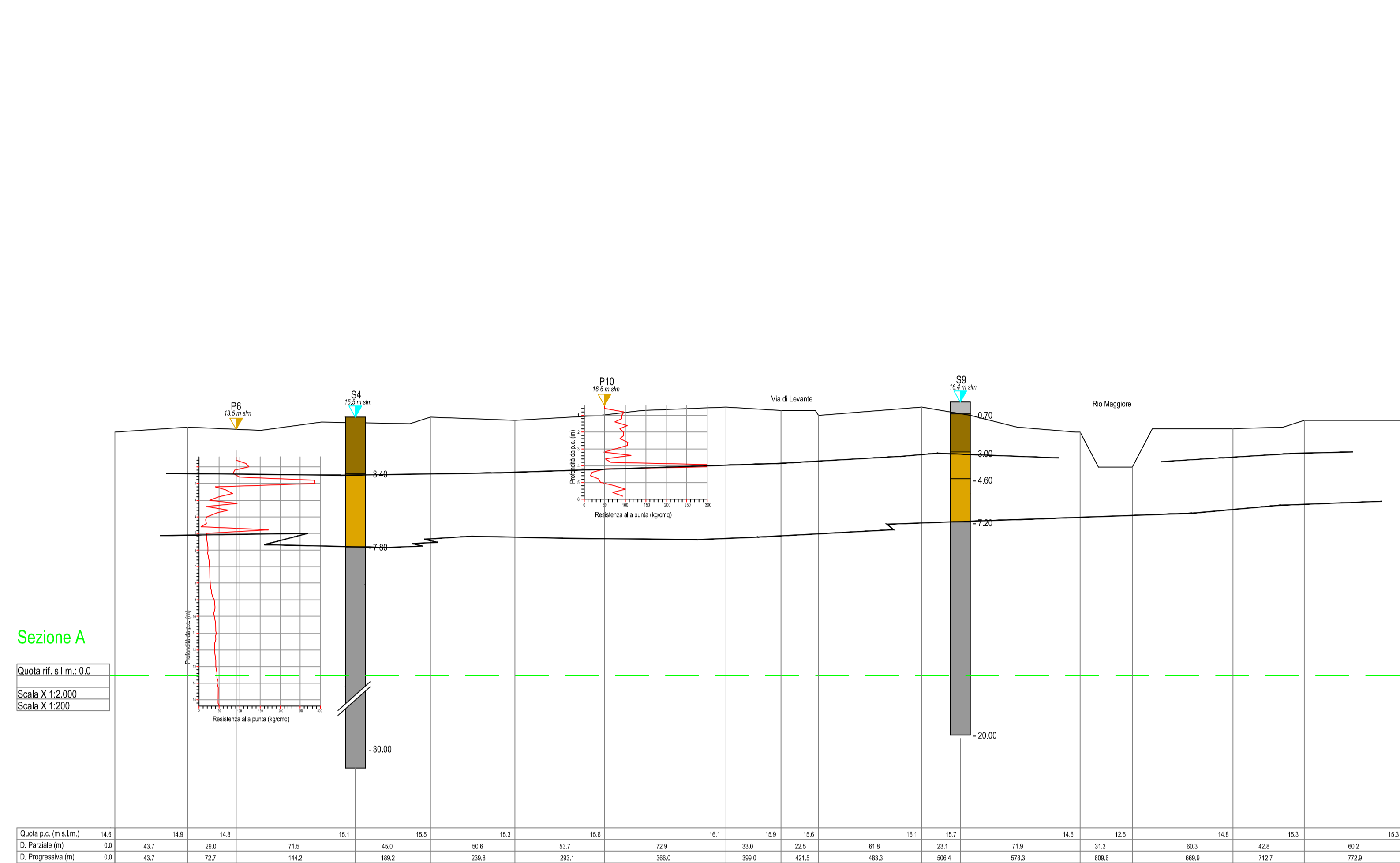
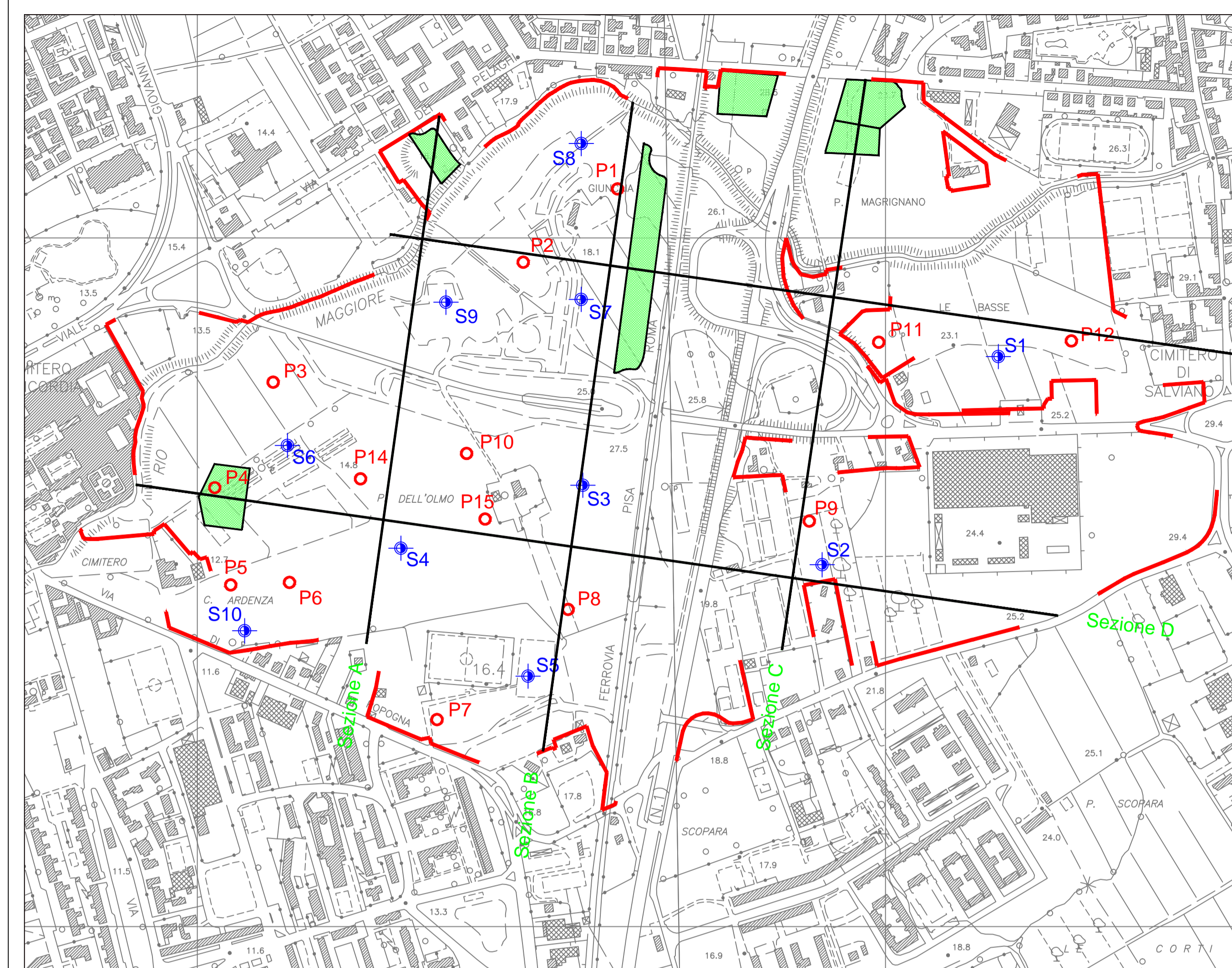
 Ciglio di terrazzamento morfologico  
- presunto 

#### Elementi Strutturali

 Lineazione (faglia, frattura, diaclasi)



- Legenda**
-  Nuovo perimetro U.T.O.E.
  -  Area oggetto dell'adeguamento del Piano Particolareggiato
  -  Sondaggi a carotaggio continuo (Campagna 1989 - 1990)
  -  Sondaggi a carotaggio continuo con piezometro (2008)
  -  Penetrometrie statiche (2008)
  -  Ln - Stendimento sismo-tomografico (2008)
  -  ST7 - Stendimento sismo-tomografico "Piano di Protezione Civile per il Rischio Sismico (2006)"



Quota (rl. s.l.m.)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0
Programma (m)	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-55	-60	-65	-70	-75

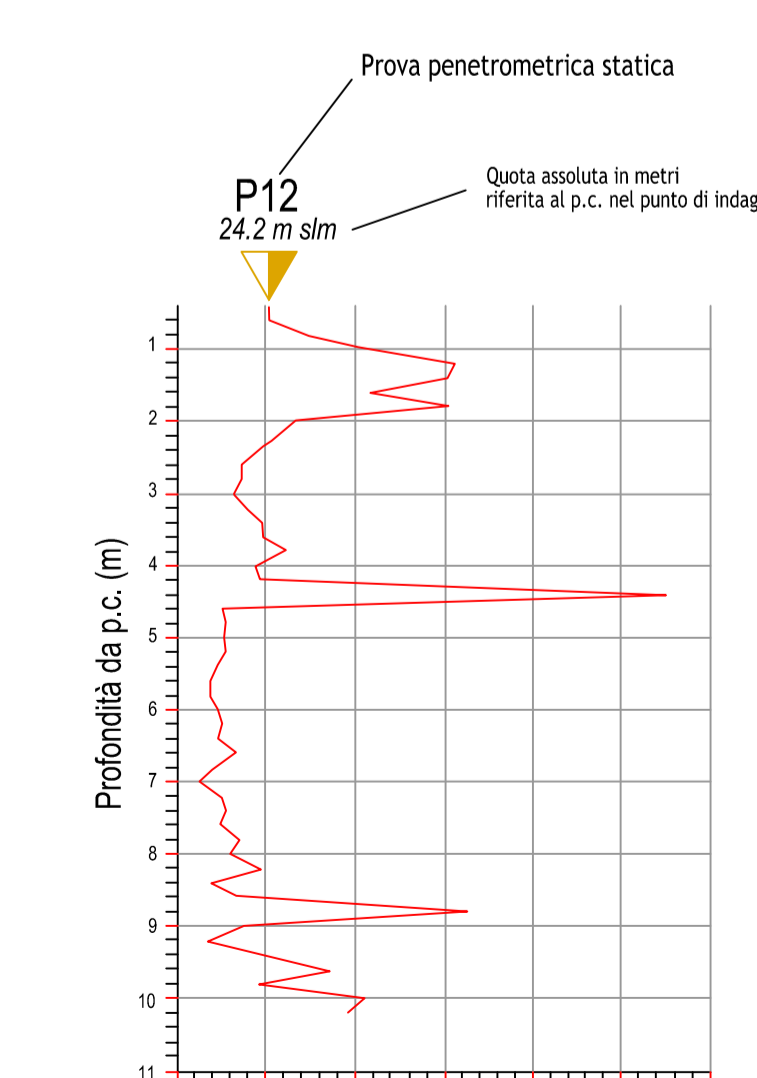
Quota (rl. s.l.m.)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0
Programma (m)	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-55	-60	-65	-70	-75

Quota (rl. s.l.m.)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0
Programma (m)	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-55	-60	-65	-70	-75

Comune di Livorno  
Piano Particolareggiato NUOVO CENTRO  
REPORT GEOLOGICO GENERALE

Legenda  
 NUOVO PERIMETRO U.T.O.E.  
 TRACIA DELLE SEZIONI

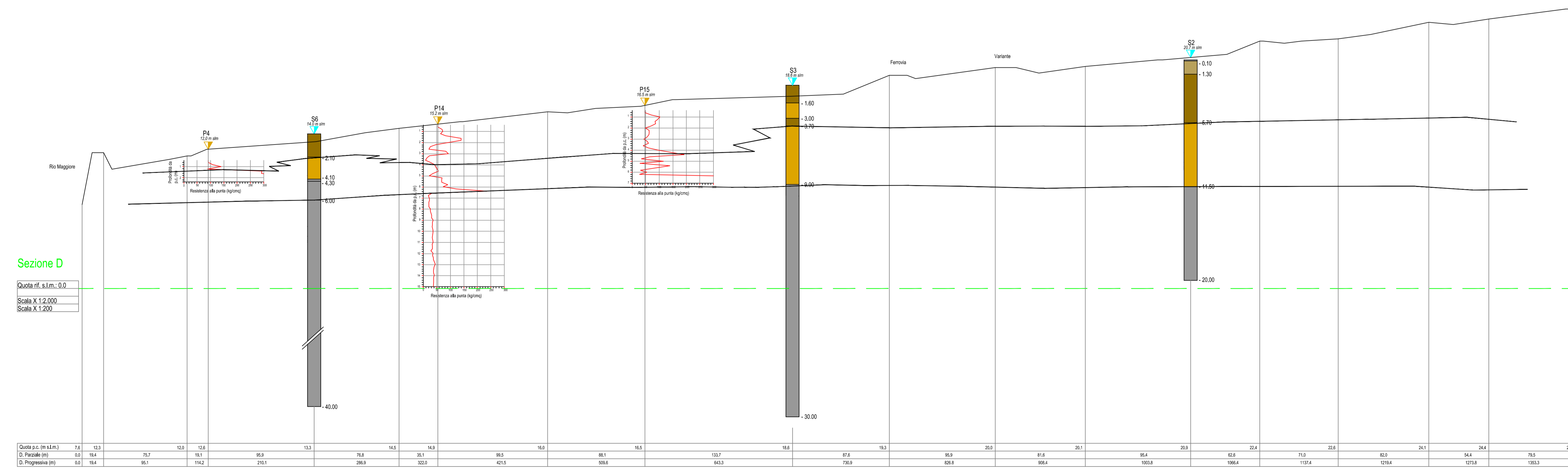
TERRAZZO di Livorno  
 Sabbie limose - limi sabbiosi con gusci di ghiaie e frammenti di calcare  
 Sabbie limose con frammenti di calcare  
 Limi argillosi - argille limose grigio-rosee



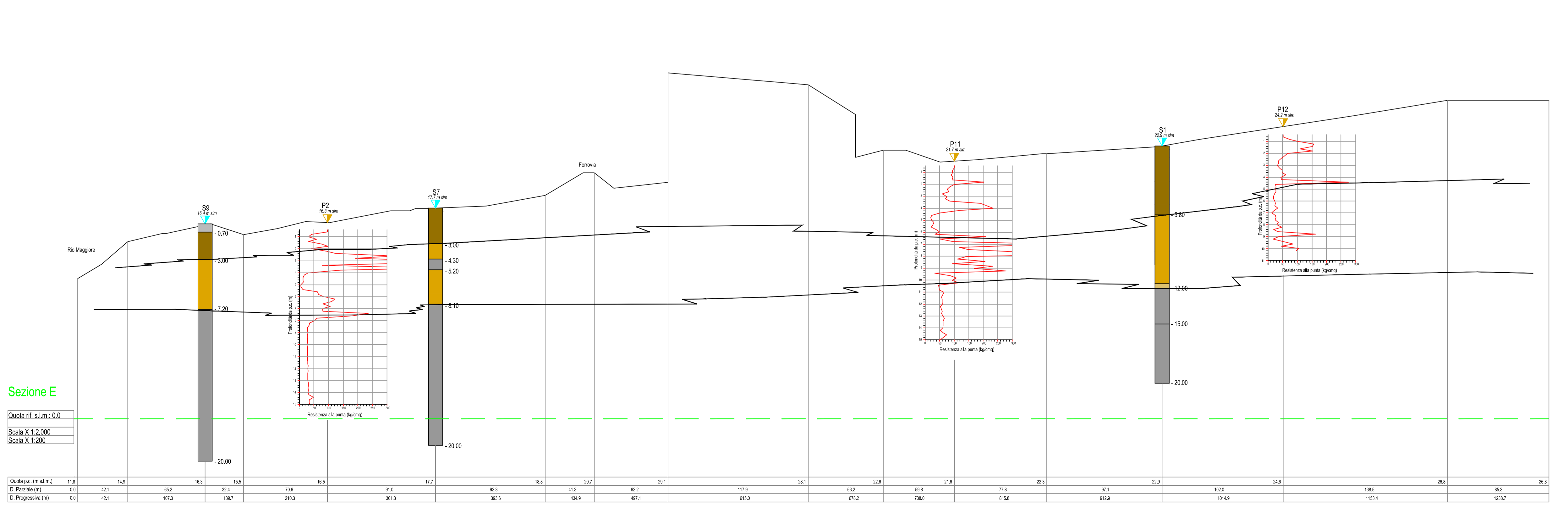
Oggetto:  
Sezioni litostratigrafiche



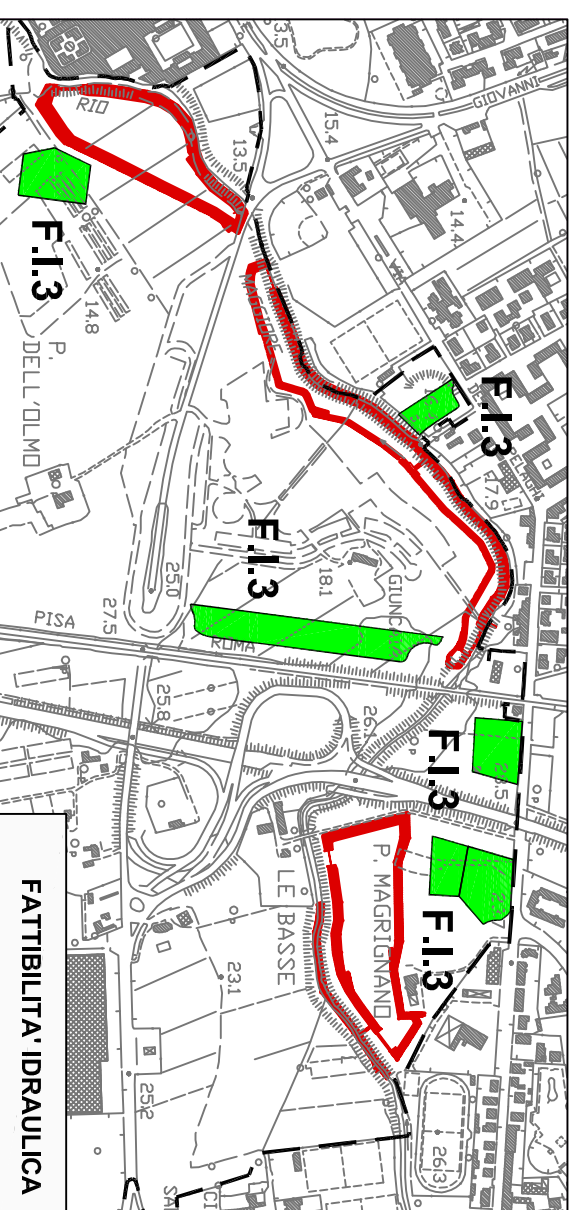
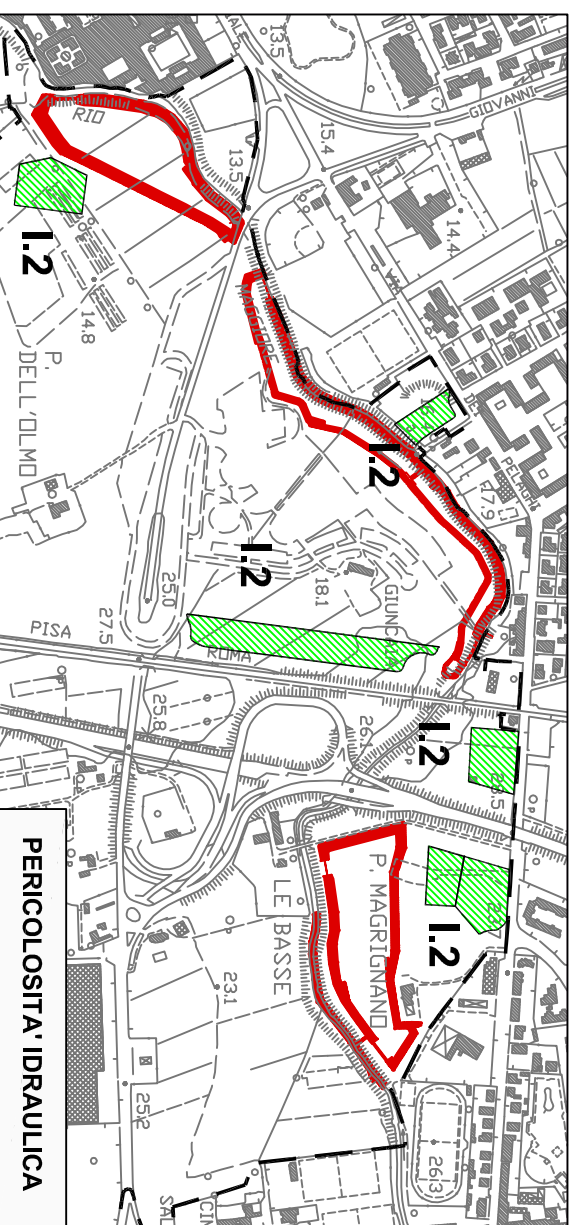
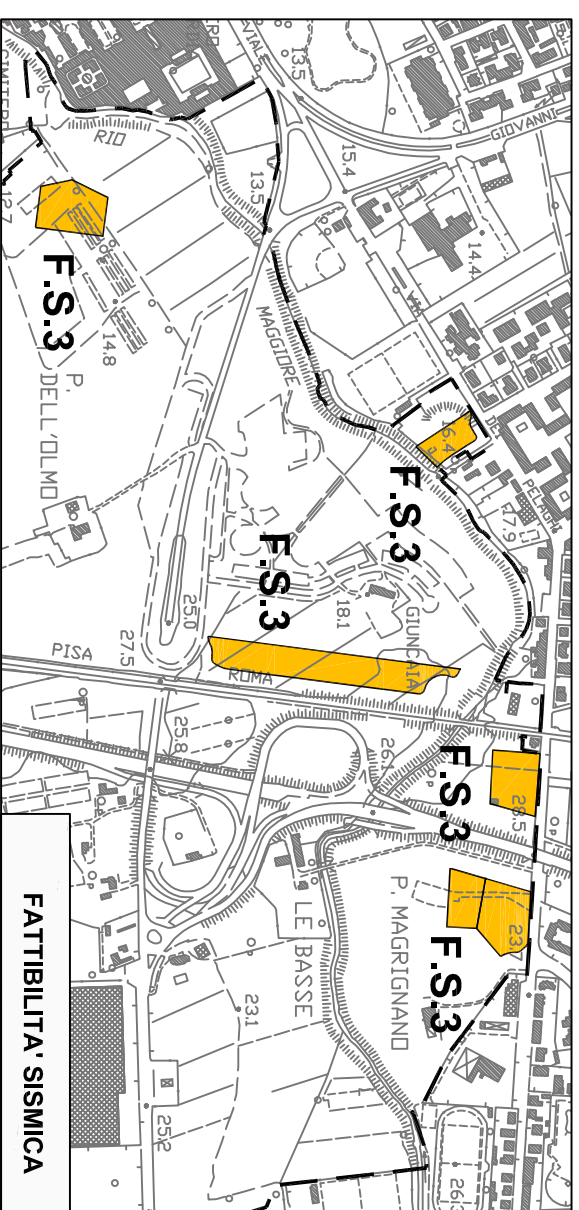
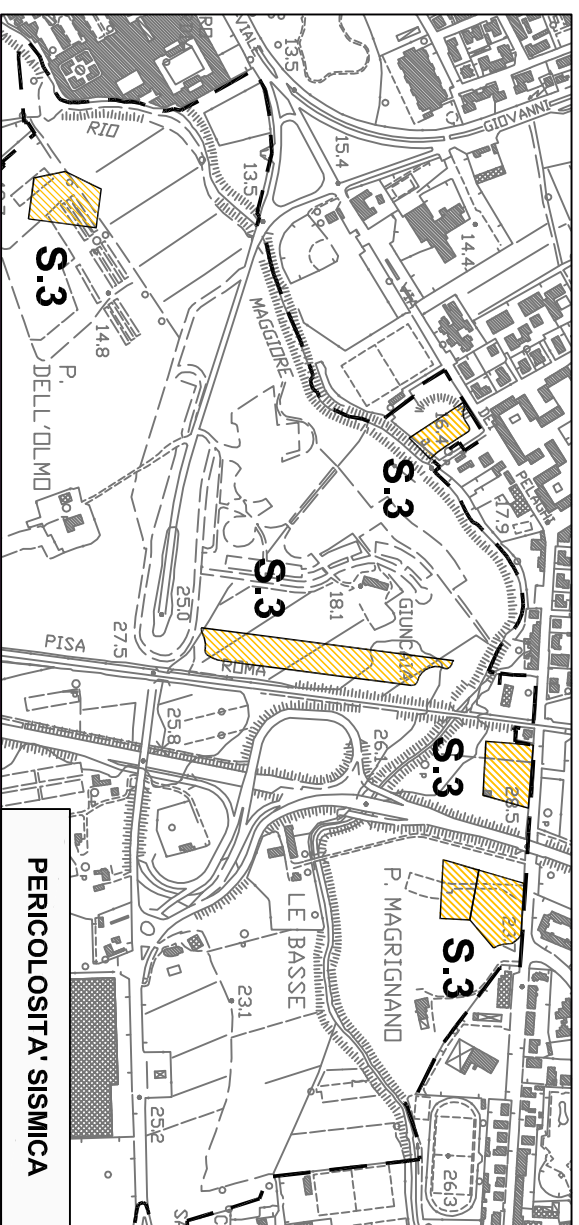
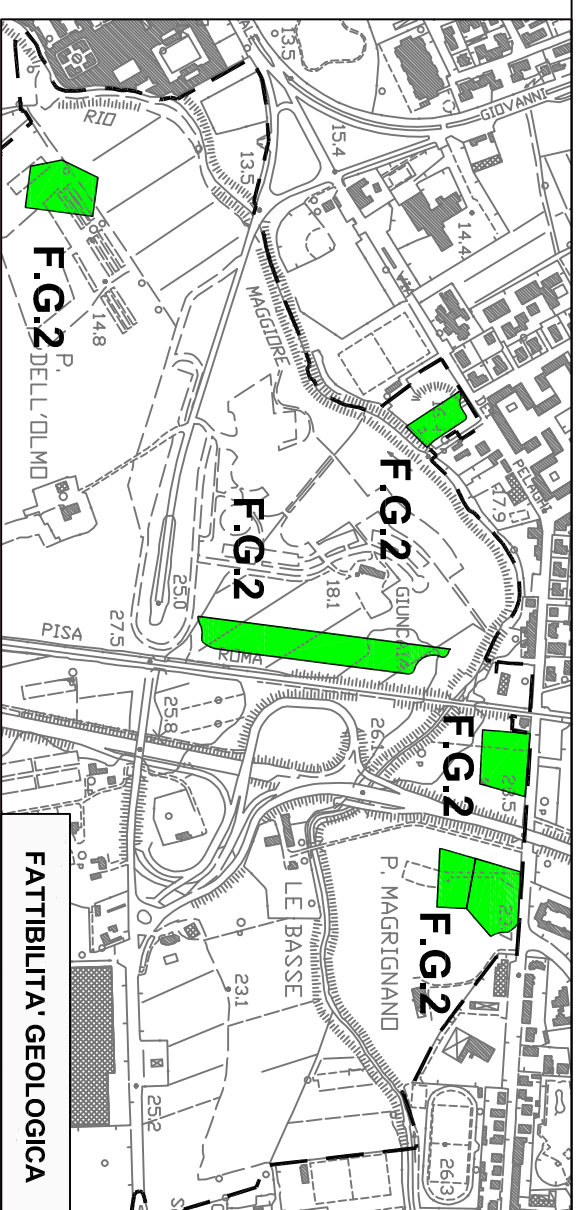
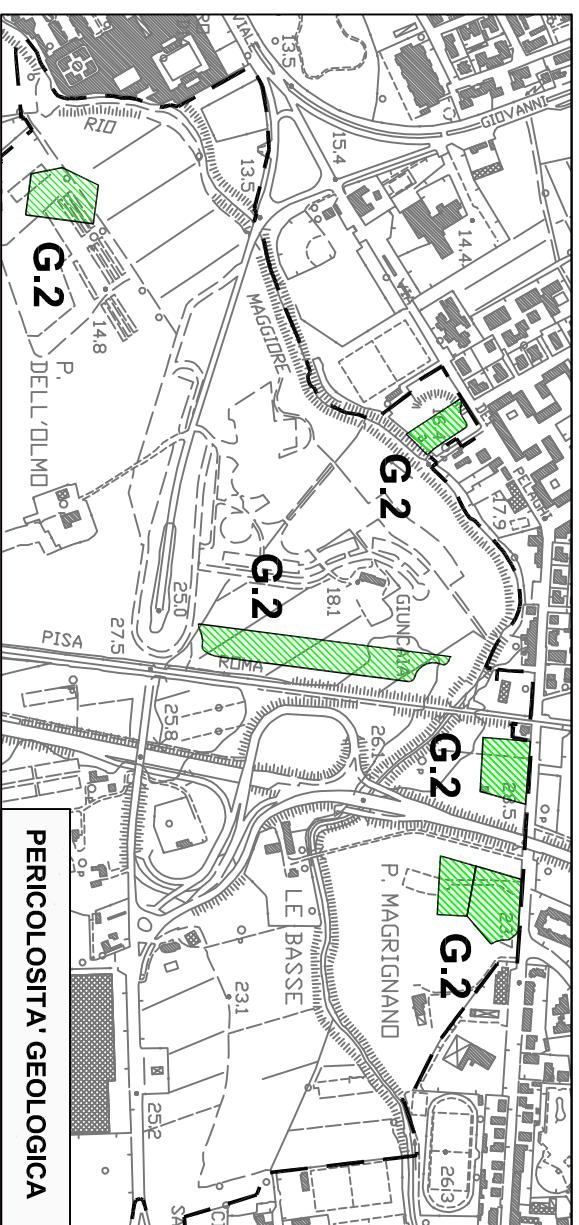
U.O. ex Strategie Ambientali (Comune di Livorno)  
Dr. Geol. Leonardo Gonnelli  
 Parametrica scala 1: 5000  
Sezioni scala X: 1: 2000  
scala Y: 1: 200  
**Tavola 6**  
 Equipe di lavoro:  
Dr. Geol. Alessio Tonda  
Dr. Sc. Geol. Michele Danzi  
 Data:  
Luglio 2013



Quota (rl. s.l.m.)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0
Programma (m)	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-55	-60	-65	-70	-75



Quota (rl. s.l.m.)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0
Programma (m)	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-55	-60	-65	-70	-75



**Legenda**  
 — Nuovo perimetro U.T.O.E.

- Classi di Pericolosità Geologica**
- G.4: Classe 4 - MOLTO ELEVATA
  - G.3: Classe 3 - ELEVATA
  - G.2: Classe 2 - MEDIA
  - G.1: Classe 1 - BASSA

- Classi di Pericolosità Sismica**
- S.4: Classe 4 - MOLTO ELEVATA
  - S.3: Classe 3 - ELEVATA
  - S.2: Classe 2 - MEDIA
  - S.1: Classe 1 - BASSA

- Classi di Pericolosità Idraulica**
- I.4: Classe 4 - MOLTO ELEVATA
  - I.3: Classe 3 - ELEVATA
  - I.2: Classe 2 - MEDIA
  - I.1: Classe 1 - BASSA

 Casse previste dal Piano attuativo Nuovo Centro

- Classi di Fattibilità Geomorfologica**
- F.G.4: Classe 4 - LIMITATA
  - F.G.3: Classe 3 - CONDIZIONATA
  - F.G.2: Classe 2 - CON NORMALI VINCOLI
  - F.G.1: Classe 1 - SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI

- Classi di Fattibilità Sismica**
- F.S.4: Classe 4 - LIMITATA
  - F.S.3: Classe 3 - CONDIZIONATA
  - F.S.2: Classe 2 - CON NORMALI VINCOLI
  - F.S.1: Classe 1 - SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI

- Classi di Fattibilità Idraulica**
- F.I.4: Classe 4 - LIMITATA
  - F.I.3: Classe 3 - CONDIZIONATA
  - F.I.2: Classe 2 - CON NORMALI VINCOLI
  - F.I.1: Classe 1 - SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI



## U.T.O.E. 4C18 “NUOVO CENTRO”

Variante al Regolamento Urbanistico e conseguente adeguamento del Piano Particolareggiato



### **INTEGRAZIONE RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA**

Dirigente U.O.va Strategie Ambientali

Dott. Geol. Leonardo Gonnelli

Equipe di Lavoro:

Dott. Geol. Alessio Tanda

Dott. In Sc. Geol. Michele Danzi

*dicembre 2013*

## **Premessa**

Il presente elaborato integra ed in parte modifica la relazione geologico-tecnica (già agli Atti di questo Spett.le Ente) redatta nel luglio 2013 a supporto della Variante al Regolamento Urbanistico e del conseguente adeguamento del Piano Particolareggiato UTOE 4C18 “Nuovo Centro”, relativamente agli aspetti inerenti le seguenti tematiche:

1. Liquefazione dei terreni in oggetto
2. Pericolosità e Fattibilità Idraulica

### **1. Liquefazione dei terreni in oggetto**

Come previsto dalle NTC 2008, al paragrafo 7.11.3.4.2., la verifica a liquefazione può essere omessa al manifestarsi di almeno una delle seguenti circostanze:

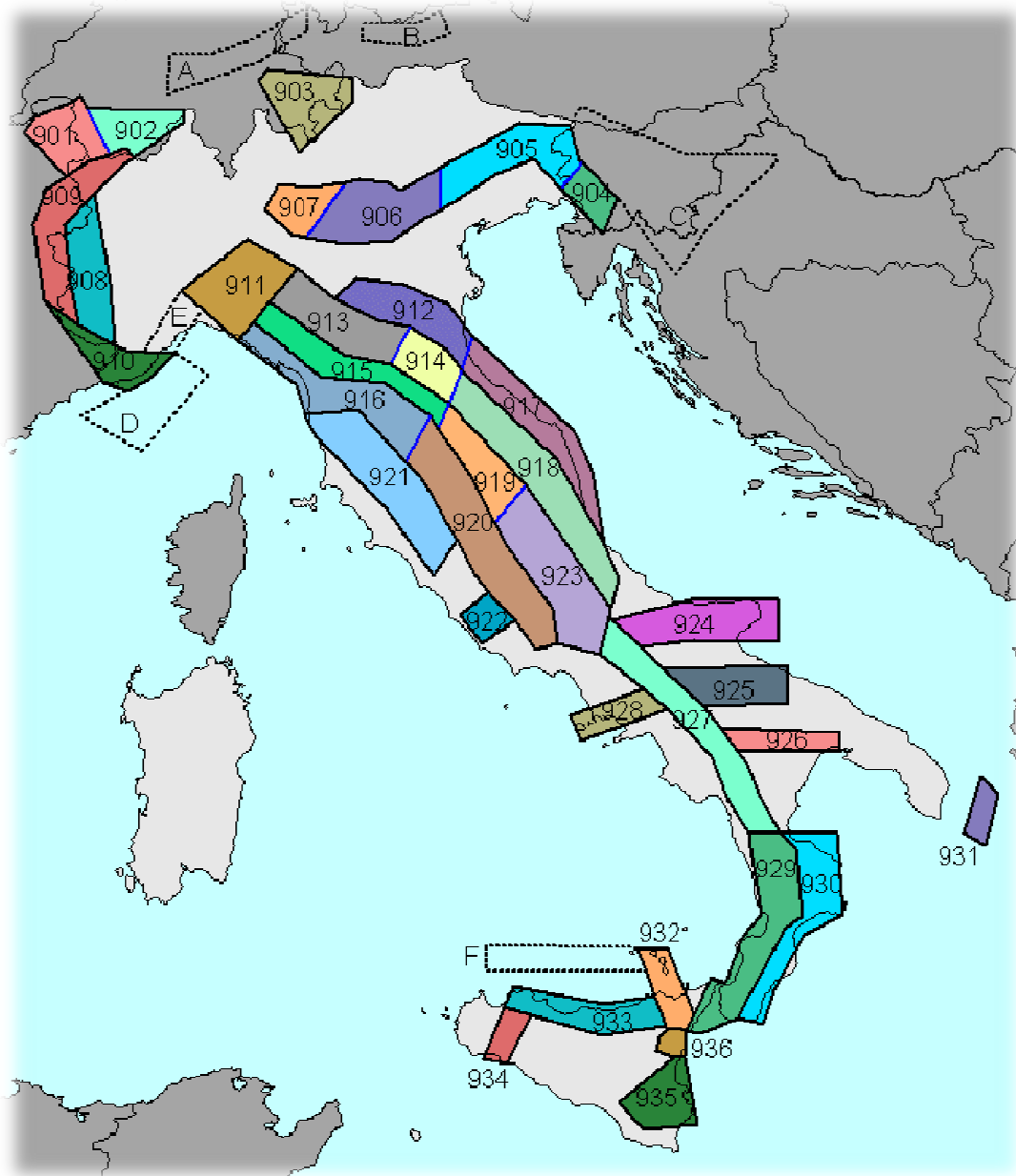
- a.* eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
- b.* accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di  $0,1g$ ;
- c.* profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- d.* depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata\*  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- e.* distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

#### **1.1 Verifica esclusione per eventi sismici attesi**

Purtroppo ne il DM 14 gennaio 2008 – NTC ne la Circolare esplicativa n. 617/2009 forniscono indicazioni su quale Magnitudo debba essere assunta (magnitudo massima  $M_w$  ? o Magnitudo minima  $M_m$  ?).

L'unico documento Ufficiale che fa un po di chiarezza sull'argomento è costituito dagli “indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica” – Parte II – Cap. 2.8 “Procedura di stima della magnitudo attesa, per le analisi nelle zone suscettibili di instabilità”.

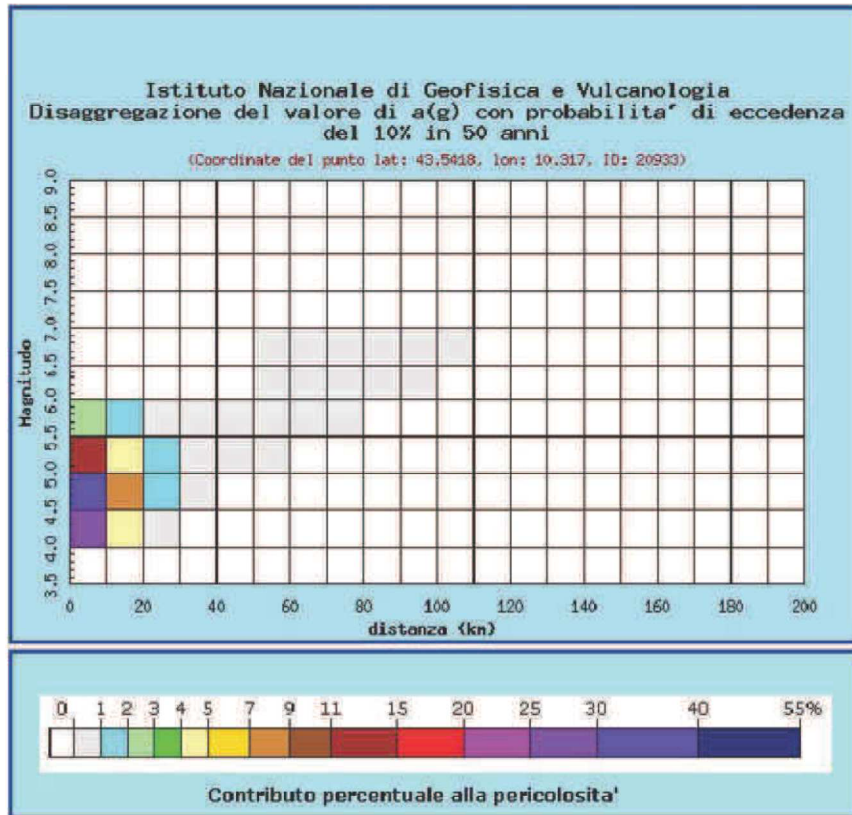
In tale documento viene indicato come metodo semplice e a favore di sicurezza per la stima della magnitudo, quello di considerare la zona sismo genetica ZS9 dove ricade il sito in studio ed alla quale è associato un valore di  $M_{wmax}$ : nel caso in studio la zona sismo genetica ZS9 è la 921 a cui è associata una  $M_{wmax} = 6.14$ , pertanto seguendo questo criterio la valutazione della liquefazione deve essere eseguita.



*Zonazione sismo genetica (ZS9) del territorio nazionale.*

Nello stesso documento viene però consentito anche di far riferimento alla disaggregazione della pericolosità sismica, operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito in termini di coppie M-R di magnitudo – distanza.

Per il sito in oggetto, si evince che la coppia M-R che fornisce il maggior contributo alla pericolosità sismica del sito è quella per M = 4.5-5 e R = 0-10 Km, con un contributo percentuale del 25%.



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni <small>(Coordinate del punto lat: 43.5418, lon: 10.317, ID: 20933)</small>										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	28.000	35.500	11.300	2.550	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	4.570	8.560	4.560	1.310	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.232	1.120	1.110	0.420	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.047	0.256	0.144	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.029	0.049	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036	0.066	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.070	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.740	7.410	0.625



Il valore medio di magnitudo risulta  $M_n = 4.74$  pertanto secondo questo criterio la valutazione del potenziale di liquefazione può essere omessa.

## 1.2 Osservazioni sulle granulometrie dei terreni

Dall'analisi delle carote ottenute dai sondaggi a carotaggio continuo eseguiti al contorno delle aree interessate dagli interventi oggetto dell'adeguamento al Piano Particolareggiato, nello specifico il sondaggio S6, S7, S8, SS1 e SS2 riportati nell'Allegato 1 dalla Relazione Geologico-Tecnica datata luglio 2013, si denota che:

- i terreni in studio sono caratterizzati da una frazione limo argillosa dominante;
- i livelli di **sabbia limosa** mediamente addensata, che si ritrovano intorno ai  $-4,00$   $-6,00$  m. da p.c. interessati dalla presenza di falda, assumono sempre uno spessore inferiore rispetto a quelli soprastanti contraddistinti da una componente argillo-limosa significativamente maggiore e che quindi non risultano certamente interessati da fenomeni di liquefazione.

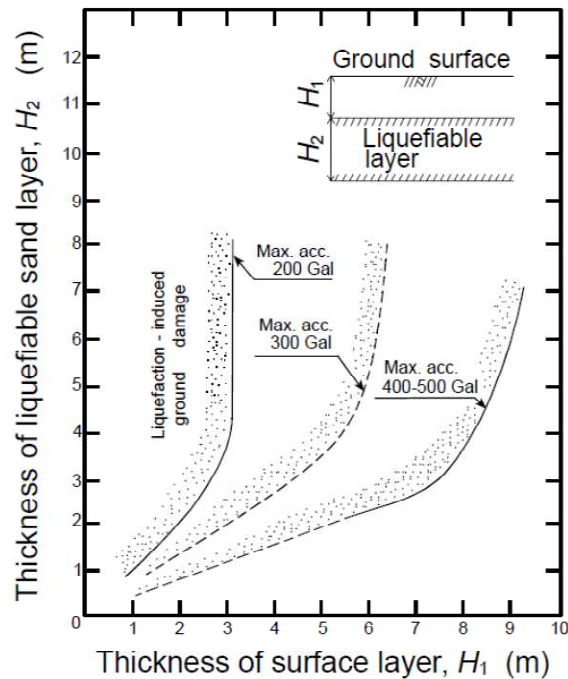


Ubicazione indagini di riferimento relativamente agli interventi oggetto di modifica al PP.

A tal proposito si ricorda che, così come descritto sul “**Manuale Internazionale TC4-ISSMGE**” (**Manual for Zonation on Seismic Geotechnical Hazards**) e come riportato nelle “Linee guida per la realizzazione dello studio di compatibilità sismica per i Piani di Assetto del Territorio comunali e intercomunali PAT e PATI – DGR n. 3308/2008, gli effetti della liquefazione sono ritenuti

trascurabili nei casi in cui lo spessore dello strato liquefacibile sia minore dello spessore dello strato non liquefacibile sovrastante.

Seattle, Washington (Grant et al., 1991).



### 1.3 Studi specialistici relativi alla verifica a liquefazione dei terreni, condotti sul sito

In merito alla specifica tematica della liquefazione dei terreni, è stato fatto riferimento ad una serie di studi eseguiti nell'ambito del permesso a costruire per singole opere edilizie ubicate all'interno dell'Area UTOE 4C18 "Nuovo Centro" e più specificatamente:

- Relazioni geologico-tecniche a supporto delle opere di urbanizzazione previste su tutta l'U.T.O.E. Nuovo Centro.
- Relazione geologico tecnica relativa all'edificazione del **Lotto 14**
- Relazione geologico tecnica relativa all'edificazione del **Lotto 3**

Dalla valutazione degli studi geologici sopra descritti in merito alla tematica liquefazione e per i quali sono state affrontate le specifiche verifiche mediante i consueti metodi di calcolo, tra cui Seed e Idriss (1982), Iwasaki et al. (1978;1984), ecc. ...., si rileva che non risultano livelli di terreno soggetti a problematiche di liquefazione.

## 2. Pericolosità e Fattibilità idraulica

In relazione alla Variante al PS e RU del Nuovo Centro, nel 2007 il corso d'acqua è stato oggetto di uno studio idrogeologico-idraulico complessivo predisposto dal Prof. Stefano Pagliara su diretto incarico dall'Amministrazione Comunale di Livorno.

Tale studio ha così costituito l'implementazione del Quadro conoscitivo per il PAI del Bacino Toscana Costa. Lo studio idrogeologico-idraulico complessivo, integrato con le cartografie dell'involuppo delle altezze d'acqua di esondazione per  $Tr \leq 30$ , 200 anni, conferma quanto contenuto nel PAI (si veda Immagine 11 Relazione geologico-tecnica del luglio 2013), e prevede la messa in opera di soluzioni strutturali atte all'eliminazione del rischio idraulico.

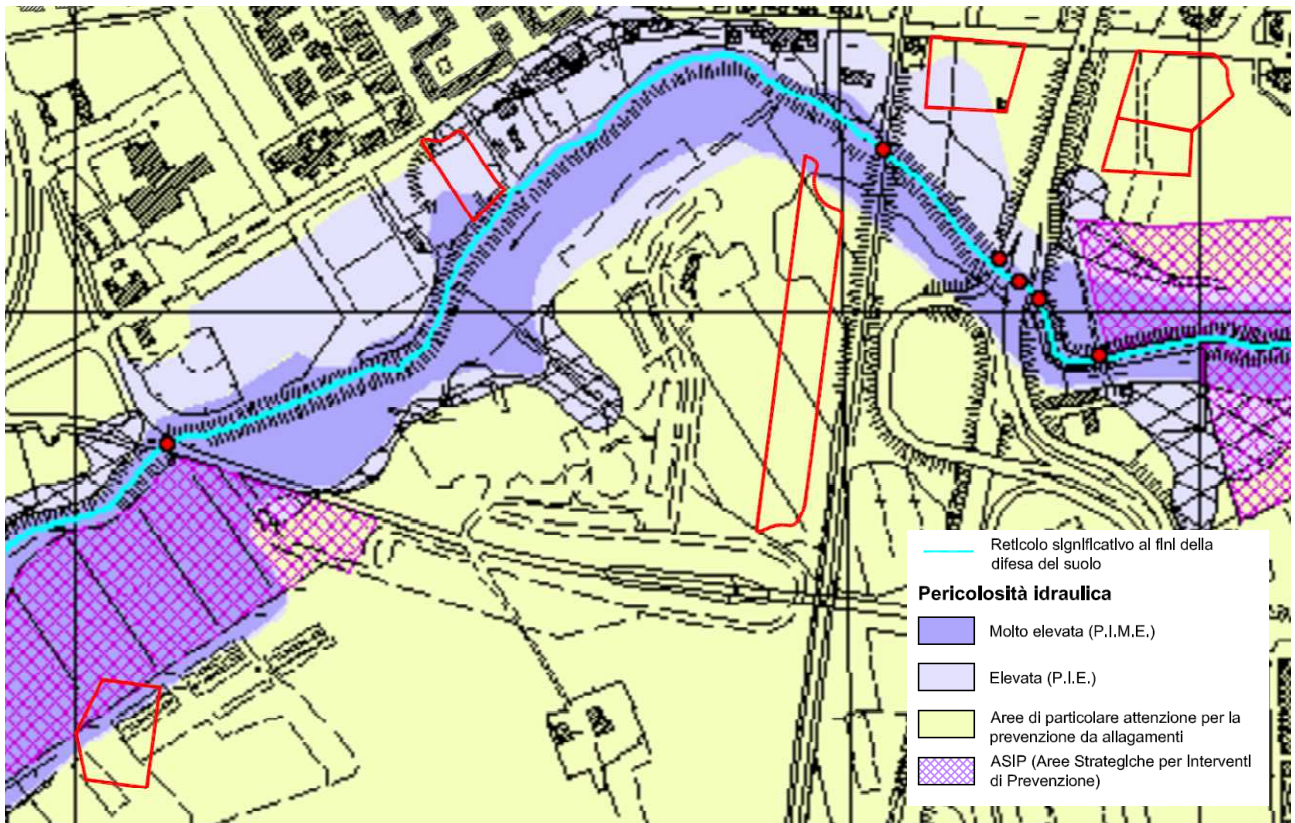
Con tale configurazione, la portata massima del Rio Maggiore calcolata per un  $Tr = 200$  anni sarà mantenuta nell'alveo del corso d'acqua e l'idrogramma di piena verrà perfettamente laminato dalle casse di espansione previste.

I lavori inerenti la messa in sicurezza idraulica del Rio Maggiore (il così detto "Stralcio 1" del Nuovo Centro), che prevedono la realizzazione di n. 4 casse di espansione poste in destra e sinistra idraulica del Rio Maggiore (omologate dall'Ufficio del Genio Civile con atto n. AOO-GRT/127434 9.80.60 del 08.05.2011 e autorizzate ai fini idraulici dalla Provincia di Livorno con Atto Dirigenziale n. 339 del 25.10.2011), risultano ad oggi terminati con *Dichiarazione di fine lavori* presentata il 09.05.2013.

Questo importante intervento di idraulica strutturale, oltre che a mettere in sicurezza l'esteso abitato posto a valle del Nuovo Centro, consente di eliminare le condizioni di pericolosità prevedibili nell'area in studio per  $Tr$  Di 200 anni.

Si specifica che ad oggi, non essendo ancora stata consegnata la documentazione relativa agli *effetti conseguiti con la realizzazione degli interventi* al competente Bacino Toscana Costa, così come indicato dall'art 5 c. 7 delle NTA del PAI, in quanto ancora in fase di redazione, l'unico riferimento valido risulta la cartografia tematica del PAI.

Quindi per quanto attiene le modifiche da apportare al Piano Particolareggiato, consistenti in variazioni di destinazione d'uso e spostamento di alcune edificazioni riguardanti vari lotti, facciamo riferiamo alla cartografia PAI – si veda l'immagine qui di seguito riportata in cui in rosso si identificano le aree in oggetto.



Stralcio della cartografia di Piano di Assetto Idrogeologico (PAI).

In riferimento a quanto sopra indicato si evince che parte delle aree in oggetto risultano interessate da una pericolosità idraulica elevata PIE e molta elevata PIME; pertanto ai sensi del DPGR 53/R del 2011 si attribuiscono alle aree oggetto di modifica al Piano Particolareggiato UTOE 4C18 Nuovo Centro, le **Classi di pericolosità idraulica** di seguito riportate ed indicate nell'immagine seguente:



Stralcio Carta Pericolosità Idraulica

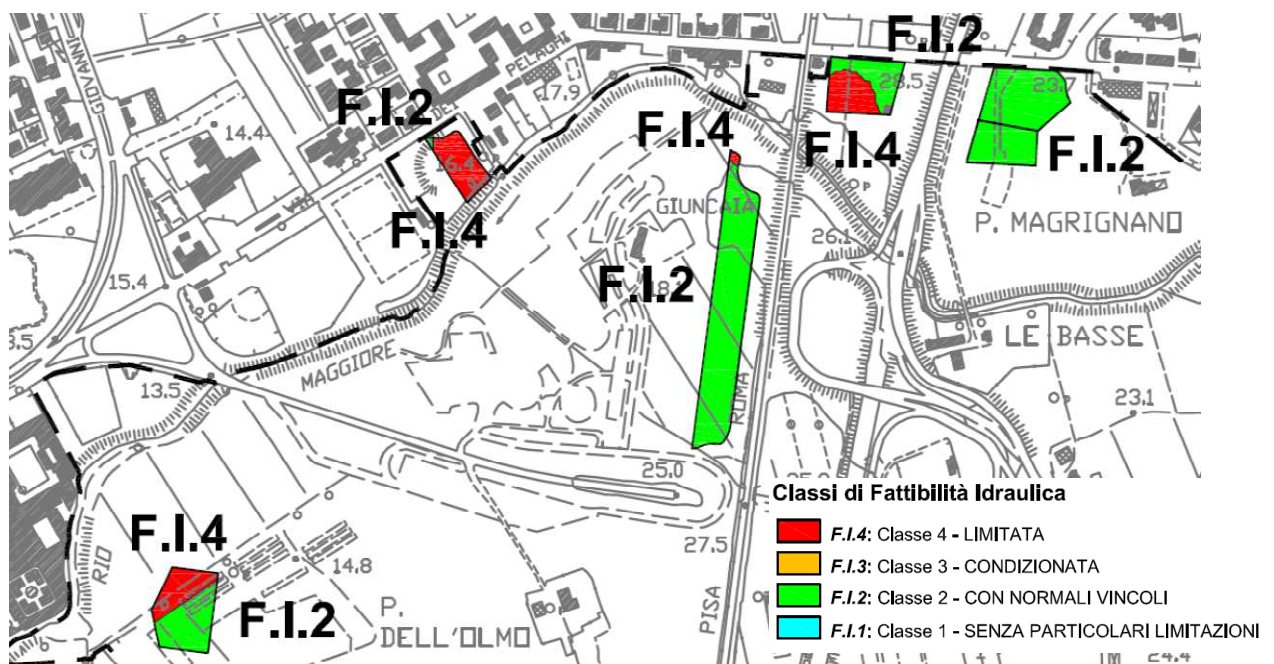
- **“I.4” Pericolosità Idraulica Molto elevata “PIME”** - aree interessate da allagamenti per eventi con  $Tr \leq 30$  anni;
- **“I.3” Pericolosità Idraulica Elevata “PIE”** - aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra  $30 < Tr \leq 200$  anni;
- **“I.2” Pericolosità Idraulica Media** - aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra  $20 < Tr \leq 500$  anni;

Nonostante la definitiva conclusione delle opere idrauliche di messa in sicurezza precedentemente citate e a quanto indicato nello Studio idrologico-idraulico eseguito dal Prof. Stefano Pagliara, non essendo ancora pervenuta al competente Bacino Toscana Costa la documentazione relativa agli *effetti conseguiti con la realizzazione degli interventi*, parte delle aree in oggetto risultano ancora oggi in Pericolosità idraulica I.3 ed I.4.

Pertanto ai sensi del DPGR 53/R del 2011 si attribuisce alle sole porzioni ricadenti in PIE e PIME la classe di **Fattibilità idraulica F.I.4. "limitata"** – riferita alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali la cui attuazione è subordinata alla realizzazione di interventi di messa in sicurezza – si veda l’immagine sotto riportata.

Per quelle porzioni che invece ricadono in pericolosità idraulica I.2, si attribuisce la classe di **Fattibilità idraulica F.I.2. "con normali vincoli"**.

Tale limitazione è da intendersi connessa alla consegna al competente Bacino Toscana Costa della documentazione relativa agli effetti conseguiti con la realizzazione degli interventi così come indicato dall’art 5 c. 7 delle NTA del PAI.



Stralcio Carta Fattibilità Idraulica

## CONCLUSIONI

In riferimento alle due tematiche affrontate, si può affermare che:

- **Liquefazione:** sulla base di quanto sopra esposto, si ritiene che il sito in questione non sia soggetto a fenomeni di liquefazione; ma che tuttavia, a scopo cautelativo, la progettazione a livello definitivo delle singole opere edilizie dovrà comunque essere supportata da specifiche valutazioni mirate all'analisi del coefficiente di sicurezza alla liquefazione.
- **Pericolosità e Fattibilità idraulica:** in riferimento alle valutazioni precedentemente trattate, alcune porzioni delle aree in oggetto risultano interessate da una pericolosità idraulica elevata PIE e molta elevata PIME e pertanto a tali porzioni vengono assegnate le Classi di pericolosità idraulica I.3 e I.4.

A tal proposito si attribuisce alle sole porzioni ricadenti in PIE e PIME la classe di *Fattibilità idraulica F.I.4. "limitata"* Tale limitazione è da intendersi connessa alla consegna al competente Bacino Toscana Costa della documentazione relativa agli *effetti conseguiti con la realizzazione degli interventi* così come indicato dall'art 5 c. 7 delle NTA del PAI.