



COMUNE DI PISA  
Direzione Urbanistica  
Ufficio Assetto del Territorio

~  
Palazzo Pretorio – Vicolo del Moro, 2

e-mail: urbanistica@comune.pisa.it  
Tel: 050 910408  
Fax: 050 910456  
sito internet:  
www.comune.pisa.it/pianificazione

orario di apertura:  
martedì: 9.00 - 13.00  
giovedì: 15.00 - 17.00

*Titolo del progetto*

**VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO**  
**Sistemazione idraulica dei bacini di Pisa-Nord mediante la realizzazione di un nuovo collettore ed impianto idrovoro**

<i>Responsabile procedimento</i>  <i>Dott. Arch. G. Berti</i>		<i>Titolo del documento</i>  <b>Relazione di fattibilità geologico- tecnica</b>		
<i>Responsabile del progetto di atto di pianificazione:</i>  <i>Dott. Arch. G. Berti</i>				
<i>Nucleo incaricato della progettazione geologico-tecnico e idraulico: "Ufficio Assetto del Territorio, U.O. Difesa Suolo"</i>  <i>Elaborato predisposto da:</i>  Dott. Geol. Marco Redini  <i>con la collaborazione di:</i>  Dott. Aldo Iannucci  Geom. Maurizio Scaramelli				
		<i>Responsabile del procedimento</i> Dott. Arch. Gabriele Berti	<i>Responsabile dell'elaborato</i> Dott. Geol. Marco Redini	
Motivazione	Data	Pagine	Identif.	Elaborato
PRIMA EMISSIONE	16.05.2007	1 di 60	04_0001_052007	<b>A</b>
10 AGGIORNAMENTO	16.05.2007			



**Relazione di fattibilità geologico-tecnica di supporto alla sistemazione  
idraulica dei bacini di Pisa Nord mediante la realizzazione di un  
nuovo collettore ed impianto idrovoro.**



## INDICE

Premessa .....	7
L'inquadramento delle aree di variante .....	8
1.1.1 Area di variante Pisa NE (compresa tra Via XXIV Maggio e Via di Gello) .....	8
1 Riferimenti normativi .....	10
2 Vincoli e salvaguardie .....	11
Salvaguardie per l'ambito B (Art. 3.15 R.U.).....	11
3 Pericolosità e vulnerabilità – PRI –PAI – PIT – PTC – PS .....	11
4 Pericolosità e vulnerabilità.....	12
Pericolosità idraulica .....	12
Pericolosità geomorfologica .....	14
Vulnerabilità idrogeologica .....	14
5 Inquadramento geologico regionale ed evoluzione paleografica dell'area .....	16
6 Lineamenti geologici locali .....	17
7 Caratteristiche idrogeologiche locali .....	19
8 Analisi degli studi geologico-tecnici di supporto al Piano Strutturale Comunale.....	21
9 Indagini svolte .....	26
10 Caratteristiche Idrogeologiche dell'area .....	27
11 Considerazioni sull'attività sismica .....	28
12 Carta della pericolosità e della vulnerabilità idrogeologica .....	35
La carta della pericolosità (geologica-idraulica) dell'area di variante .....	35
Carta della vulnerabilità idrogeologica dell'area di variante .....	36
13 Carta della fattibilità geologica.....	37
Carta della fattibilità geologica dell'area di variante .....	38
Considerazioni sulle verifiche idrauliche.....	40
14 Condizioni alle trasformazioni area di variante .....	41
15 Allegati .....	45
Allegato 1 Sondaggi geognostici .....	47
Allegato 2 Prove penetrometriche .....	51



## PREMESSA

La presente relazione di fattibilità geologico-tecnica è stata svolta su incarico della Direzione Urbanistica del Comune di Pisa a supporto della sistemazione idraulica dei bacini di Pisa-Nord mediante la realizzazione di un nuovo collettore ed impianto idrovoro (cfr. Fig. 1).



*Fig. 1 Inquadramento area di studio*

L'intervento per il quale si chiede l'adozione di variante urbanistica prevede la realizzazione di un insieme di opere e lavori per l'adduzione a scolo meccanico delle acque meteoriche del quartiere di Porta a Lucca nel Fiume Morto, al fine della riduzione del rischio idraulico a carico del quartiere stesso, da ottenersi tramite l'allontanamento delle acque pluviali dal centro abitato ed il loro convogliamento nella zona perimetrale a nord senza incremento di portata per i corsi d'acqua esistenti.

In particolare, come meglio rappresentato nella planimetria, l'intervento consiste nella realizzazione di un nuovo canale per acque meteoriche con sviluppo in direzione est-ovest sino alla ferrovia Pisa-Lucca, sottopassata la quale il canale assume direzione sud-nord per confluire in un impianto idrovoro posto in prossimità del Fiume Morto. Il canale sarà arginato sul lato sinistro, nel senso del flusso idraulico, a protezione del nucleo abitato retrostante.

Il fosso esistente che si sviluppa in direzione nord-sud e si immette nella sezione di testa della fognatura di Via Firenze viene ampliato e ne viene modificata la pendenza in modo da invertirne il flusso e convogliare le acque in corrispondenza della sezione iniziale del nuovo canale. Il nuovo impianto idrovoro sarà costituito da una vasca in calcestruzzo armato, interrata, nella quale confluirà il canale sopra menzionato, e da un canale adduttore delle acque sollevate nel Fiume Morto.

L'impianto, dotato di resede di pertinenza opportunamente recintato, sarà altresì costituito dai necessari impianti elettromeccanici per il sollevamento delle acque, dal fabbricato alloggiante i vani tecnici e di servizio e dalla viabilità di accesso dalla Via XXIV Maggio.

E' prevista inoltre la deviazione del tratto terminale del fosso Martraversino in modo da realizzare un'immissione unica nel Fiume Morto col mandracchio dell'idrovoro.

La disposizione adottata per l'impianto e per le opere connesse è tale da non interferire col progetto della nuova viabilità tangenziale.

Ultimati gli interventi sopra descritti si procederà ai collegamenti della rete fognaria comunale al nuovo sistema idraulico, con realizzazione di un collettore fognario su Via Tino Da Camaino che intercetti il fosso Bargigli a monte della ferrovia Pisa Lucca e ne convogli le acque nel canale di bonifica, del collegamento allo stesso canale del fosso delle Palazzine e di un nuovo collettore fognario sulla Via Firenze che porti le acque pluviali in testa al fosso esistente per il quale è previsto l'ampliamento ed il cambio di pendenza.

L'intervento sarà attuato in più lotti funzionali, il primo dei quali, inserito nel PPI dell'anno corrente, prevede la realizzazione delle opere civili e di parte delle opere elettromeccaniche dell'impianto idrovoro, la realizzazione del nuovo canale dall'impianto sino alla ferrovia Pisa Lucca ed il collegamento col Fosso delle Palazzine.

In un intorno significativo all'area di intervento sono state eseguite valutazioni geologiche, geotecniche ed idrauliche, la figura n. 1 "Inquadramento area di studio" mostra l'area indagata dove sarà effettuato l'intervento.

La presente relazione, che illustra le conclusioni raggiunte sulla fattibilità della variante, fa riferimento:

- ✚ alle indagini geologico-tecniche di supporto al Regolamento Urbanistico del Comune di Pisa, depositate presso l'Ufficio Regionale per la Tutela del Territorio (Regione Toscana);
- ✚ alle indagini geognostiche a supporto della presente relazione.

Nella presente relazione di fattibilità si fa esplicito riferimento a tali indagini geologico-tecniche.

Poiché allo stato attuale il Comune di Pisa ha approvato il Regolamento Urbanistico, il presente atto costituirà variante allo strumento urbanistico vigente.

## *L'INQUADRAMENTO DELLE AREE DI VARIANTE*

### *1.1.1 Area di variante Pisa NE (compresa tra Via XXIV Maggio e Via di Gello )*

L'area, di forma quasi rettangolare, risulta delimitata a NO dalla via XXIV Maggio a E dalla via di Gello a N dal Fiume Morto ed a S dal centro abitato .

L'attuale RU classifica la zona di variante a destinazione d'uso "agricolo ordinario".

L'area appare pianeggiante, con quote medie a circa 2 s.l.m., leggermente crescenti verso est.

Come riportato nella carta geologica i litotipi affioranti sono principalmente "at - depositi alluvionali prevalentemente argillosi, torbe palustri e depositi di colmata recenti (Olocene)". Verso SE questi depositi tendono a diventare limosi- sabbiosi con intercalazioni argillose.

La tabella sottostante mostra lo stato attuale e previsto delle destinazioni d'uso nel R.U.

<i>Destinazione d'uso prevalente</i>	<i>Destinazione d'uso prevalente</i>
<i>STATO ATTUALE</i>	<i>STATO VARIATO</i>
Agricolo ordinario	Area a salvaguardia idraulica

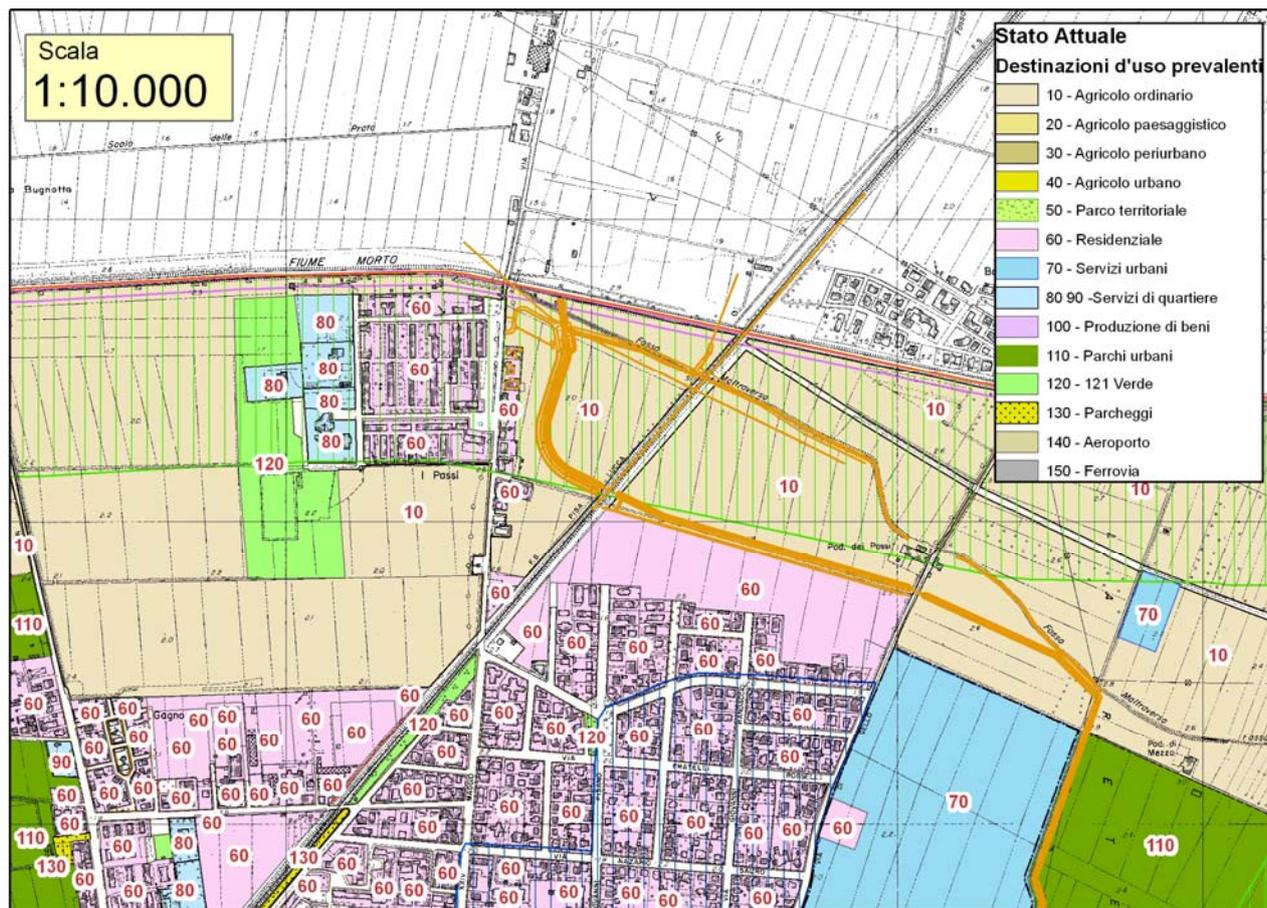


Fig. 2 Estratto Urbanistico – Stato Attuale

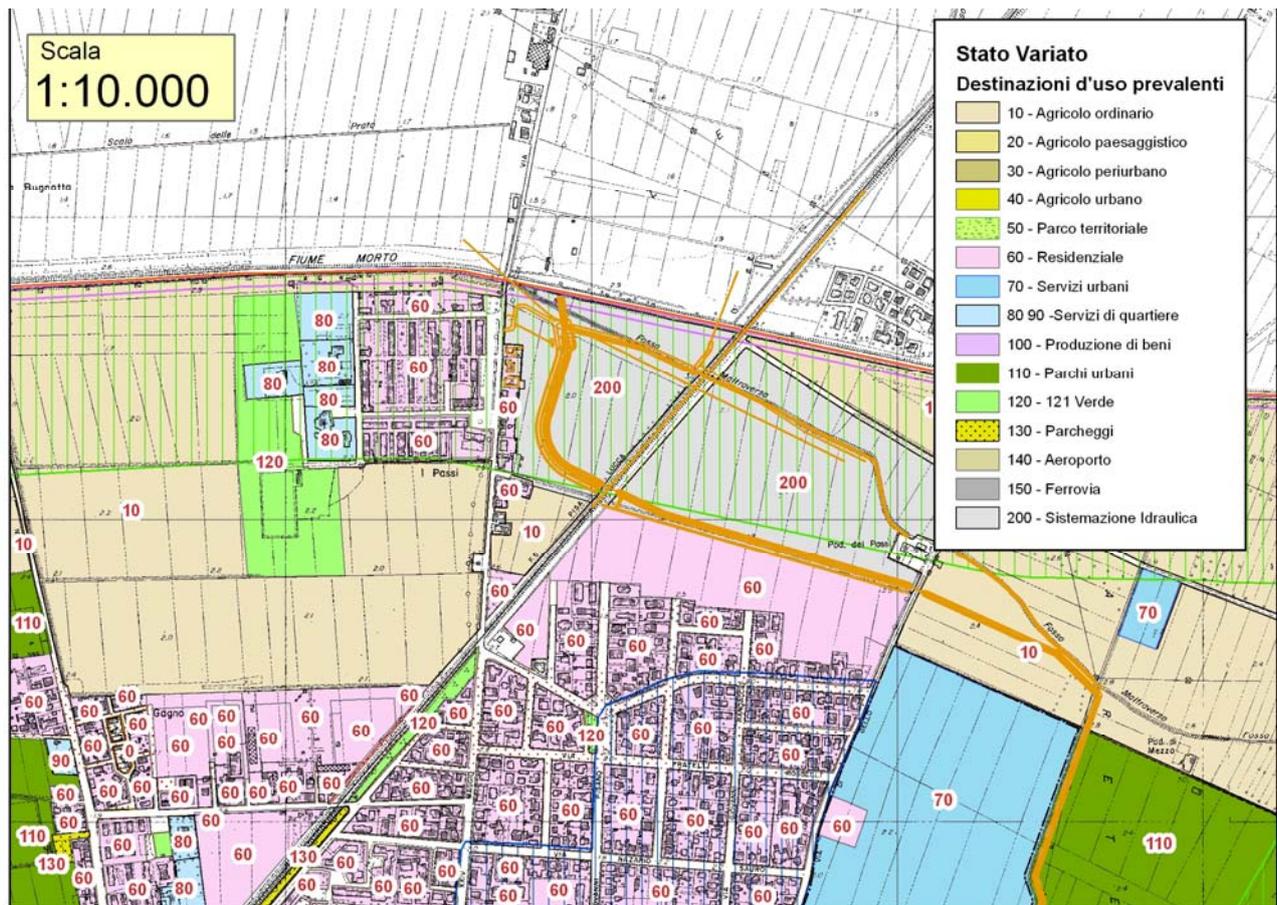


Fig. 3 Estratto Urbanistico – Stato Variato

## 1 RIFERIMENTI NORMATIVI

Tali indagini sono conformi a quanto prescritto:

- ✦ dalla L.R. 17.4.1984 n. 21 “Norme per la formazione e l’adeguamento degli strumenti urbanistici ai fini della prevenzione dal rischio sismico”, in attuazione dell’art. 20 della L. 10.12.1981 n. 741,
- ✦ dalla D.C.R.T. 12.02.1985 n. 94 “Direttiva sulle indagini geologico tecniche di supporto alla pianificazione urbanistica” in attuazione della L.R. 21/84,
- ✦ dalla Legge Regionale 3 gennaio 2005, n°1 “Norme per il Governo del Territorio” (art. 62 e art. 100),
- ✦ dalla L.R. 26 gennaio 2005, n°15,
- ✦ dalla Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (Ord. 20 marzo 2003, n. 3274) (G.U. n. 105 del 8 maggio 2003), modificata dall’Ord. N. 3316 del 2/10/03,
- ✦ dalla delibera Giunta Regionale n. 604 del 16/06/03 “Indirizzi generali e prime disposizioni sulla riclassificazione sismica della Regione Toscana in applicazione dell’Ord. PCM n. 3274 del 20/03/03.
- ✦ dalle indicazioni del Piano Territoriale di Coordinamento (PTC) della Provincia di Pisa approvato il 27/07/2006 con delibera C.P. n° 100.

e sono integrate per gli aspetti relativi alle classi di pericolosità, con riferimento al rischio idraulico:

- ✦ dalle misure di salvaguardia di cui al Titolo VII della D.C.R. n°12 del 25 gennaio 2000 “Piano di Indirizzo Territoriale”, vigenti fino all’8 marzo 2005.

- ✦ dalla normativa di piano entrata in vigore con D.P.C.M. 5 novembre 1999. "Approvazione del Piano Stralcio relativo alla Riduzione del Rischio Idraulico del Bacino del fiume Arno". (GU n. 226 del 22-12-1999),
- ✦ dalla normativa di piano entrata in vigore con D.P.C.M. 6 maggio 2005 "Approvazione del piano di bacino del fiume Arno, stralcio Assetto Idrogeologico" (GU n. 230 del 3-10-2005)

Lo studio di fattibilità geologico-tecnica ha lo scopo di approfondire le conoscenze sui caratteri geologici, geomorfologici e idrogeologici ed idraulici, del territorio in cui è inserita la variante, mediante rilievi ed indagini di campagna, l'analisi delle fonti bibliografiche e cartografiche disponibili tra cui la Relazione geologica di supporto allo Strumento Urbanistico generale comunale Piano Strutturale e del Regolamento Urbanistico.

---

## 2 VINCOLI E SALVAGUARDIE

---

Di seguito sono esaminati i principali vincoli territoriali che insistono nell'area in oggetto.

---

### *SALVAGUARDIE PER L'AMBITO B (ART. 3.15 R.U.)*

---

Riprendendo quanto indicato nel R.U. art. 3.15 e nell'art. 77 del P.I.T., vigente fino all'8 marzo 2005, le salvaguardie a carattere idraulico si applicano per le previsioni urbanistiche ricadenti nell'ambito denominato "B" comprendente le aree potenzialmente inondabili in prossimità dei corsi d'acqua classificati.

L'ambito "B" corrisponde alle aree a quota altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a 2 metri sopra il piede esterno d'argine o, in mancanza sopra il ciglio di sponda e non potrà superare la distanza di metri lineari 300.

Le salvaguardie si applicano alle nuove previsioni di ambito "B" degli strumenti urbanistici generali e loro varianti, comunque volte a conseguire incrementi di superficie coperta superiore a 500 mq.

Le previsioni possono essere approvate se sul corso d'acqua interessato si effettua una specifica indagine idrologico-idraulica al fine di individuare l'eventuale presenza del rischio idraulico valutato sulla base della piena con tempo di ritorno duecentennale ( $Tr_{200}$ ). Ed alla presenza di rischio idraulico così definito dovranno essere individuati nello S.U. gli interventi di regimazione idraulici dimensionati sulla base della piena con tempo di ritorno  $Tr_{200}$ .

Nel caso specifico trattandosi di un'area da destinare a interventi di sistemazione idraulica "zona di salvaguardia idraulica", ed in particolare essendo prevista la realizzazione di una vasca di raccolta delle acque si ritiene non necessario effettuare lo studio idrologico-idraulico, in quanto l'intervento previsto è sicuramente realizzato in sicurezza idraulica e non vi è incremento di rischio per le aree circostanti.

---

## 3 PERICOLOSITÀ E VULNERABILITÀ – PRI – PAI – PIT – PTC – PS

---

Di seguito sono descritti gli aspetti legati alla pericolosità e vulnerabilità, in relazione agli stralci di Piano di Bacino attualmente approvati, al PIT e al PTC delle aree oggetto di variante. La pericolosità e vulnerabilità, contenute nel Piano Strutturale (PS) sono illustrate in apposito capitolo.

Tenuto conto che:

- ✦ le misure di salvaguardia di cui al Titolo VII della D.C.R. n°12 del 25 gennaio 2000 "Piano di Indirizzo Territoriale" risultavano vigenti fino all'8 marzo 2005,

- ✦ Il nuovo PTC è stato approvato il 27/07/2006 con delibera C.P. n° 100 e le nuove norme prevedono che tutta la parte della disciplina del PTC riguardante le aree a differenti classi di pericolosità geomorfologica ed idraulica e la relativa cartografia sia sostituita dalle disposizioni del P.A.I.. Per quanto attiene la vulnerabilità idrogeologia la disciplina approvata nel PTC del 1998 mantiene la sua validità, non essendo al momento oggetto di disciplina specifica da parte dei piani di assesto idrogeologico. Le nuove norme prevedono che tutta la parte della disciplina del PTC riguardante le aree a differenti classi di pericolosità geomorfologica ed idraulica e la relativa cartografia sia sostituita dalle disposizioni del P.A.I.. Per quanto attiene la vulnerabilità idrogeologia la disciplina approvata nel PTC del 1998 mantiene la sua validità, non essendo al momento oggetto di disciplina specifica da parte dei piani di assesto idrogeologico.

Gli aspetti da analizzare per quanto attiene la pericolosità idraulica sono legati al Piano di Bacino stralcio “Riduzione del rischio idraulico”, al Piano di Bacino stralcio “Assetto idrogeologico” e al Piano Strutturale (PRI+PAI+PS).

Per la pericolosità geomorfologica gli aspetti da analizzare sono legati al Piano di Bacino stralcio “Assetto idrogeologico” e al Piano Strutturale (PAI+PS).

Per la vulnerabilità idrogeologica gli aspetti da analizzare sono legati al Piano Territoriale di Coordinamento e al Piano Strutturale (PTC+PS).

---

## 4 PERICOLOSITÀ E VULNERABILITÀ

---

Di seguito sono descritti gli aspetti legati alla pericolosità e vulnerabilità dell'area oggetto dell'intervento.

---

### *PERICOLOSITÀ IDRAULICA*

---

Secondo le vigenti normative in materia di pericolosità e rischio idraulico, dettate dall'Autorità di Bacino del fiume Arno, dalla Regione Toscana e dalla Provincia di Pisa, l'area d'interesse risulta essere sottoposta a particolari vincoli e direttive.

Nel Piano Stralcio relativo alla Riduzione del Rischio Idraulico del Bacino del fiume Arno, approvato con D.P.C.M. 5 novembre 1999, l'area di interesse risulta:

- ✦ nella “Carta degli interventi strutturali per la riduzione del rischio idraulico nel bacino dell'Arno” (Scala 1:25.000), non essere interessata da aree destinate a casse di espansione di tipo A o B;
- ✦ nella “Carta guida delle aree allagate redatte sulla base degli eventi alluvionali significativi (1966 - 1999)” (Scala 1:10.000), essere tra quelle interessate da “alluvioni eccezionali” (Fig. 4 PRI- Carta guida delle aree allagate. In blu aree soggette ad alluvioni eccezionali).

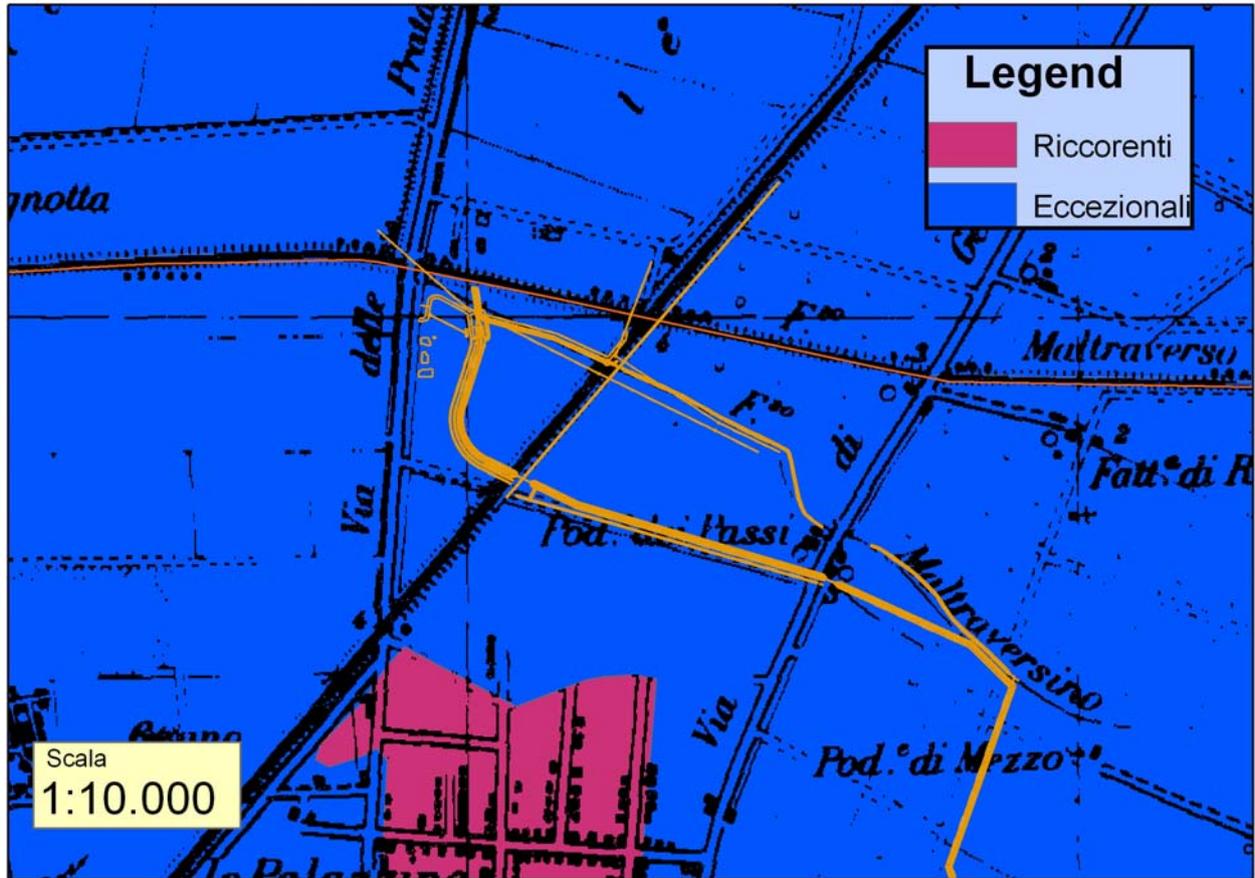


Fig. 4 PRI- Carta guida delle aree allagate. In blu aree soggette ad alluvioni eccezionali

Nel Piano di Bacino stralcio Assetto Idrogeologico adottato nella seduta di Comitato Istituzionale dell'11 novembre 2004 ed entrato in vigore con il D.P.C.M. 6 maggio 2005 "Approvazione del piano di bacino del fiume Arno, stralcio assetto idrogeologico" (GU n. 230 del 3-10-2005) l'area di interesse risulta:

- individuata nella Carta della "Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – livello di dettaglio" (scala 1:10.000), "a pericolosità idraulica elevata" (P.I.3) e tra quelle "a pericolosità idraulica media" (P.I.2) (Fig. 5 PAI - Carta della "Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – livello di dettaglio").

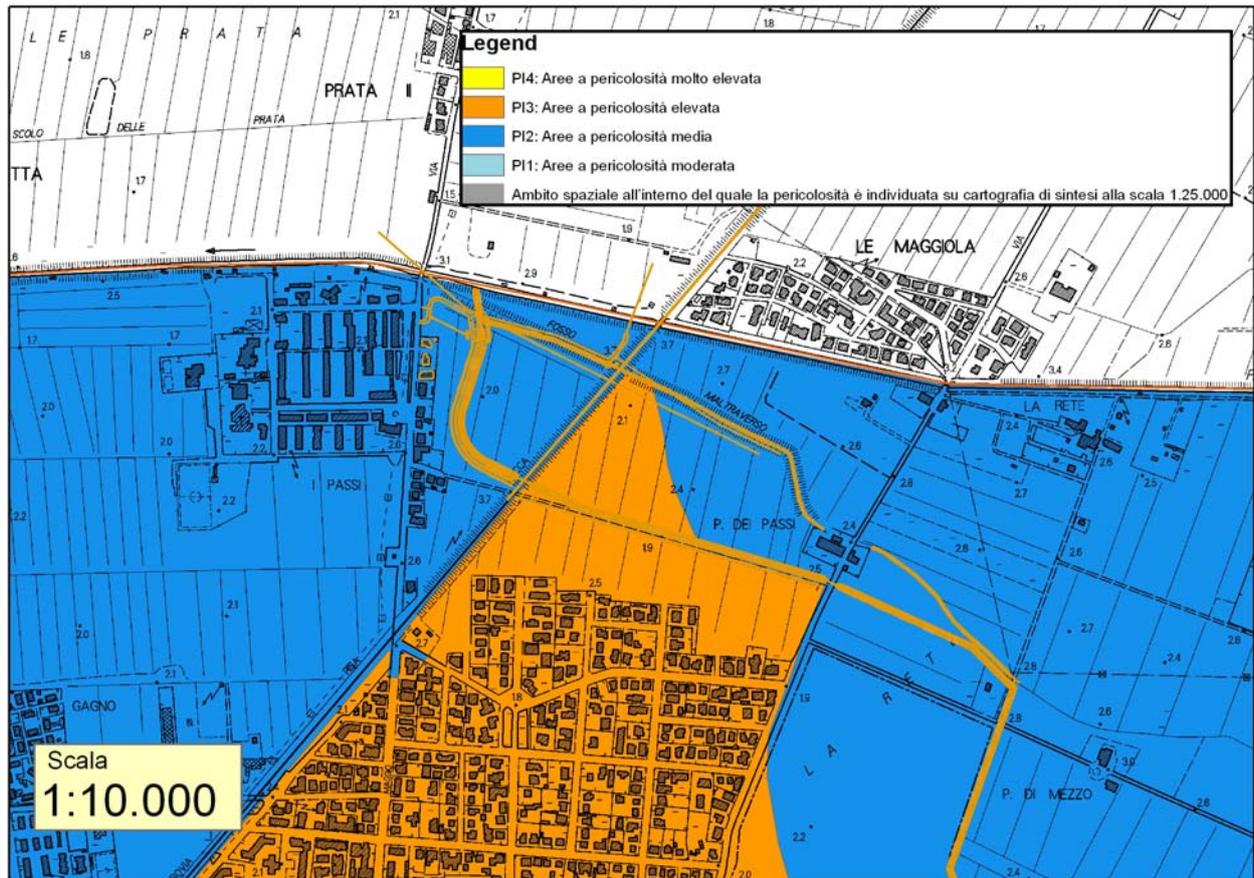


Fig. 5 PAI - Carta della “Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – livello di dettaglio”

Al Titolo II, Capo I, art. 5 delle Norme di Attuazione del Progetto di piano si legge che, al livello di dettaglio, le aree P.I.2 corrispondono alle:

aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $30 < TR \leq 100$  anni e con battente  $h < 30$  cm e aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $100 < TR \leq 200$  anni ;

e le aree P.I.3 corrispondono alle:

aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $TR \leq 30$  anni con battente  $h < 30$  cm e aree inondabili da un evento con tempo di ritorno  $30 < TR \leq 100$  anni e con battente  $h \geq 30$  cm;

## PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

Nel Piano di Bacino stralcio Assetto Idrogeologico adottato nella seduta di Comitato Istituzionale dell'11 novembre 2004 ed entrato in vigore con il D.P.C.M. 6 maggio 2005 "Approvazione del piano di bacino del fiume Arno, stralcio assetto idrogeologico" (GU n. 230 del 3-10-2005) l'area di interesse non risulta essere individuata nella Carta della “Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante - livello di sintesi.

## VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA

Nel Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa approvato il 27.07.2006 con delibera C.P. n° 100 l'area di interesse risulta:

individuata nella Carta della “Vulnerabilità Idrogeologica – tavola 3”, tra quelle a “vulnerabilità media (classe 3 - sottoclasse 3 a)”, e tra quelle a “vulnerabilità bassa 2)”.

*Ai sensi della art. 9 l'intero territorio interessato dalla disciplina dettata dal presente piano viene suddiviso nelle seguenti classi e sottoclassi di vulnerabilità idrogeologica:*

[...]

*sottoclasse 3 a: corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un certo grado di protezione, insufficiente tuttavia a garantire la salvaguardia; in essa ricadono, nelle aree di pianura, le zone in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra i 15 ed i 30 giorni, quali quelle interessate da falde libere in materiali alluvionali scarsamente permeabili con falda prossima al piano campagna, da falde idriche in materiali a medio-bassa permeabilità con piezometria depressa per cause naturali, da falde idriche spesso sospese attestate in terrazzi alluvionali non direttamente connessi con gli acquiferi principali ovvero in estesi corpi detritici pedecollinari, nonché, nelle aree collinari e montuose, le zone in cui affiorano terreni a bassa permeabilità e le zone interessate da falde freatiche attestate in complessi detritici sufficientemente estesi o con evidenze di circolazione idrica;*

[...]

*classe 2 - vulnerabilità bassa: corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata è apparentemente non vulnerabile, in base a considerazioni riguardanti la natura degli eventuali acquiferi e quella dei terreni di copertura, ma per cui permangono margini di incertezza dovuti a diversi fattori, quali la scarsa disponibilità di dati, la non precisa definibilità delle connessioni idrogeologiche, e simili; corrisponde altresì alle situazioni in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda superiori a 30 giorni; in essa ricadono corpi idrici multifalda caratterizzati dalla presenza di alternanze tra litotipi a diversa ma comunque bassa permeabilità non completamente definiti in base idrogeologica, terreni a bassa permeabilità sciolti o litoidi con pendenze superiori al 20 per cento o con piezometria media profonda, terreni alluvionali in vallette secondarie in cui non si rilevano indizi certi di circolazione idrica e con bacino di alimentazione caratterizzato in affioramento da litologie argilloso-sabbiose;*

[...]



Fig. 6 PTC – Vulnerabilità Idrogeologica

## 5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE ED EVOLUZIONE PALEOGRAFICA DELL'AREA

L'area in oggetto è situata nella pianura di Pisa che rientra nel Bacino Pisano-Versiliese, *Graben* compreso fra le Alpi Apuane e il Monte Pisano ad Est e la Dorsale della Meloria-Maestra, sommersa dal mare, ad Ovest. Nell'apparente uniformità della zona possono essere in realtà distinte una fascia pedemontana in Versilia formata dalle conoidi alluvionali dei torrenti Apuani, una fascia interna leggermente depressa e una fascia costiera formata da accumuli di depositi sabbiosi in forma di dune e dalla spiaggia vera e propria.

Il Bacino Pisano-Versiliese ha avuto il massimo sviluppo nel Pliocene inf-medio; in seguito è entrato a far parte dell'ampia regione emersa che si stendeva verosimilmente fino alla Corsica ed alla Sardegna per poi subire un nuovo notevole sprofondamento nel Pleistocene inf. L'inizio di una notevole ed intensa attività fluviale, riferibile contemporaneamente all'Arno e al ramo del Serchio passante ad Est del Monte Pisano, risale al tardo Pleistocene medio (Interglaciale Mindel-Riss). Al Würm II corrisponde una seconda fase fluviale attribuibile all'Arno e al corso del Serchio ad Est del Monte Pisano, ampiamente rintracciata intorno ai 40 - 60 m di profondità nel sottosuolo superiore della pianura.

Ancora nelle fasi tarde dei Würm II corrispondono i depositi in prevalenza eolici, pedogenizzati, che bordano l'orlo meridionale della pianura (Sabbie di Vicarello) e formano uno sbarramento trasversale (Sabbie dell'isola di Coltano) posto all'interno dei sedimenti litoranei Olocenici della trasgressione versiliana.

Al Würm I sembra corrispondere la prima tracimazione del Serchio verso il mare attraverso la gola di Ripafratta, avvenuta in senso inverso a quello dell'attuale

scorrimento delle acque, addirittura prima del Miocene Sup., e che era rimasta inattiva con lo sprofondamento del Bacino Pisano-Versiliese.

Analizzando più in dettaglio l'evoluzione paleogeografica della area oggetto di questo studio vediamo che, nel Miocene Superiore questa è interessata da una prima trasgressione marina, testimoniata dai depositi presenti sulle colline omonime: ai conglomerati basali seguono le argille lagunari, quindi sedimenti evaporitici ed infine sabbie, argille e conglomerati. Nel Pliocene Inferiore si instaurano condizioni di generale subsidenza che determinano una seconda fase di trasgressione marina e, i depositi oltrepassano i limiti del precedente ciclo arrivando a poggiare direttamente sulle rocce del substrato pre-neogenico. Nel Pliocene medio si verifica una regressione che porta, nel Pliocene Superiore, alla completa emersione del Valdarno inferiore, dando origine ad un complesso reticolo di valli fluviali, che prefigurano il sistema idrografico Arno - Serchio.

Nel corso del Pleistocene assumono grande importanza le oscillazioni eustatiche del livello del mare, collegate con le vicende dei cicli glaciali: a questa fase appartengono i depositi salmastri e marini del Pleistocene Inferiore affioranti sulle Colline Pisane.

Alla fine del Pleistocene inferiore il mare si ritira nuovamente scoprendo un vasta area pianeggiante che, successivamente sarà percorsa dal paleo-sistema idrografico, drenante i bacini dell'Arno e del Serchio; dall'apporto solido di questi corsi d'acqua inizia la costruzione della pianura alluvionale costiera (definito anche "substrato superiore"). Una prima importante fase di sedimentazione è rappresentata dai depositi alluvionali e fluvio-lacustri del Pleistocene medio-superiore affioranti, in forme terrazzate, sulle Cerbaie e sui margini delle Colline Pisane. In conclusione, in questa area, si sono succedute fasi in cui prevaleva una sedimentazione marina o lagunare-salmastri, con forti spessori di sabbie, limi ed argille, e fasi continentali nelle quali l'apporto di depositi più grossolani da parte dei corsi d'acqua era talvolta predominante. Nelle fasi più antiche di alluvionamento si sono sviluppati i depositi ghiaioso-ciottolosi del Paleosistema idrografico Arno-Serchio, distribuiti prevalentemente in ampi alvei di tipo fiumara; nelle fasi più recenti, durante i quali l'Arno e il Serchio si sono resi indipendenti, il trasporto solido diviene prevalentemente sabbioso-limoso, da parte di corsi d'acqua meandriformi, con granulometrie maggiori nei depositi di canale rispetto a quelli di esondazione. Alla progradazione e all'aggradazione della pianura hanno contribuito i depositi di spiaggia e quelli dei lidi e delle dune litoranei; gli spostamenti diacroni della linea di riva sono quindi segnati al di sotto delle coperture limo-argillose di origine alluvionale da allineamenti di depositi sabbiosi, collegati a quelli che affiorano attualmente lungo la costa e sul margine meridionale della pianura.

L'alimentazione dei depositi di spiaggia è data soprattutto dagli apporti detritici dell' Arno e del Serchio con un piccolo contributo da parte dei fiumi Apuani.

Nella Pianura Pisana affiorano dunque depositi del Pleistocene Superiore e dell'Olocene: i primi sono rappresentati dai depositi residui scampati all'erosione del Würm III, i secondi hanno uno spessore massimo di 30 metri e sono rappresentati da:

Lidi e dune sabbiose;

Sedimenti di esondazione fluviale deposti in vicinanza degli attuali corsi dell'Arno e del Serchio (sabbie argillose di Le Rene);

Limi e argille alluvionali che rappresentano la frazione fine dei depositi di esondazione fluviale;

Limi, argille, torbe palustri e depositi di colmate.

---

## 6 LINEAMENTI GEOLOGICI LOCALI

---

Per la rappresentazione geologica dell'area è stata presa a riferimento la "Carta degli elementi naturalistici e storici della Pianura di Pisa e dei Rilievi Contermini - scala 1: 50.000" (CNR - Centro di Studi per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino - Pisa - Mazzanti et alii) nella quale si evidenzia che l'area in esame insiste su "depositi alluvionali prevalentemente argillosi, torbe palustri e depositi di

colmata (olocene) [26] (Fig. 7 Carta degli elementi naturalistici e storici della Pianura di Pisa e dei Rilievi Contermini).

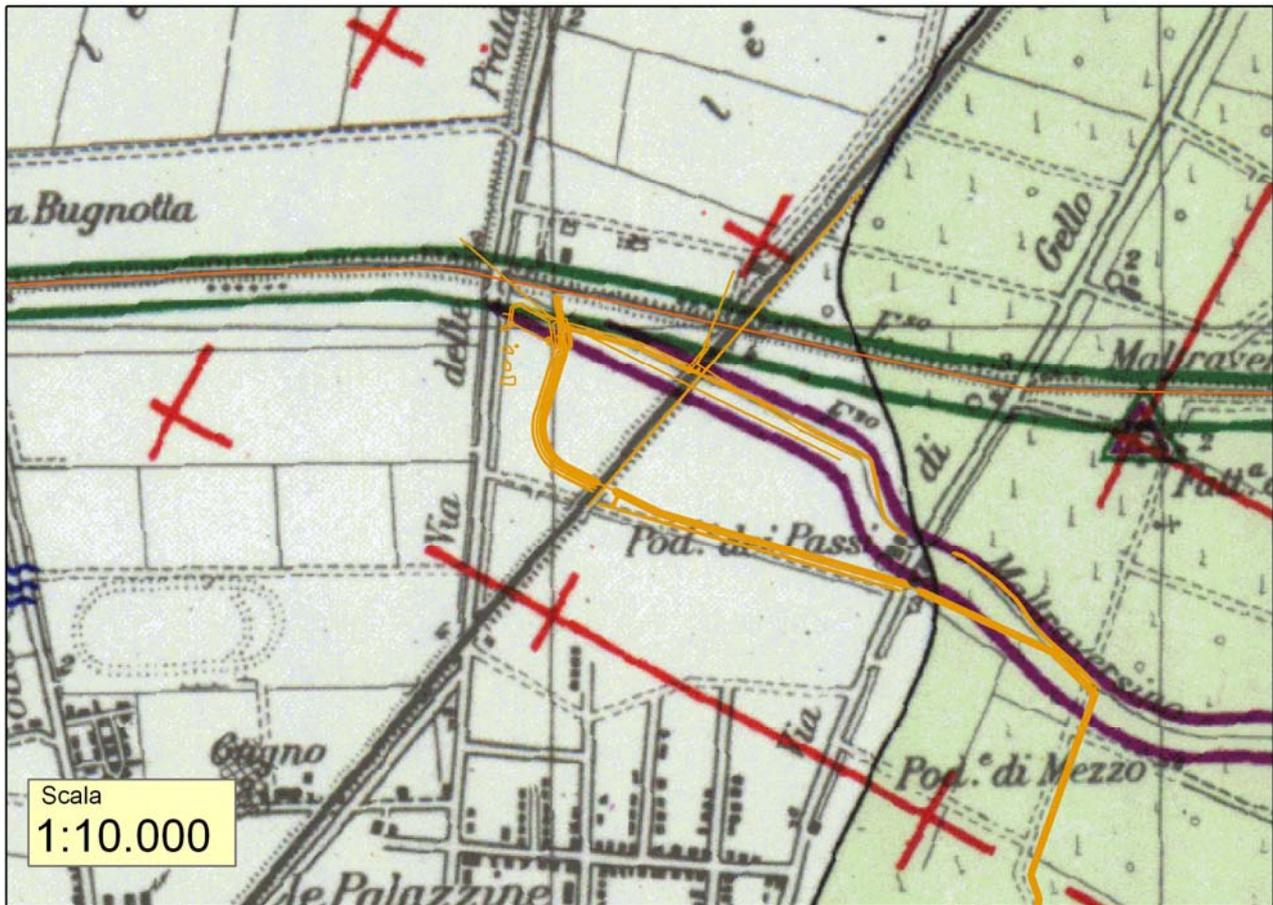


Fig. 7 Carta degli elementi naturalistici e storici della Pianura di Pisa e dei Rilievi Contermini

Inoltre è stata presa in esame la "Carta geologica" che accompagna il quadro conoscitivo di supporto alla predisposizione del Piano Strutturale dove sono cartografati e distinti i depositi affioranti in un ampio intorno della zona oggetto di studio per un ambito areale geologicamente significativo, ed in particolare sono rappresentati i seguenti litotipi (cfr. Fig. 8 B\_2\_4CartaGeologicaPianoStrutturale1998):

- ✚ la - Depositi alluvionali prevalentemente limosi e sabbiosi con intercalazioni argillose (Olocene);
- ✚ at - depositi alluvionali prevalentemente argillosi, torbe palustri e depositi di colmata (Olocene).

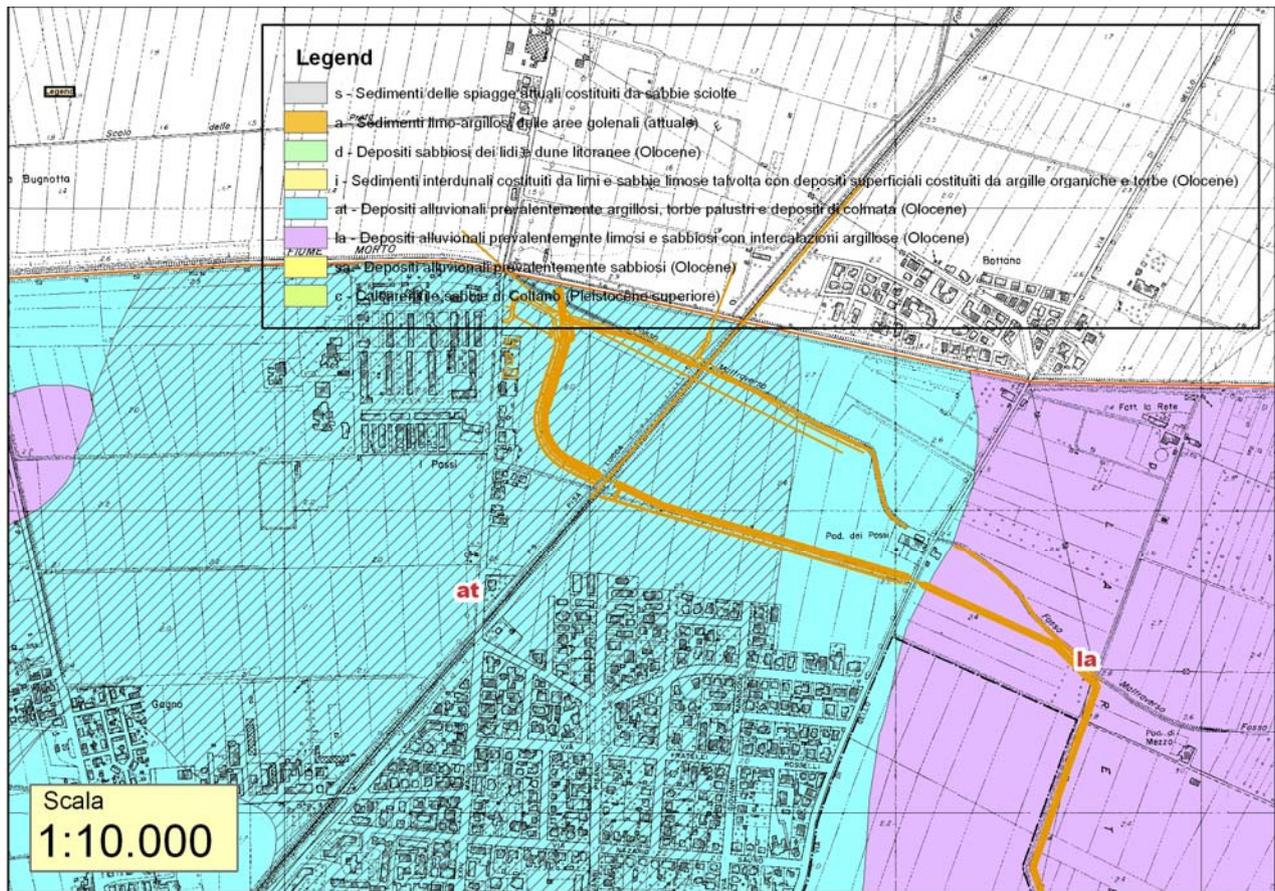


Fig. 8 B\_2\_4CartaGeologicaPianoStrutturale1998

Il rilievo effettuato in campagna ha confermato quanto riportato nella carta geologica del Piano Strutturale. In particolare, nell'area in cui sono state svolte le indagini geognostiche si è confermata la netta prevalenza di litotipi coesivi, rispetto ai i litotipi granulari. Dalla consultazione dei dati di base del Piano Strutturale, e in particolare dal sondaggio S4, eseguito recentemente a supporto della realizzazione della nuova viabilità a NE di Pisa, e a sua volta integrato con un analogo sondaggio posto nell'area dove sarà realizzato l'impianto idrovoro, si evince che il quadro stratigrafico sopra accennato è pressoché uniforme e prevalentemente coesivo fino a circa 7 metri di profondità. Tale deposito appoggia su strato granulare di circa 7 metri di spessore cui segue uno strato coesivo di circa 8 metri di spessore e un altro di circa 3 metri di spessore fino a una profondità di metri 25,50.

Da un punto di vista altimetrico l'area è pianeggiante con quote di circa 2 m s.l.m. in prossimità dell'Idrovora.

## 7 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE LOCALI

Nella pianura pisana, la domanda idrica è soddisfatta essenzialmente da prelievi effettuati su tre livelli di acquiferi: acquifero freatico superficiale, primo acquifero confinato in sabbia e sottostante primo acquifero confinato in ghiaia.

Per informazioni sullo stato qualitativo degli acquiferi, si veda la sezione "Acque" del presente rapporto.

Da un punto di vista normativo le competenze in materia di gestione della risorsa idrica sono attualmente attribuite alle Province che possono autorizzare prelievi o attingimenti previo parere dell'Autorità di Bacino. L'apertura di pozzi ad uso domestico, nel Comune di Pisa, non è soggetta ad autorizzazioni preventive.

Acquifero freatico. L'acquifero freatico è presente in ampie zone del territorio comunale ed è situato nelle lenti sabbiose dei depositi alluvionali di esondazione o in quelli dei meandri abbandonati e dei paleo alvei. Generalmente questo acquifero non è stato quasi mai preso in considerazione perché l'acqua non è utilizzabile a scopi idropotabili a causa della sua scarsa quantità e della sua bassa qualità. Un'analisi dei dati a disposizione, in letteratura e di quelli reperiti dalle autodichieste dei proprietari dei pozzi, raccolte dall'amministrazione provinciale, ha messo in evidenza, però, che esiste un'enorme quantità di pozzi (il loro numero si aggira intorno a qualche migliaio), che sfruttano la falda superficiale freatica a scopi principalmente irrigui. La differenza di quota piezometrica fra il periodo primaverile e quelle del periodo estivo varia da un minimo di 0 (corrispondenza quasi perfetta fra le isofreatiche) ad un massimo di circa +3 metri. In particolare il valore massimo si raggiunge nella zona di Riglione; in una zona più meridionale il valore passa a +2.5, mentre nell'area di S. Piero a Grado si riduce a circa 1 metri. L'acquifero freatico, per le caratteristiche legate principalmente alla sua posizione superficiale, risulta quello maggiormente vulnerabile. Inoltre, va sottolineato che a causa dei rapporti esistenti fra la falda freatica e l'idrografia superficiale, la qualità delle acque superficiali, influenza, più o meno direttamente, la qualità dell'acqua presente in falda.

Primo acquifero confinato in sabbia. L'acquifero artesiano in sabbia, risulta sfruttato attraverso l'emungimento da almeno una trentina di pozzi ubicati sul territorio comunale. Alcuni dati di letteratura (Rossi e Spandre, 1995) mettono in evidenza che l'andamento della superficie piezometrica è caratterizzato da un'ampia depressione allungata nella zona a Sud di Pisa, che tende ad estendersi verso NE in direzione dei Monti Pisani dove ha sede uno dei principali contributi alla ricarica della falda. Le analisi chimiche elaborate nel lavoro citato hanno inoltre evidenziato la presenza di due zone, una ubicata a NW e l'altra a N della città, in cui le acque risultano di tipo clorurato-alcaline e sono caratterizzate da alti valori di conducibilità elettrica. La falda in sabbia è in buona parte protetta dalla sua copertura costituita da litotipi relativamente impermeabili, risulta, invece, esposta in quelle zone dove avviene la sua ricarica (fascia pedemontana (M. ti Pisani) e pedecollinare (Colline Livornesi-Pisane) della pianura di Pisa; fascia delle dune costiere; falde confinate della Valle dell'Arno). La maggior parte di esse sono situate al di fuori del territorio comunale, che comprende solo le zone dunali situate lungo la fascia costiera a N e a S della foce dell'Arno e l'area di Coltano. In base a queste considerazioni e alla luce delle attuali conoscenze, la vulnerabilità della falda risulta bassa per tutto il territorio comunale ad eccezione delle zone di ricarica sopra descritte dove aumenta notevolmente fino a raggiungere valori elevati.

Primo acquifero confinato in ghiaia. Per le sue caratteristiche litologico-tessiturali, e quindi di permeabilità è sede della falda più importante, sia per quantità che per qualità di acqua immagazzinata; esso costituisce perciò l'unico orizzonte che i pochi pozzi del territorio comunale sfruttano per un approvvigionamento a scopi idropotabili. L'andamento piezometrico (Rossi e Spandre, 1994) di questa falda mostra una serie di massimi e minimi in relazione all'entità del pompaggio. E' evidente un rapido abbassamento lungo la zona costiera fino ad un massimo di -4 m s.l.m. ed una tendenza alla risalita verso Est. Un altro minimo relativo, legato all'emungimento, è ubicato a Sud del centro urbano di Pisa, mentre verso Ovest, dove l'entità dei pompaggi diminuisce sensibilmente, la superficie tende a risalire. Da un'analisi dei dati a disposizione, questo livello acquifero risulta scarsamente vulnerabile almeno per la parte che ricade nel territorio del Comune di Pisa. Tale vantaggio deriva dalla profondità alla quale si trova il tetto della falda, dalla presenza di livelli relativamente impermeabili in posizione sovrastante, e soprattutto dalla mancanza, nel territorio comunale, di una zona di ricarica, se si esclude il limitato collegamento con l'acquifero presente nelle sabbie che, nella zona di Coltano, ospitano una falda a pelo libero.

Nel rispetto del P.T.C., le norme comunali di attuazione degli interventi prevedono, in funzione della classe di vulnerabilità e delle trasformazioni e/o attività da effettuare, la definizione di un corrispettivo livello di rischio. In particolare, per

quanto riguarda il livello di rischio III (medio/alto) e IV (elevato) ogni trasformazione e/o attività è subordinata ad una preventiva valutazione puntuale della vulnerabilità idrogeologica, da effettuarsi tramite uno studio idrogeologico di dettaglio esteso ad un intorno significativo dell'area considerata.

#### Intrusione salina

Il fenomeno dell'intrusione marina è oggi caratteristico della maggior parte delle pianure costiere e altresì di quella pisana. Le falde idriche delle pianure costiere e, in generale, quelle in prossimità del mare sono spesso interessate da intrusioni di acqua marina e quindi soggette ad una progressiva salinizzazione. L'acqua di falda inquinata non è utilizzabile né per usi potabili né per usi agricoli. In molti casi la salinizzazione delle acque di sottosuolo è una conseguenza dell'intensivo e scorretto pompaggio nelle zone costiere. La differenza di densità tra l'acqua dolce (1 g/cm<sup>3</sup>) e quella marina (1.025 g/cm<sup>3</sup>) fa sì che nelle vicinanze della costa, in condizioni non influenzate, l'acqua dolce della falda si riversi in mare. L'acqua marina invece tende a disporsi al di sotto dell'acqua dolce andando verso l'interno. Tale fenomeno è stato studiato alla fine del XIX secolo da Ghyben ed Herzberg ai quali resta legata la legge che regola la posizione dell'interfaccia acqua dolce-acqua salata nel sottosuolo. Poiché sono sempre più evidenti i segni del progressivo aumento di tale fenomeno nella fascia costiera Pisana, l'Amministrazione Comunale, con lo scopo di valutare con precisione le dinamiche di ingressione del cuneo salino, nonché programmare opportuni interventi di mitigazione su tutta l'area costiera, come previsto dalle norme di accompagnamento alla variante parziale al Regolamento Urbanistico, ha previsto la realizzazione, di un "sistema di monitoraggio dell'intrusione marina", costituito da alcune stazioni di misura, in particolare 3 a Tirrenia, 3 a Marina di Pisa (di cui 2 nei pressi del nuovo porto), ed almeno 6 a Calabrone. Tali strumenti consentiranno il controllo dell'evoluzione del cuneo salino, tramite registrazione in continuo dei principali parametri ad esso legati, ovvero della temperatura, profondità, conducibilità e ph. A tale attività saranno affiancate delle campagne di misura eseguite con metodi tradizionali e metodi geofisici, a cadenze predefinite ed eseguite direttamente dall'U.O. Difesa del Suolo del Comune.

Nel caso di interventi di soggetti privati in aree a rischio di intrusione salina, sono prescritte alcune misure cautelative e indagini mirate; gli interventi di escavazione devono essere preceduti da specifica indagine idrogeologica di dettaglio, che verifichi con attenzione le conseguenze che le trasformazioni previste potrebbero arrecare al sistema acquifero locale e ne accerti gli impatti. Le indagini idrogeologiche di dettaglio dovranno inoltre includere indagini geofisiche finalizzate alla ricostruzione della profondità e forma dell'interfaccia acqua dolce/acqua salata. Analoghe precauzioni (indagine idrogeologica) dovranno essere adottate per quanto attiene la depurazione delle acque reflue (chiarie e scure).

## 8 ANALISI DEGLI STUDI GEOLOGICO-TECNICI DI SUPPORTO AL PIANO STRUTTURALE COMUNALE

---

Al fine di completare il quadro conoscitivo necessario alla predisposizione della presente relazione è stata presa visione di tutti gli studi geologico-tecnici di supporto al Piano Strutturale, di seguito si riporta la descrizione di quelli ritenuti più pertinenti:

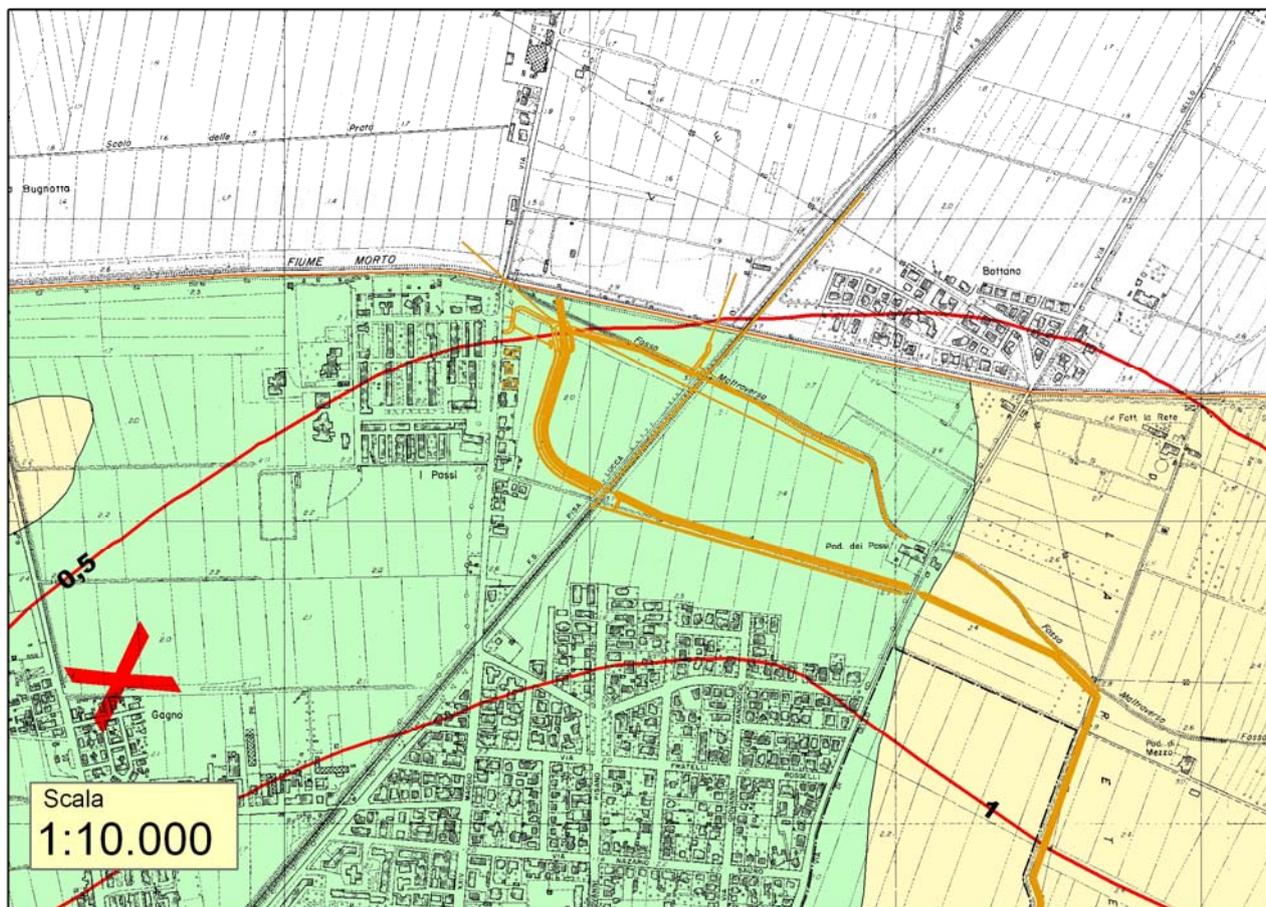


Fig. 9 B\_2\_6CartaIdrogeologicaPianoStrutturale1998

Carta Idrogeologica: in zona si hanno sedimenti a permeabilità primaria generalmente media, il livello piezometrico della falda freatica si colloca tra +0,5 m s.l.m. ed +1,0 m (Fig. 9 B\_2\_6CartaIdrogeologicaPianoStrutturale1998);

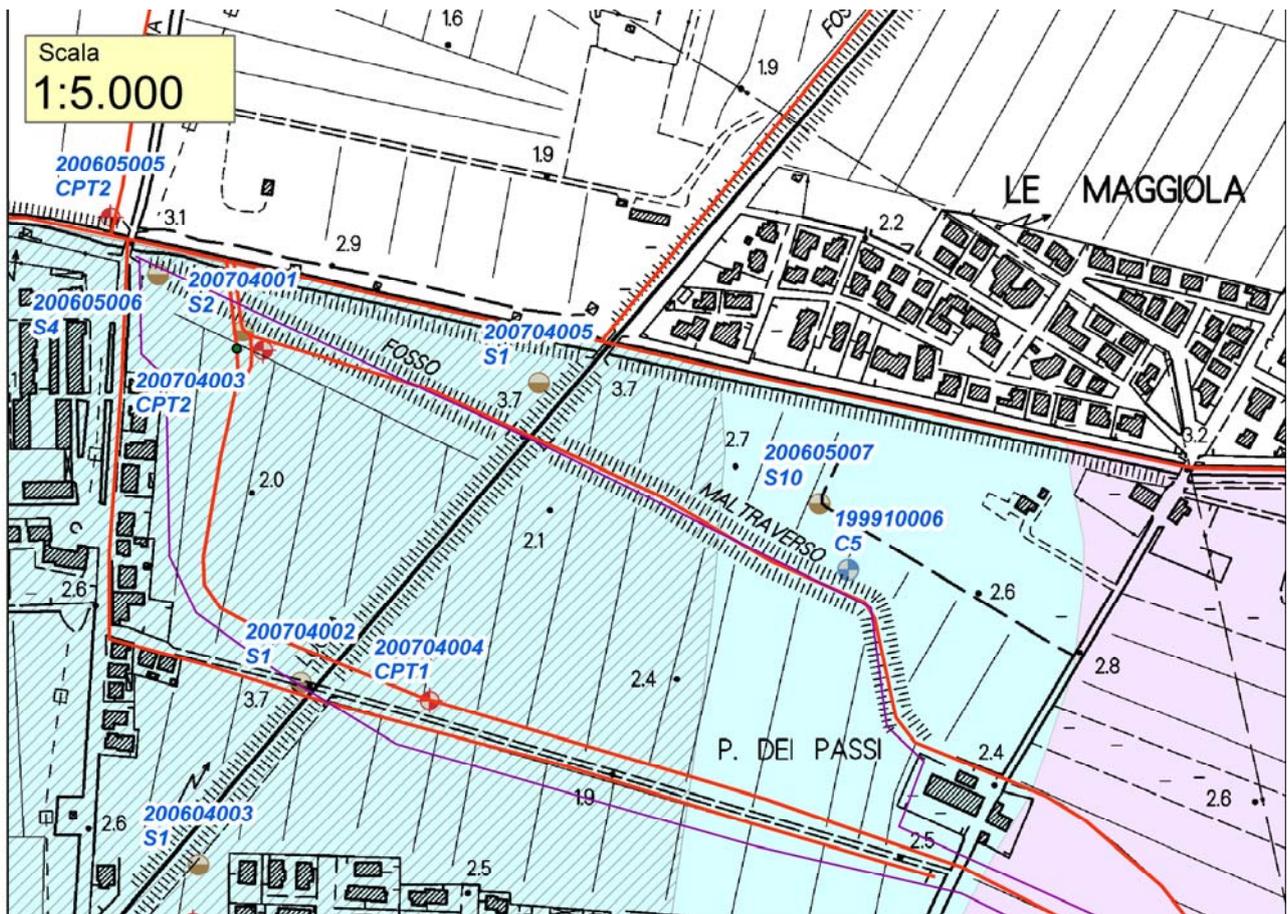


Fig. 10 CartaDati di basePianoStrutturale1998 – integrata

Carta dei dati di base: Alla data di predisposizione del PS nell'ambito dell'area in oggetto non risultavano presenti dati geognostici. I dati riportati in cartografia sono relativi ad indagini effettuate in date posteriori al 1998 in questa fase trattandosi di una relazione di fattibilità si è fatto riferimento ai sondaggi S4 (cod. 200605006), S2 (cod. 200704001) e alla prova CPT2 (cod. 200704003);

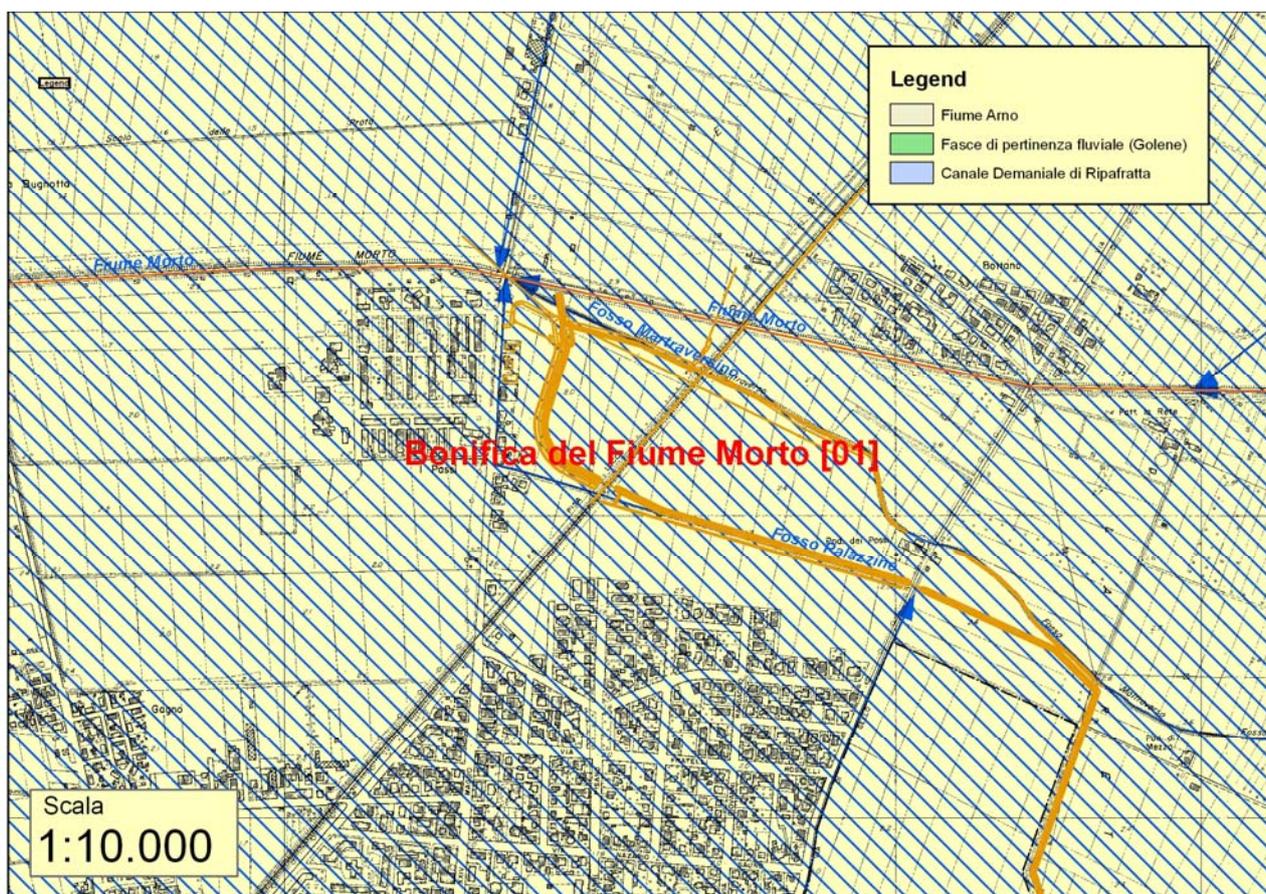


Fig. 11 B\_2\_1CartaDeiSistemiIdrauliciPianoStrutturale1998

Carta dei sistemi idraulici: l'area è compresa nel sottobacino di bonifica a scolo naturale della bonifica del F. Morto;

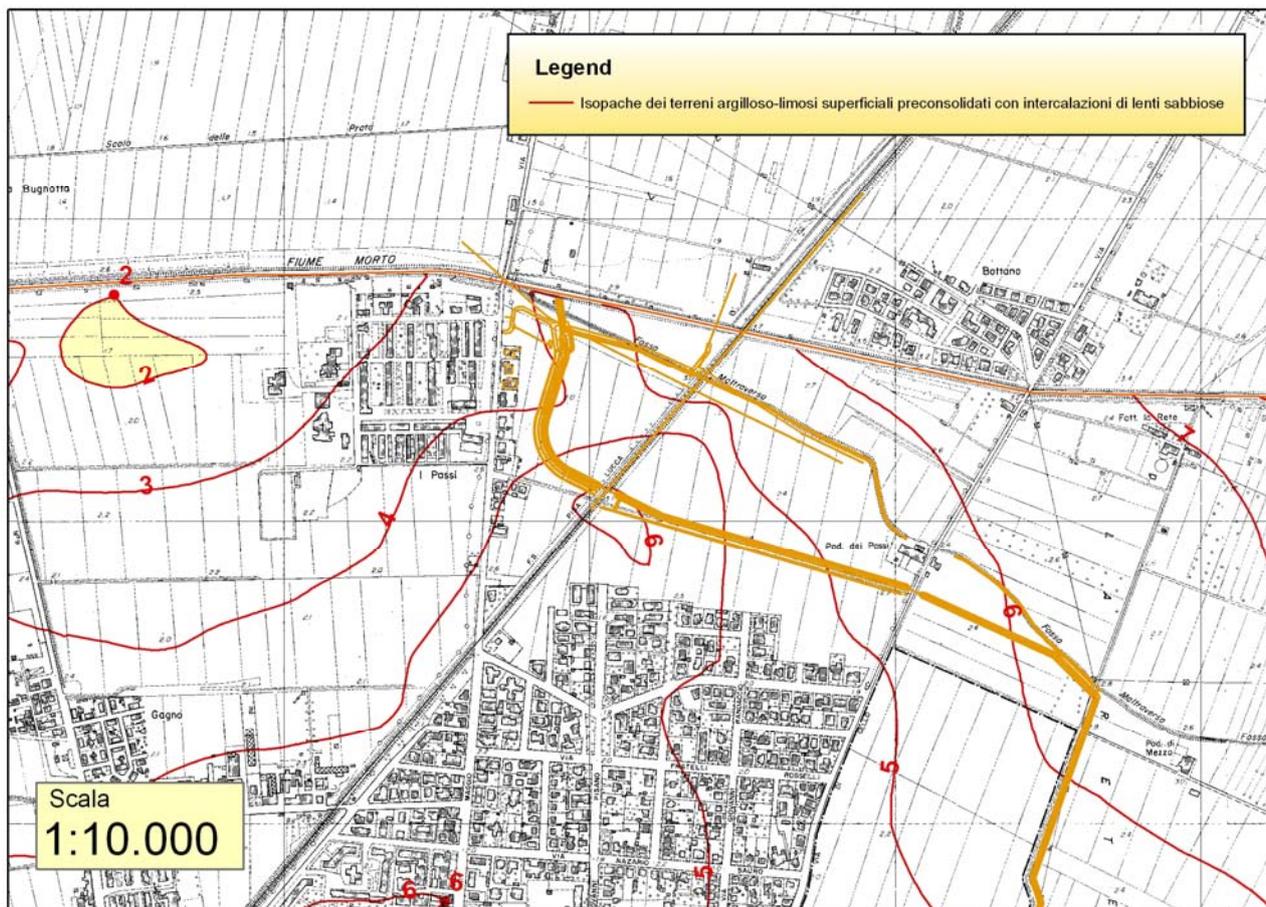


Fig. 12 B\_2\_2CartaDellaProfonditàDelTettoDelleArgilleCompressibiliPianoStrutturale1998

Carta del tetto delle argille compressibili: l'area oggetto di variante è compresa su un'area in cui lo strato delle argille compressibili si trova compreso tra i - 4 ed i -6 metri (cfr. Fig. 12).

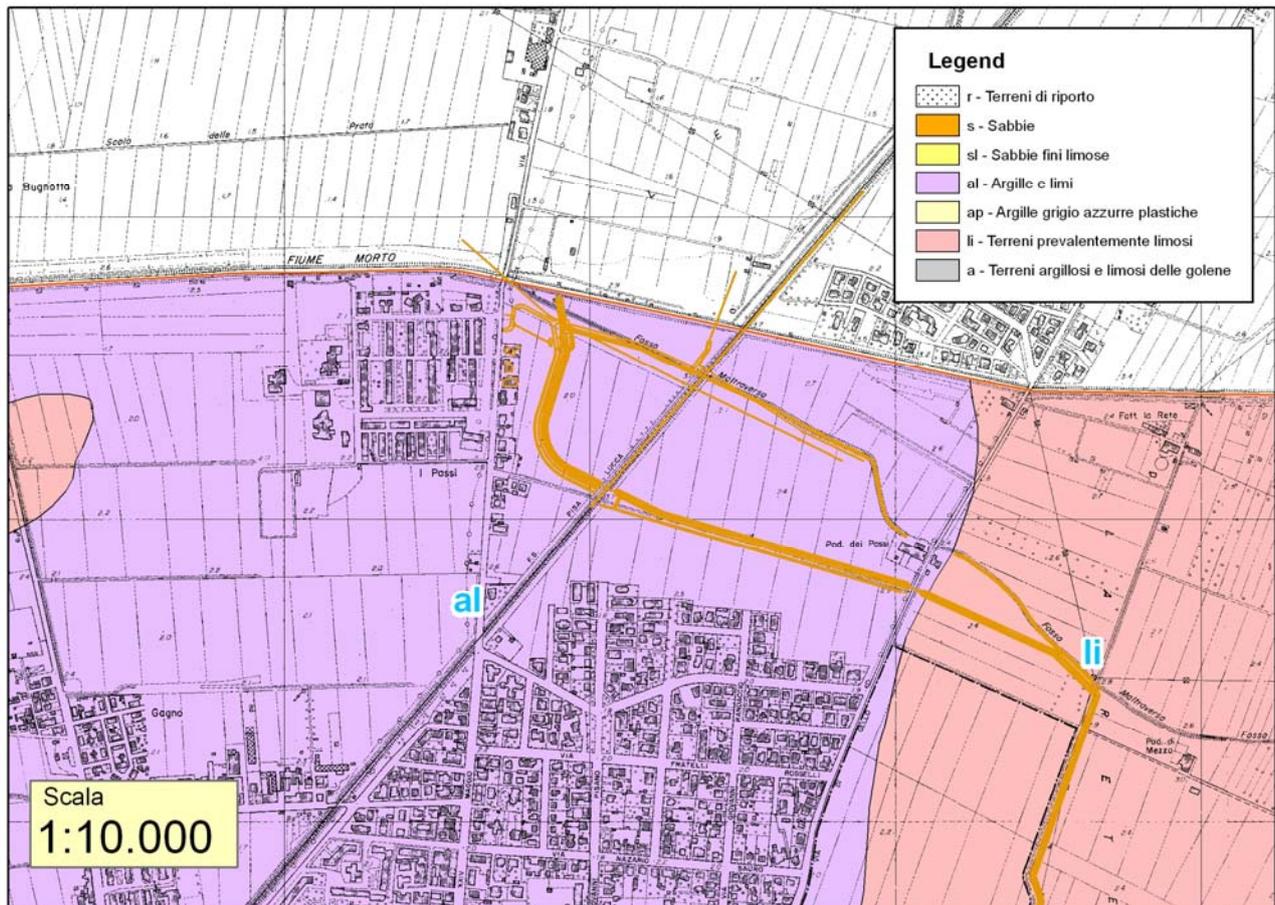


Fig. 13 B\_2\_5CartaLitotecnicaPianoStrutturale1998

Carta litotecnica: l'area oggetto di variante risulta classificata come argille e limi (al) e terreni prevalentemente limosi (li).

## 9 INDAGINI SVOLTE

Come precisato nella premessa, la presente relazione, che illustra le conclusioni raggiunte sulla fattibilità della variante, fa riferimento:

- ✦ alle indagini geologico-tecniche di supporto al Regolamento Urbanistico del Comune di Pisa, depositate presso l'Ufficio Regionale per la Tutela del Territorio (Regione Toscana);
- ✦ alle indagini geognostiche a supporto della presente relazione.

Per caratterizzare l'area sono state prese a riferimento il sondaggio S4, eseguito recentemente a supporto della realizzazione della nuova viabilità a NE di Pisa, e a sua volta integrato con un analogo sondaggio (S1) posto nell'area dove sarà realizzato l'impianto idrovoro, si evince che il quadro stratigrafico sopra accennato è pressoché uniforme e prevalentemente coesivo fino a circa 7 metri di profondità. Tale deposito appoggia su strato granulare di circa 7 metri di spessore cui segue uno strato coesivo di circa 8 metri di spessore e un altro di circa 3 metri di spessore fino a una profondità di metri 25,50. Oltre ai sondaggi in precedenza descritti è stata presa a riferimento la prova CPT1 realizzata in prossimità dell'area, ove è prevista la realizzazione dell'idrovora. Le prove in oggetto hanno evidenziato una stratigrafia costituita da termini coesivi, argillosi e argilloso limosi, intercalati da livelli a natura mista o granulare. Di seguito viene riportata (procedendo dall'alto verso il basso) la sequenza stratigrafia evidenziata attraverso le prove eseguite.

La presente sezione è una elaborazione indicativa, nasce come correlazione tra il sondaggio S4, S1 e le prova penetrometrica CPT1.

Descrizione	profondità	Spessore (m)	Valore medio Cu kg/cmq	Valore medio $\Phi$	Valore medio Mv cmq/t	Peso di volume medio $\gamma$ kg/dmc
Terreno di riporto	da 0 m a -0,30 m	0,6				1,8
Terreno vegetale e/o agrario di alterazione	da -0,30 m a -3,60 m	3,2	0,70		17,8	1,8
Argille plastiche compressibili e limi sabbiosi	da -3,60 a -7,0 m	3,6	0,50		20,8	1,6
Sabbie limose	da 7,0 a 14,50 m	1,6		29°	12,8	1,85
Argille plastiche compressibili con intercalazioni di sabbie	da 14,50 a 22,3 m	14,4	0,30		34,5	1,9
Sabbie	da 22,3 a 25.50 m	2		30°	6,7	1,85

Le tabelle ed i grafici relativi all'elaborazione delle prove sono riportati in Allegato 2 .

## 10 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELL'AREA

Per la costruzione del quadro piezometrico locale relativo a questa prima falda artesianiana sono stati utilizzati alcuni pozzi privati ricadenti in un significativo intorno della zona in esame, le misurazioni del livello di acqua sono state eseguite in condizioni statiche (assenza di pompaggio in corrispondenza dei pozzi) con l'ausilio di un freatimetro elettrico.

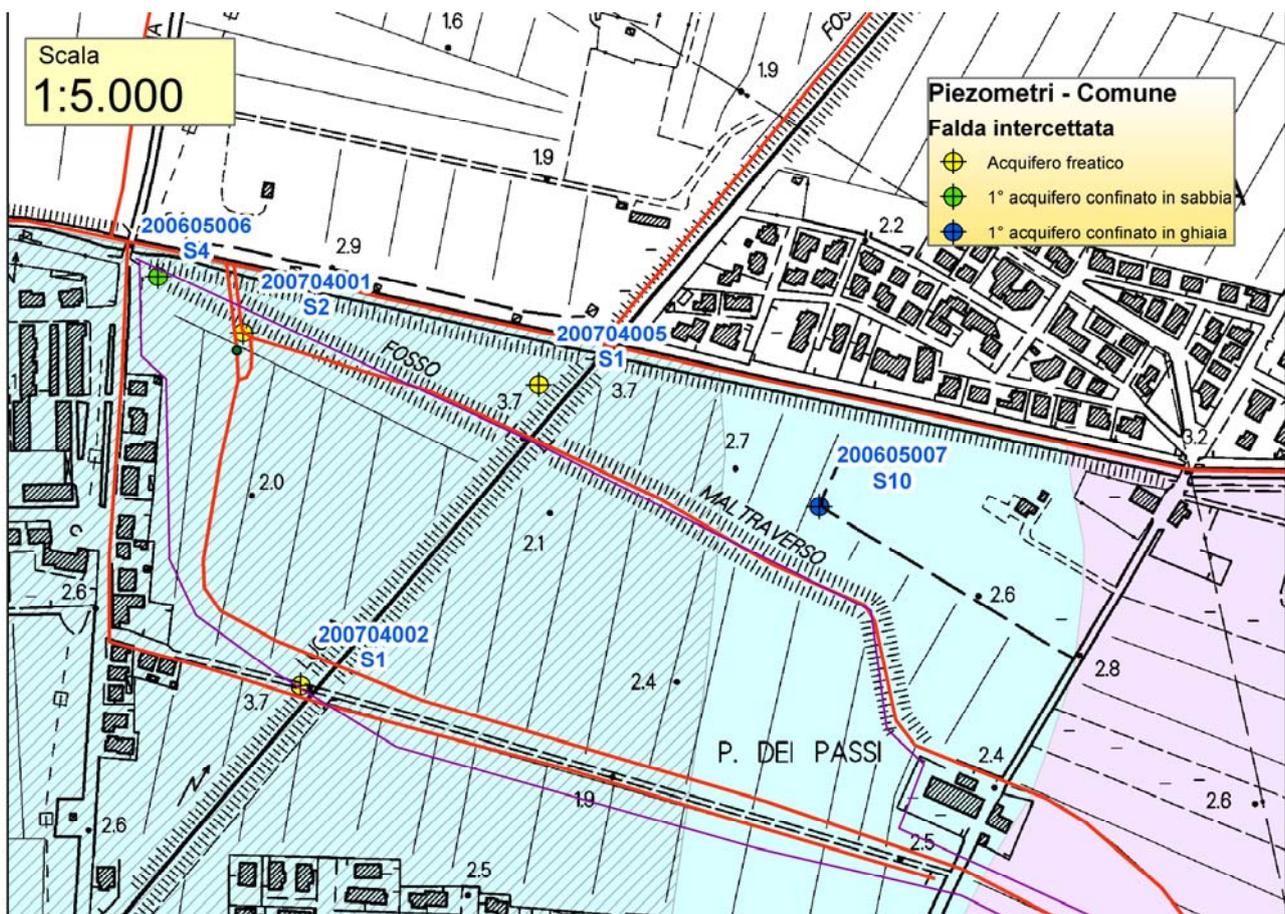


Fig. 14 Ubicazione piezometri utilizzati per il controllo del livello della falda

Per quanto riguarda il controllo del livello piezometrico sono stati utilizzati i fori dei sondaggio S2 (cod. 200704001), S1 (cod. 200704005) S1 (cod. 200704002) adattati a piezometro, le misure effettuate hanno verificato la presenza di acqua alle seguenti profondità:

Data del rilievo	Codice Piezometro	Tratto fenestrato (tra m e m)	Falda intercettata	Livello misurato dal boccapozzo (m)	Soggiacenza (m dal p.d.c.)	Livello Piezometrico (m dal l.m.m.)	Temperatura (°C)
14.05.07	200704001	tra -6,0 e -12,00 m	Acquifero freatico		-1,40		
14.05.07	200704005	tra -6,0 e -12,00 m	Acquifero freatico		-1,30		
14.05.07	200704002	tra -6,0 e -12,00 m	Acquifero freatico		-1,57		

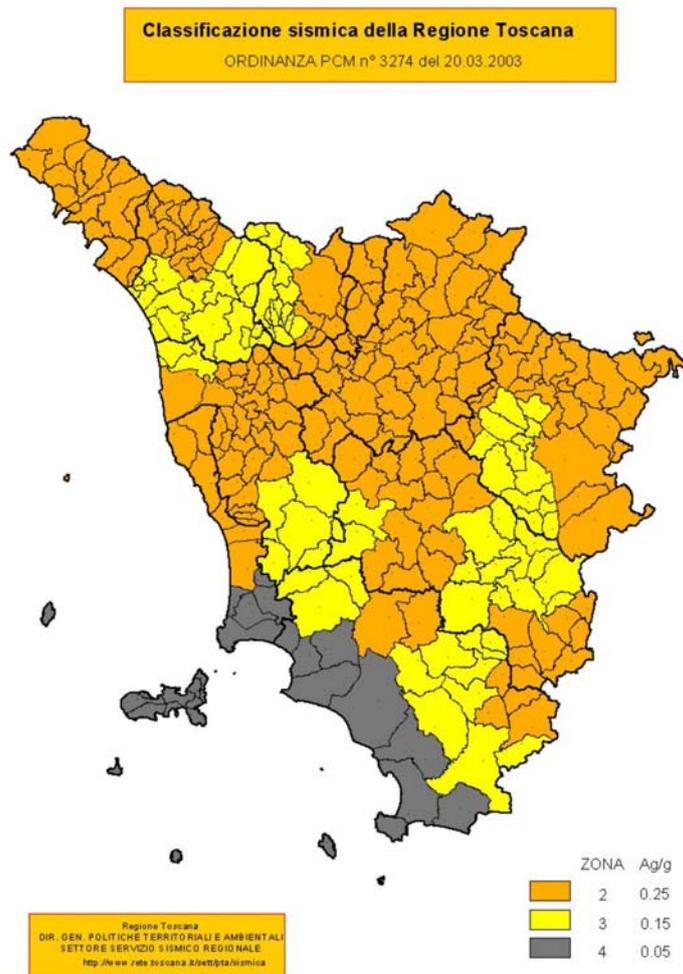
Data del rilievo	Località	Acque superficiali	Quota punto di stazione (m sul l.m.m.)	Livello misurato (m)	Livello idrometrico (m dal l.m.m.)
	Ponte ai passi	Fiume Morto			

Si precisa che le quote dei boccapozzo rispetto al livello del mare, saranno determinate in fase di progetto esecutivo, non essendo stato possibile in questa fase disporre di strumentazione topografica.

## 11 CONSIDERAZIONI SULL'ATTIVITÀ SISMICA

Con Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274) (G.U. n. 105 del 8 maggio 2003) sono stati approvati i “Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone” nonché le connesse “Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici”, “Norme tecniche per progetto sismico dei ponti”, “Norme tecniche per il progetto sismico delle opere di fondazione e sostegno dei terreni” facenti parte integrante e sostanziale dell'Ordinanza stessa. Contestualmente alla ordinanza è stata ridisegnata una nuova mappa sismica dei comuni italiani. Le Norme Tecniche indicano 4 valori di accelerazioni ( $a_g/g$ ) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico nonché le norme progettuali e costruttive da applicare, fissando corrispondenti quattro zone sismiche nelle quali viene suddiviso tutto il territorio nazionale.

In prima applicazione, in attesa della predisposizione di una nuova mappa di riferimento a scala nazionale che soddisfacesse integralmente i nuovi criteri di zonazione sismica, il Comune di Pisa risultava classificato in Zona 2 ( $a_g/g = 0.25$ ).



12 giugno 2006

Fig. 15 Classificazione sismica dei Comuni della O.P.C.M. n.3274 Aprile 2003. Fonte: Regione Toscana

Successivamente, con ordinanza O.P.C.M. 3519 del 28 Aprile 2006 (pubblicata su G.U. in data 11 Maggio 2006) è stata approvata una nuova mappa di pericolosità sismica nazionale con la quale, tra l'altro, viene consentito alle Regioni di definire i criteri applicativi tenendo conto dei livelli di incertezza. Alle Regioni viene inoltre data la facoltà di variare in più o in meno le sottoclassi individuate dall'O.P.C.M. 3519/06, utilizzando molteplici scenari di rischio e adottando anche criteri di scelta politico-decisionale, assistiti da valutazioni anche di tipo scientifico.

Su questa linea, pertanto, la Regione Toscana, basandosi anche su uno studio realizzato per suo conto dall'INGV - sezione di Milano, ha approvato recentemente con Deliberazione di G.R. del 19.06.2006, n. 431, la riclassificazione sismica del territorio regionale. Sulla base della suddetta classificazione, il Comune di Pisa è classificato in Zona 3s. Si precisa che per i 106 comuni toscani classificati in 3s la nuova classificazione è applicata con l'entrata in vigore della legge regionale, approvata con L.R. n.24 del 21/06/06 ed entrata in vigore il 24/06/06 a seguito della pubblicazione sulla G.U. avvenuta in data 11/05/06.

Considerata la nuova classificazione del territorio nazionale prevista dall'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 ai fini dell'applicazione della normativa sismica, di cui alla legge del 2 febbraio 1974 n. 64, si definisce che, nei comuni sismici, a norma dell'art. 104 del D.P.R. n. 380 del 6 giugno 2001, gli interventi sul patrimonio edilizio devono essere progettati con criteri antisismici, nel rispetto della

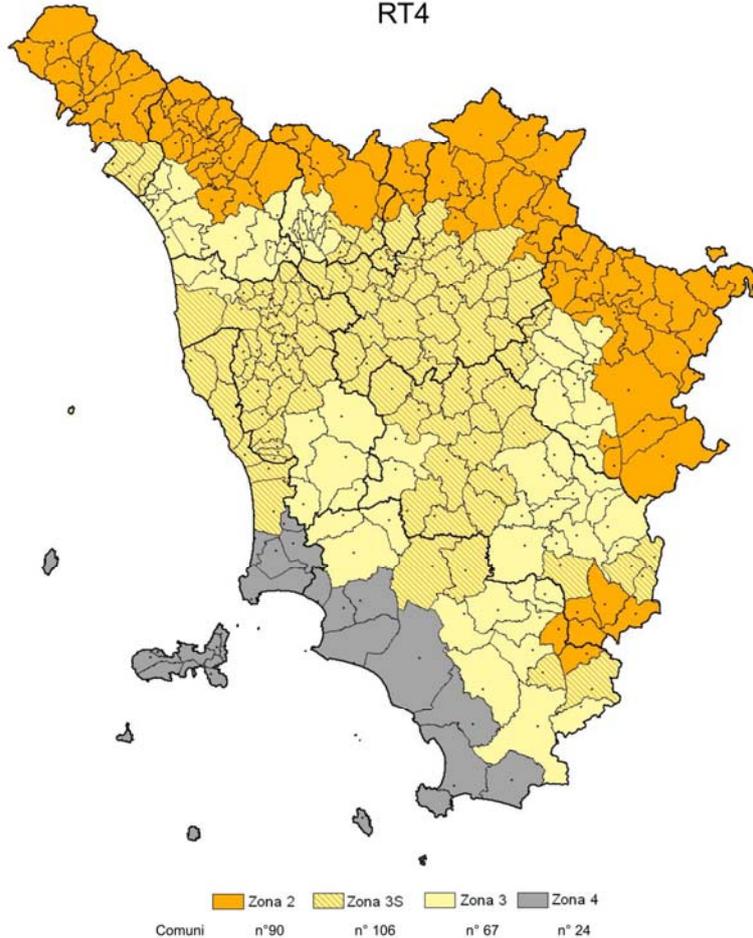
normativa sismica vigente (O.P.C.M. 3274/03). La Giunta Regionale pur avendo approvato con propria Deliberazione (n.431/06) la nuova classificazione sismica, classificando il Comune di Pisa in zona 3s, non ha diminuito il livello di protezione precedente e le costruzioni devono essere progettate e realizzate con le azioni sismiche della zona 2, alla quale il Comune di Pisa apparteneva nella classificazione sismica del D.M. 19 marzo 1982.

TAV. 16 

RT. 2006 - Elaborazione dei dati a cura della Direzione Generale Politiche Territoriali ed Ambientali  
Settore Servizio Sismico

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO  
TOSCANO (GIUGNO 2006)

RT4



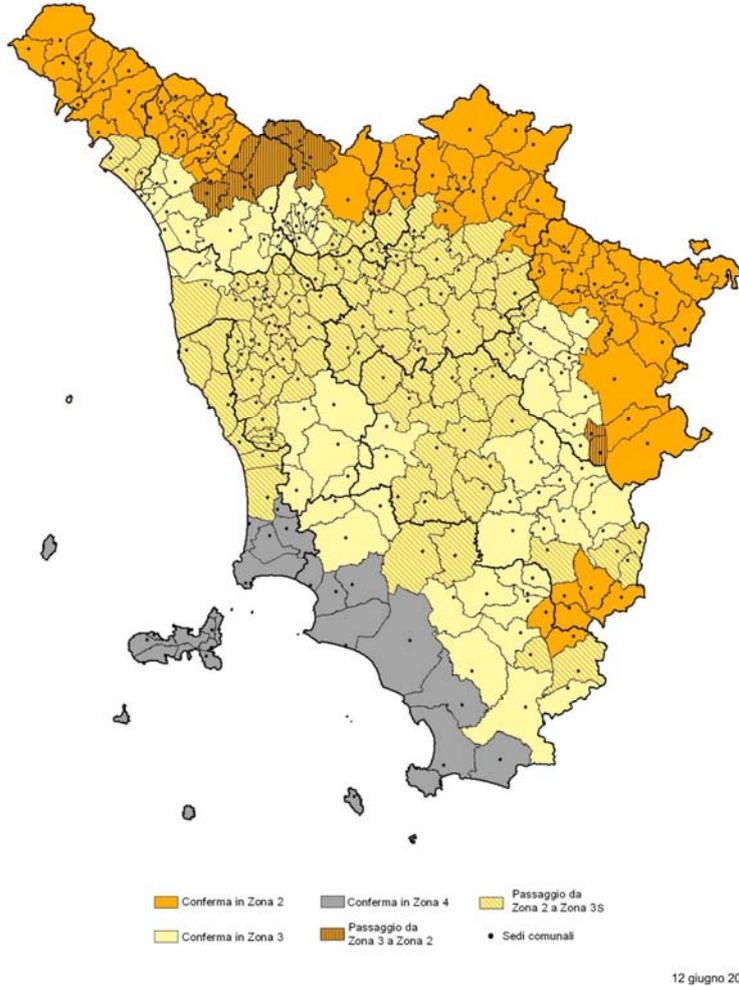
12 giugno 2006

Fig. 16 Classificazione sismica dei Comuni della Toscana (giugno 2006). Fonte: Regione Toscana

Confronto tra la nuova classificazione sismica dei Comuni della Toscana (Giugno 2006) e la precedente (Ord. PCM N.3274 del 20/03/03). Fonte: Regione Toscana

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO  
 TOSCANO (GIUGNO 2006)

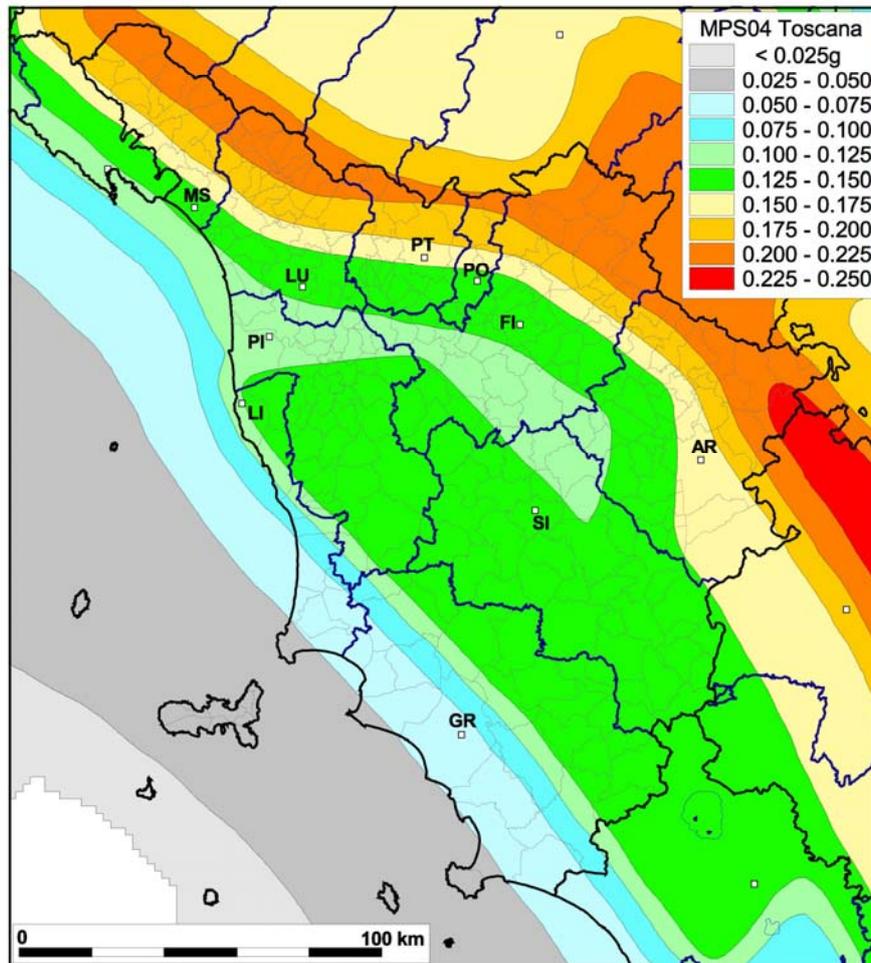
CONFRONTO TRA SCENARIO RT4 CON LA CLASSIFICAZIONE 2003 (O.P.C.M. 3274/03)



12 giugno 2006

Fig. 17 Confronto tra la nuova classificazione sismica dei Comuni della Toscana (giugno 2006) e la precedente (O.P.C.M. n.3274 Aprile 2003). Fonte: Regione Toscana

CONFRONTO TRA PROPOSTA DI RICLASSIFICAZIONE SISMICA (GIUGNO 2006) E PRECEDENTI CLASSIFICAZIONI DEL COMUNE DI PISA			
NORMATIVA	ZONA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI ( $a_g$ )	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE MASSIMA CONVENZIONALE DI ANCORAGGIO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO ( $a_g$ )
<b>D.M. 1982 O.P.C.M. 3274/2003</b>	2	$0.15 < a_g \leq 0.25$	0.25g
<b>Proposta 2006</b>	3S	$0.100 < a_g \leq 0.125$	0.15g



Mappa di pericolosità sismica (MPS) della Toscana (valore mediano).

Fig. 18 Rappresentazione della mappa della mediana attraverso curve di livello. Fonte: Regione Toscana

Con l'entrata in vigore in data 24 ottobre 2005 del D.M. 14 settembre 2005 "Norme Tecniche per le costruzioni" relativamente all'applicazione delle disposizioni di cui all'art. 104 del DPR 6 giugno 2001 n. 380, l'OPCM 3274/03, all'art. 2 comma 2, ha dato facoltà agli operatori di progettare e costruire con la classificazione sismica previgente, fino all'entrata in vigore delle nuove norme tecniche. Ne deriva, quindi, che le disposizioni di cui al citato art. 104 sono da applicarsi per le opere la cui esecuzione è successiva all'entrata in vigore delle norme tecniche per le costruzioni, ovvero il 24 ottobre 2005. Al fine di avviare una fase sperimentale di applicazione delle norme tecniche era stato individuato un periodo di 18 mesi in cui era possibile applicare in alternativa la normativa precedente. A seguito dell'approvazione in via definitiva, avvenuta in data 26 febbraio 2007, del disegno di legge di "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 28 dicembre 2006, n. 300, recante proroga di termini previsti da disposizioni legislative. Disposizioni di delegazione legislativa", il termine per l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni è stato prorogato al 31.12.2007 (comma 4-bis dell'art. 3).

Come richiesto dall'art. 3.2.1 D.M. 14 settembre 2005 "Norme Tecniche per le costruzioni" al fine di permettere di progettare e costruire con la nuova classificazione sismica è necessario effettuare la caratterizzazione del suolo di fondazione definendo il parametro  $V_{s30}$ , che esprime la velocità media delle onde elastiche di taglio (onde S) nei primi 30 metri di profondità al disotto del piano di fondazione. La nuova norma, ai

fini delle azioni sismiche di progetto, da importanza sostanziale ai diversi profili stratigrafici del sottosuolo, i quali, in base alle loro caratteristiche di spessore e rigidità sismica, possono amplificare il moto sismico in superficie rispetto a quello indotto alla loro base. La velocità di propagazione delle Onde S può essere ottenuta per via indiretta, ovvero ricavandola da indagini geognostiche (ad esempio dal parametro  $N_{spt}$  ricavato da una prova penetrometrica standard) o per via diretta, impiegando indagini di tipo sismico (down-hole, sismica a rifrazione, MASW, cono sismico).

Ritenendo questi ultimi metodi senz'altro più validi e corretti e considerata la possibilità di inversioni nel profilo di velocità si è ritenuto indicato ricorrere al metodo MASW (Multi-channel analysis of surface waves). Si tratta di una tecnica di indagine piuttosto recente che sfrutta le onde di superficie di Rayleigh. Il MASW è una tecnica "multi-station" che rappresenta una evoluzione del metodo SASW e rispetto a quest'ultimo consente una determinazione senz'altro più affidabile delle proprietà del terreno. Il metodo mira ad una caratterizzazione sismica del sottosuolo basandosi sull'analisi della dispersione geometrica delle onde di superficie. Il risultato finale del processo di elaborazione è il profilo verticale delle velocità delle onde S. Secondo le indicazioni contenute nelle Istruzioni Tecniche (Volume 1) fornite dalla Regione Toscana nell'ambito del Programma V.E.L. (Valutazione effetti locali) in riferimento alle prove di caratterizzazione basate sulla propagazione di onde sismiche di superficie, "la prova si applica quando la profondità delle coperture da esplorare è compresa tra i 10 ed i 50 m presentando una maggiore attendibilità per profondità indagate inferiori ai 20 m".

I vantaggi della tecnica MASW possono essere così riassunti:

- particolarmente indicata per terreni attenuanti ed ambienti rumorosi;
- è in grado di evidenziare inversioni di velocità nel profilo di velocità;
- buona risoluzione;

Tali caratteristiche, unitamente alla relativa economicità della prova, ne hanno reso particolarmente indicato l'uso nel sito in oggetto, caratterizzato dalla presenza di terreni alluvionali in cui le inversioni di velocità sono possibili e situato in un'area urbanizzata e quindi tipicamente rumorosa.

Schematicamente il processo di analisi è il seguente:

Creazione dello spettro FK;

Ricerca del miglior fitting fra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione teorica;

Profilo di velocità delle onde S.

L'indagine in oggetto ha evidenziato come i terreni indagati siano caratterizzati da valori del parametro  $V_{s30}$  pari a circa 139 m/s, ovvero inferiori a 180 m/s che corrispondono ad un suolo di fondazione classificato come di seguito indicato:

#### CATEGORIA D

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

Il risultato è, in prima approssimazione, in accordo con le evidenze geotecniche, poiché le prove penetrometriche statiche disponibili nella zona evidenziano terreni caratterizzati da valori di  $C_u$  mediamente inferiori a 70 Kpa.



## 12 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ E DELLA VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA

In questo capitolo sono illustrate le carte relative alla pericolosità [geomorfologica, idraulica] (approvata con D.C.C. n. 103 in data 02.10.98) ed alla vulnerabilità idrogeologica (approvata con D.C.C. n. 56 del 20.07.06).

### LA CARTA DELLA PERICOLOSITÀ (GEOLOGICA-IDRAULICA) DELL'AREA DI VARIANTE

Nel Piano Strutturale del Comune di Pisa approvato con D.C.C. n. 103 il 2 ottobre 1998 l'area di interesse risulta (cfr. Fig. 19 PS - Carta della pericolosità da Piano Strutturale) individuata nella "Carta della Pericolosità B\_2\_10", inquadrata tra quelle a "Pericolosità geologica medio-bassa (3a)" con codice 6:

*6 -(Classe 3a) - Zona morfologicamente in situazione sfavorevole dal punto di vista idraulico ( quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a 2m sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, del ciglio di sponda ); soggetta alle Direttive D.C.R. 230/94 perché inserita in ambito B. Non presenta particolari problematiche legate alle caratteristiche geotecniche dei terreni"*

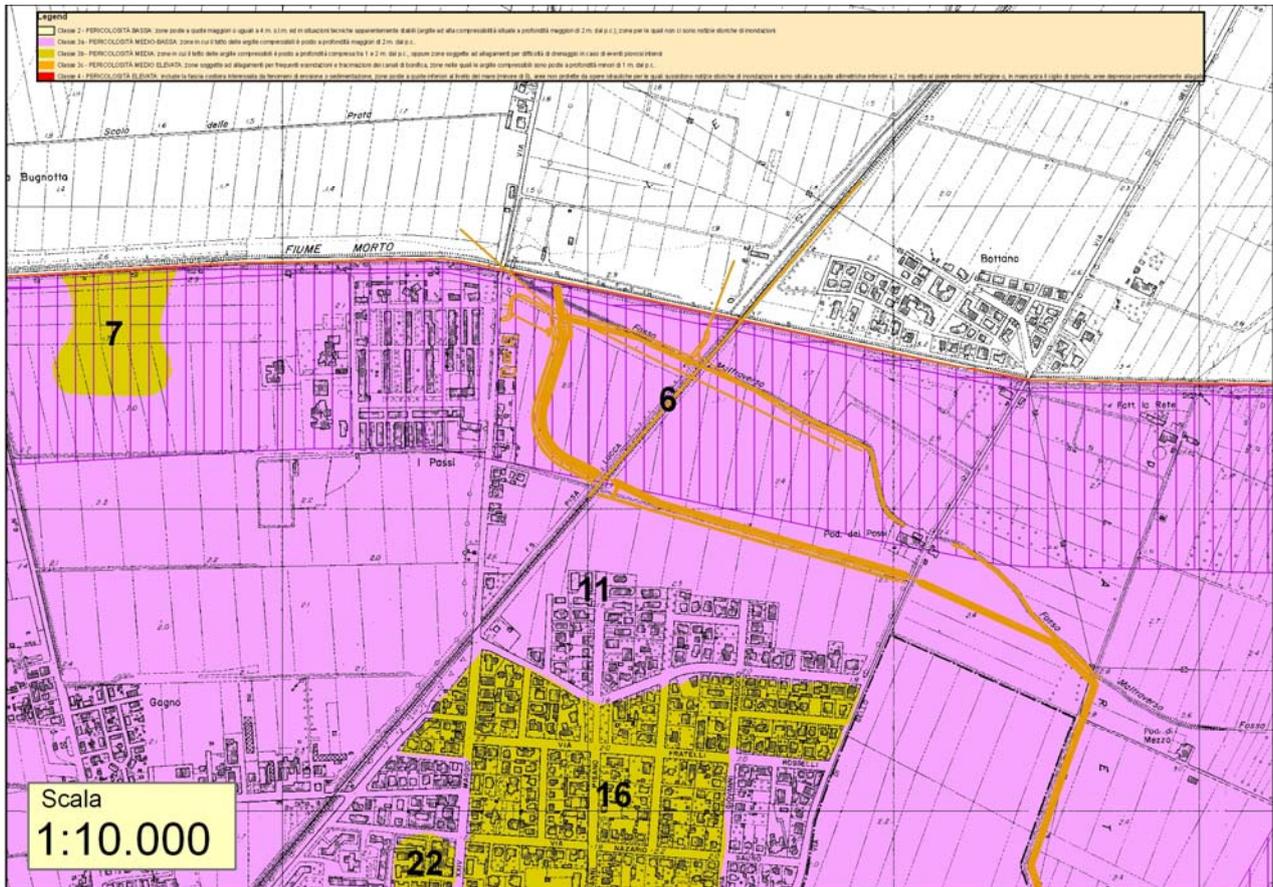


Fig. 19 PS - Carta della pericolosità da Piano Strutturale D.C.C. n.103 del 02.10.98

L'intera area di variante non risulta essere interessata dalla variante parziale al PS avvenuta con delibera del C.C. n. 56 del 20.07.06.

## CARTA DELLA VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA DELL'AREA DI VARIANTE

La carta della vulnerabilità idrogeologica riporta, per l'area di variante, la corrispondente classificazione di pericolosità. Nel Piano Strutturale del Comune di Pisa approvato con Del. C.C. n. 103 il 2 ottobre 1998 la cartografia relativa alla vulnerabilità idrogeologica non era presente, in quanto a quella data non richiesta. Il Piano strutturale, approvato in data anteriore all'entrata in vigore del Piano di Indirizzo Territoriale e del Piano Territoriale di Coordinamento, risultava, per alcune sue parti, non conforme agli strumenti sovracomunali. Relativamente alla vulnerabilità idrogeologica, in data 21 luglio 2005 è stata presentata una variante parziale al P.S. in cui veniva presentato il nuovo elaborato di vulnerabilità idrogeologica del Comune di Pisa. La variante è stata approvata in data 20.07.06 con delibera di C.C. n. 56, conseguentemente il PS oggi è corredato di carta della vulnerabilità idrogeologica. Tale carta è stata realizzata ai sensi dell'Articolo 9 del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa. Lo Strumento provinciale descrive quattro classi cui corrispondono altrettanti livelli di vulnerabilità.

Classificare il territorio in funzione del grado di vulnerabilità idrogeologica significa distinguerlo in base ad una maggiore o minore propensione dei terreni a lasciarsi attraversare da sostanze inquinanti (derivanti da attività antropiche) che possono contaminare gli acquiferi sotterranei.

Nello specifico, ed in attuazione al disposto dell'Art 9 del P.T.C., viene individuata la vulnerabilità "intrinseca" idrogeologica, ovvero la suscettività della "prima risorsa vulnerabile" (intesa come acquifero da salvaguardare) ad essere raggiunta da un generico inquinante infiltrato dal p.c., e secondo tempi di arrivo differenti (isocrone).

La vulnerabilità idrogeologica viene riferita convenzionalmente alla "prima risorsa vulnerabile", senza distinzione tra falde freatiche o confinate.

In taluni casi la prima risorsa vulnerabile corrisponde al freatico; in altri casi e specificatamente ove i terreni della copertura sono impermeabili (assenza di freatico) o l'acquifero freatico non è classificato come risorsa (in base ai criteri sopra indicati), la prima risorsa vulnerabile diventa l'acquifero confinato.

Classi di pericolosità idrogeologiche (secondo Art 9 del P.T.C.)

Classe 1- vulnerabilità irrilevante:

Aree in cui affiorano litotipi francamente argillosi, con grado di permeabilità molto basso e spessori minimi >5 m. Prima risorsa vulnerabile: acquifero confinato in sabbie.

Classe 2- vulnerabilità bassa:

Aree in cui affiorano litotipi prevalentemente argillosi, con grado di permeabilità molto basso e spessori minimi <5 m, lateralmente in contatto con sedimenti sabbiosi ad elevata permeabilità, che costituiscono le zone di potenziale ricarica. Prima risorsa vulnerabile: acquifero confinato in sabbie.

Classe 3- vulnerabilità media, sottoclasse 3a:

Aree in cui affiorano terreni caratterizzati da un basso grado di permeabilità ed in cui di norma è assente la falda freatica (prima risorsa vulnerabile).

Classe 3- vulnerabilità media, sottoclasse 3b:

Aree di colmata prossime al fiume Arno in cui affiorano sedimenti prevalentemente limo-sabbiosi caratterizzati da un grado di permeabilità medio ed in cui è possibile riscontrare la presenza di falde freatiche (non necessariamente assimilate a prima risorsa vulnerabile).

Classe 4.- vulnerabilità elevata, sottoclasse 4a:

Aree caratterizzate da litotipi ad elevata permeabilità in cui la falda freatica è presente e prossima al piano campagna. Tale classe include le dune costiere, i depositi sabbiosi e le zone di paleoalveo. Il livello di protezione dei terreni è insufficiente ad impedire all'inquinante di raggiungere la risorsa.

Classe 4 - vulnerabilità elevata, sottoclasse 4b:

Aree in cui la risorsa idrica risulta esposta ovvero le acque superficiali, le aree di pertinenza fluviale e aree golenali. Da questa nuova cartografia l'area di interesse

risulta inquadrata tra quelle a “Vulnerabilità irrilevante” ed in piccolissima parte tra quelle a “Vulnerabilità media”.

Da tale carta l’area di interesse risulta inquadrata tra le quelle a “Vulnerabilità irrilevante” ed in piccolissima parte a “Vulnerabilità media”.

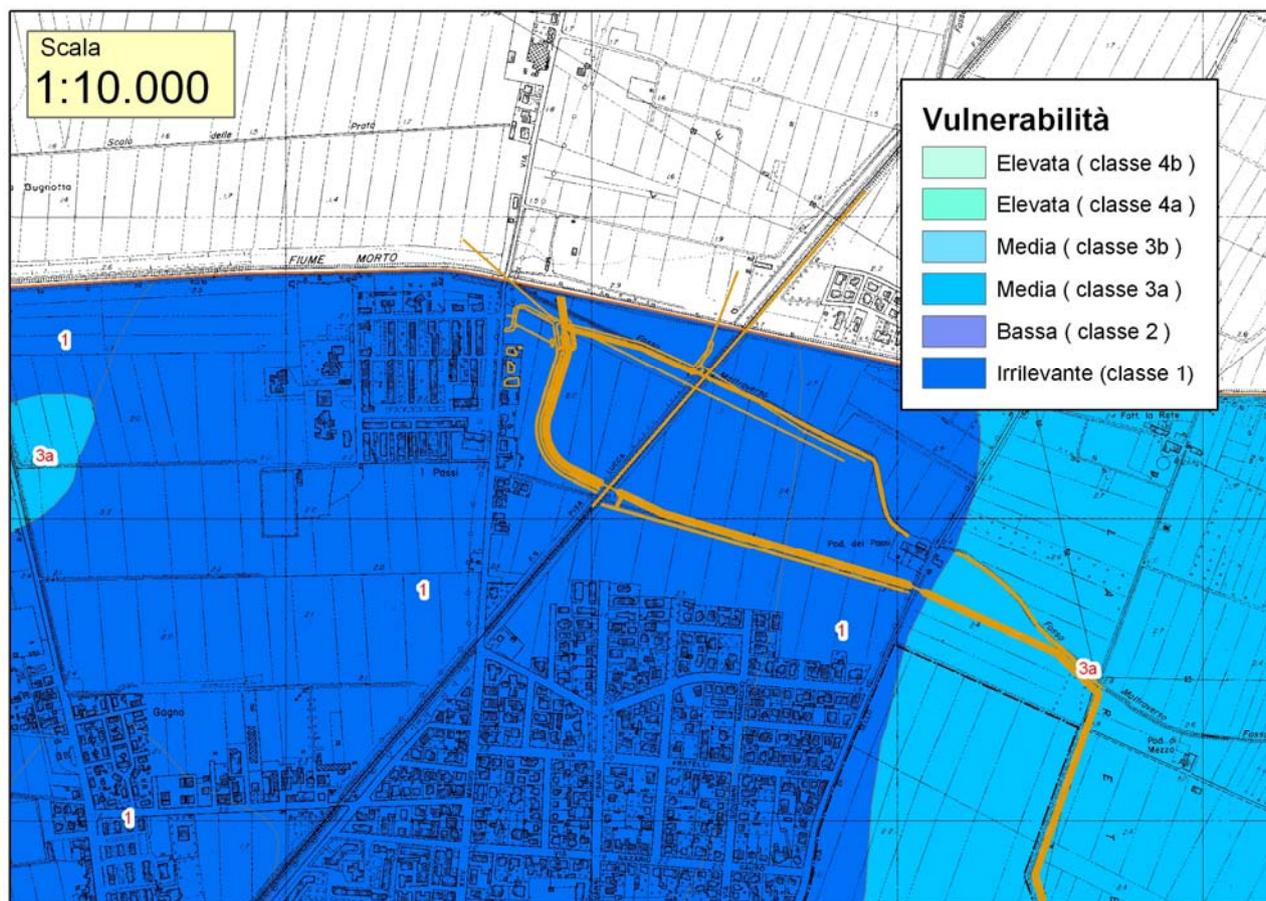


Fig. 20 PRG- Vulnerabilità Idrogeologica

## 13 CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Dal confronto tra la destinazione d’uso prevista dalla variante, e la carta pericolosità geologica (Del C.R. 94/85) integrata per gli aspetti relativi alle classi di vulnerabilità idrogeologica e con le indagini svolte sul sito si ricavano indicazioni puntuali sulla fattibilità della previsione proposta.

La Del. C.R. 94/85 identifica le seguenti 4 classi di fattibilità:

Classe 1 – fattibilità senza particolari limitazioni

Equivale a livelli di rischio irrilevante raggiungibile in caso di:

- ✓ costruzioni di modesto rilievo in rapporto alla stabilità globale dell’insieme opera-terreno che ricadono in aree stabili note (classe 1 di pericolosità)
- ✓ interventi a carattere conservativo e/o di ripristino anche in aree ad elevata pericolosità

In questi casi la caratterizzazione geotecnica del terreno a livello di progetto, quando necessaria, può essere ottenuta per mezzo di raccolta di notizie; i calcoli geotecnici di stabilità e la valutazione degli spostamenti possono essere omessi, ma la validità delle soluzioni progettuali adottate deve essere motivata in un’apposita relazione.

Gli interventi previsti dallo strumento urbanistico sono attuabili senza particolari condizioni.

Classe 2 – fattibilità con normali vincoli da precisare a livello di progetto

Equivale a livelli di rischio basso raggiungibile in aree non sufficientemente note anche se ipotizzabili a bassa pericolosità. Non sono previste indagini di dettaglio a livello di area complessiva. Il progetto deve basarsi su una apposita indagine geognostica mirata alla soluzione dei problemi evidenziati negli studi condotti a livello di P.R.G.

Gli interventi previsti sono attuabili senza particolari condizioni

Classe 3 – fattibilità condizionata

Equivale ad un livello di rischio medio-alto, come definibile con le conoscenze disponibili sulla pericolosità dell'area (in genere classe 3 di pericolosità) e interventi previsti anche di non eccessivo impegno e bassa vulnerabilità (p.e. edilizia abitativa a basso indice di fabbricabilità). Sono richieste indagini di dettaglio condotte a livello di area complessiva sia come supporto alla redazione di strumenti urbanistici attuativi che nel caso sia ipotizzato un intervento diretto. L'esecuzione di quanto previsto dai risultati di tali indagini in termini di interventi di bonifica, miglioramento dei terreni e/o tecniche fondazionali particolari costituiscono un vincolo specifico per il rilascio della concessione edilizia.

Gli interventi previsti dallo S.U. sono attuabili alle condizioni precedentemente descritte.

Classe 4 – fattibilità elevata

Equivale a livelli di rischio elevato ottenibili ipotizzando qualsiasi tipo di utilizzazione che non sia puramente conservativa e di ripristino in aree a pericolosità elevata (classe 4). O prevedendo utilizzazioni dall'elevato valore di vulnerabilità (servizi essenziali – strutture ad utilizzazione pubblica ad elevata concentrazione, strutture ad elevato rischio indotto quali dighe, installazioni industriali con possibile emanazione di materiale nocivo, ecc) in aree a pericolosità medio bassa. In queste aree già a livello di strumento urbanistico generale sono da prevedersi specifiche indagini geognostiche e quanto altro necessario per precisare i termini del problema; in base ai risultati di tali studi dovrà essere predisposto un esauriente progetto degli interventi di consolidamento e bonifica, miglioramento dei terreni e tecniche fondazionali particolari ed un programma di controlli necessari a valutare l'esito di tali interventi.

Gli interventi previsti dallo S.U. sono attuabili alle condizioni e secondo le limitazioni derivanti da quanto precisato nel punto precedente.

---

**CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELL'AREA DI VARIANTE**

---

Dall'analisi della carta della fattibilità geologica alla data di approvazione del RU l'area risulta classificata a Classe 2 – fattibilità con normali vincoli da precisare a livello di progetto.

Sulla base dei dati acquisiti e dalle caratteristiche della nuova destinazione d'uso, **si conferma la classe di pericolosità indicata nel P.S: (Fig 19 PS – Carta della pericolosità da Piano Strutturale), e la classe di fattibilità contenuta nel R.U. (fig. 22 RU – Fattibilità dell'area di intervento).**

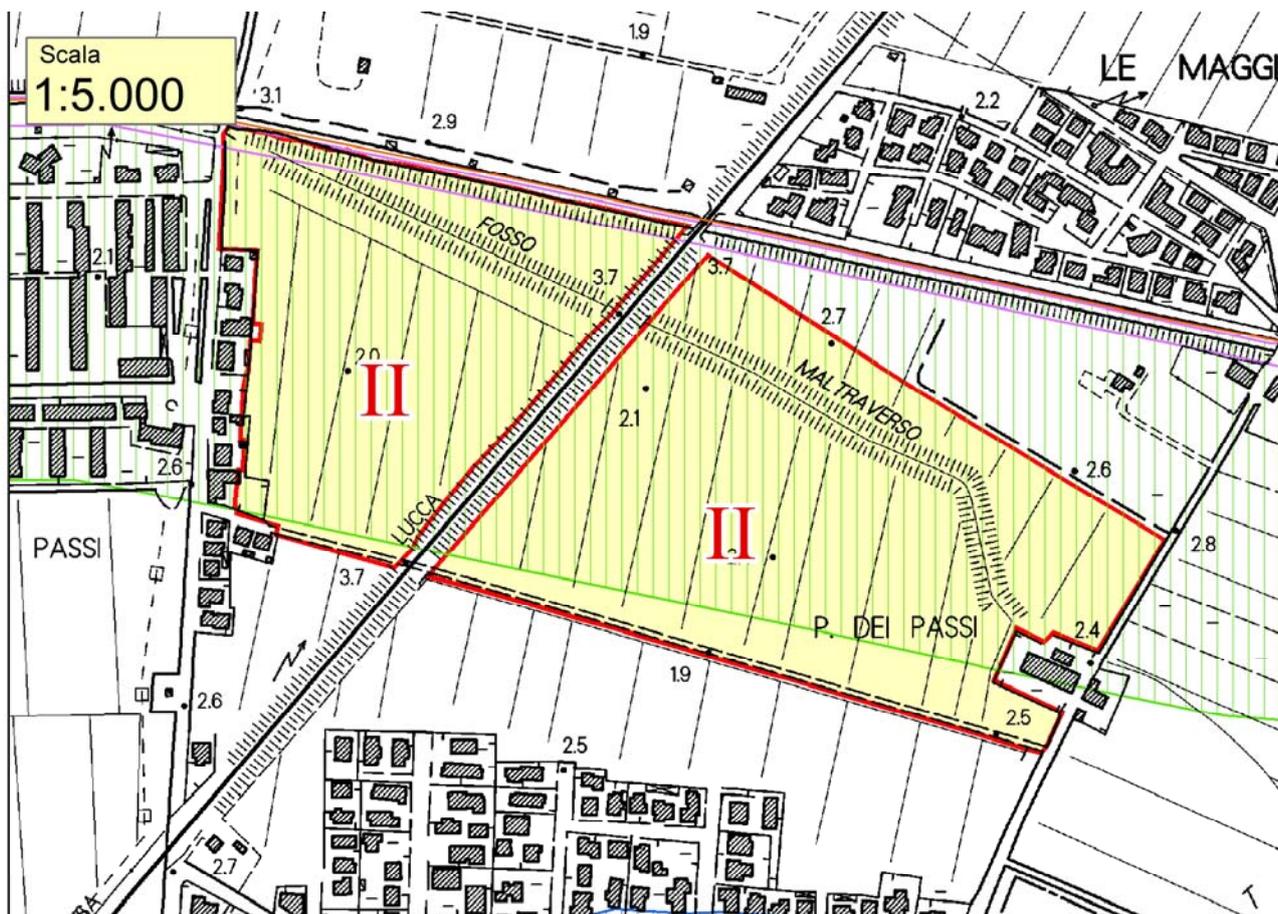


Fig. 21 Carta fattibilità geologica STATO ATTUALE

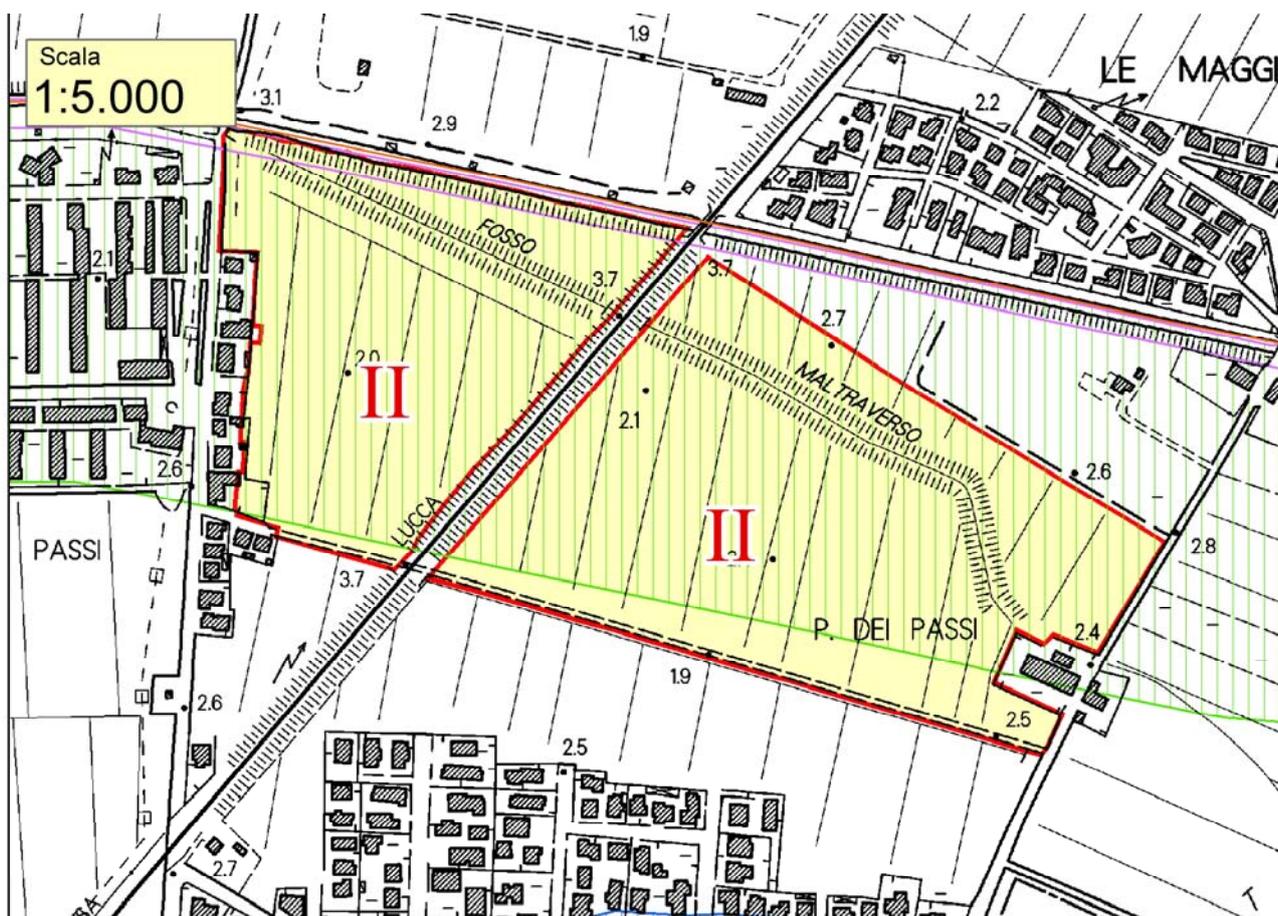


Fig. 22 Carta fattibilità geologica STATO MODIFICATO

### CONSIDERAZIONI SULLE VERIFICHE IDRAULICHE

L'intervento di sistemazione idraulica di Pisa Nord opere a servizio dell'abitato di Porta a Lucca, pur introducendo modifiche all'assetto idraulico della zona non produce incremento di rischio per le aree circostanti. Si precisa che dalle prescrizioni contenute nelle norme di applicazione del PAI, l'intervento risulta fattibile, e che le norme che accompagnano il suddetto piano stralcio costituiscono riferimento per la pericolosità idraulica derivata da eventi alluvionali provocati dal fiume Arno.

Il Comune di Pisa sta provvedendo ad adeguare il proprio strumento urbanistico a seguito dell'approvazione del Piano di bacino del fiume Arno, stralcio Assetto Idrogeologico (PAI), e come previsto dall'art. 27 "Adeguamento degli strumenti di governo del territorio", ha proceduto ad effettuare la verifica di coerenza tra il PAI ed i propri strumenti di pianificazione territoriale e di governo del territorio. Le risultanze di tale verifica hanno messo in luce sostanziali differenze tra i due strumenti, perciò l'Amministrazione Comunale ha deciso, ai fini dell'adeguamento del proprio strumento urbanistico di procedere ad approfondire il quadro conoscitivo utilizzato per la predisposizione del PAI attenendosi a quanto previsto all'art. 32 "Procedura di integrazione e modifica del PAI.

Le verifiche idrauliche finalizzate a valutare la presenza del rischio idraulico, necessarie ai sensi dall'art. 3.15 del R.U. che recepisce quanto disposto dalla ex 230/94, poiché l'intervento lascia inalterato l'assetto della zona e non implica un aumento del grado di rischio nei confronti dell'incolumità delle persone e dei beni, possono essere considerate effettuate dall'Autorità di Bacino. Autorità che per la predisposizione del PAI ha eseguito uno studio molto dettagliato sugli effetti delle

esondazioni provocate dall'Arno, predisponendo le cartografie di pericolosità idraulica che a breve saranno recepite negli strumenti urbanistici del Comune di Pisa.

## 14 CONDIZIONI ALLE TRASFORMAZIONI AREA DI VARIANTE

---

Non si forniscono specifiche condizioni (geologico-idrauliche-idrogeologiche) alle trasformazioni, da recepire come norme tecniche di attuazione. Gli interventi previsti sono attuabili senza particolari condizioni. Comunque, vista la presenza della falda molto in superficie e la vicinanza al Fiume Morto, in fase di scavo per la posa in opera delle strutture di fondazione necessarie alla realizzazione del manufatto di progetto, sarà necessario valutare la necessità di adottare provvedimenti volti ad isolare lo scavo dalla falda con la posa in opera di idonei rivestimenti o eventualmente anche deprimendo artificialmente la falda.

Pisa, maggio 2006

Dott. Geol. Marco Redini







15 ALLEGATI

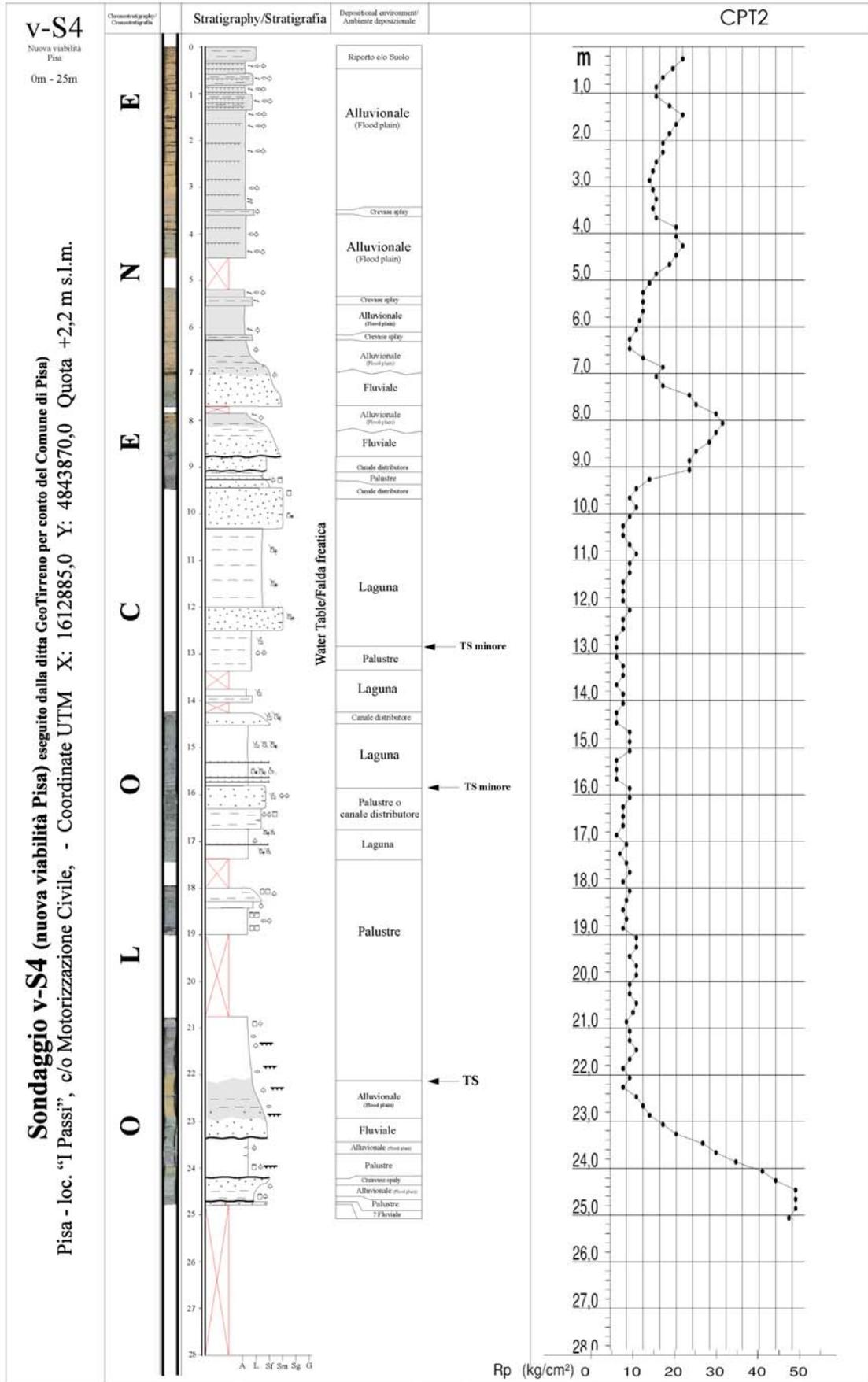
---



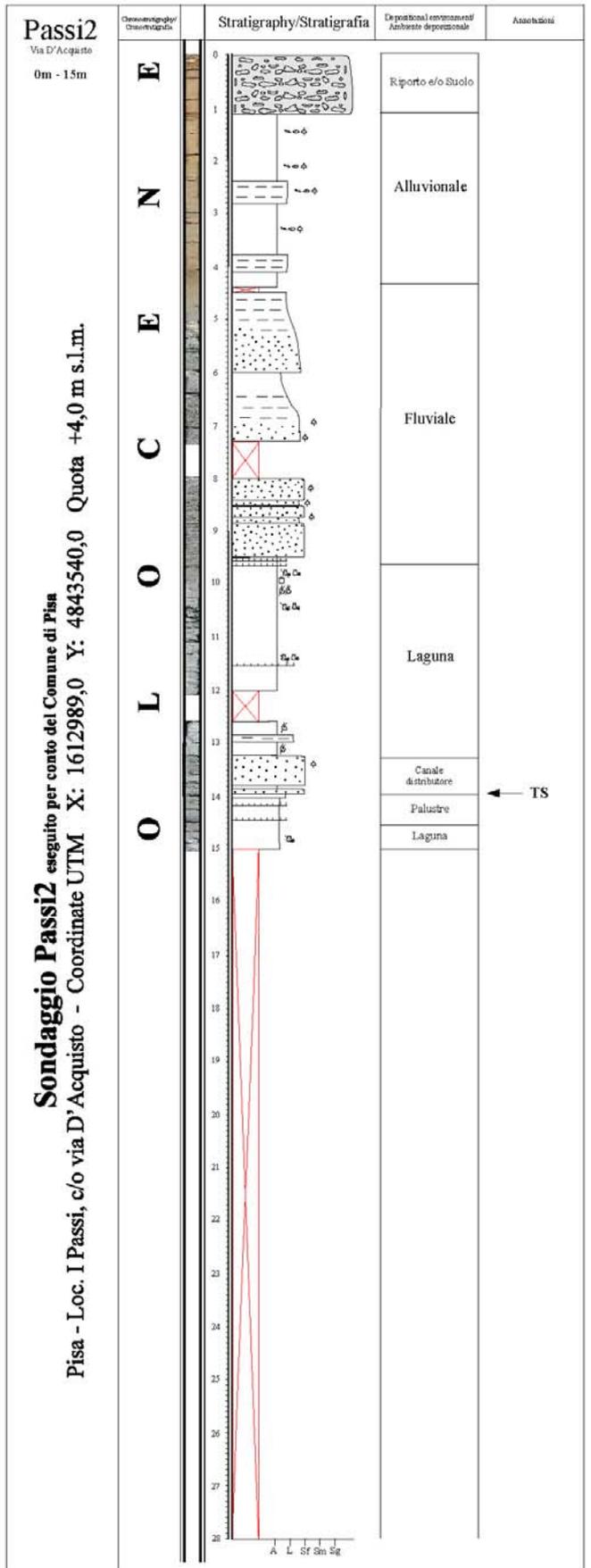
---

*ALLEGATO 1 SONDAGGI GEOGNOSTICI*





SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI BACINI DI PISA –NORD – NUOVO COLLETTORE E IMPIANTO IDROVORO  
 RELAZIONE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICO-TECNICA



---

*ALLEGATO 2 PROVE PENETROMETRICHE*



Ichnogeo s.a.s.

Via Ilaria Alpi 18/20-56028 S. Miniato basso (PI)-tel. 057143213

Committente: Comune di Pisa

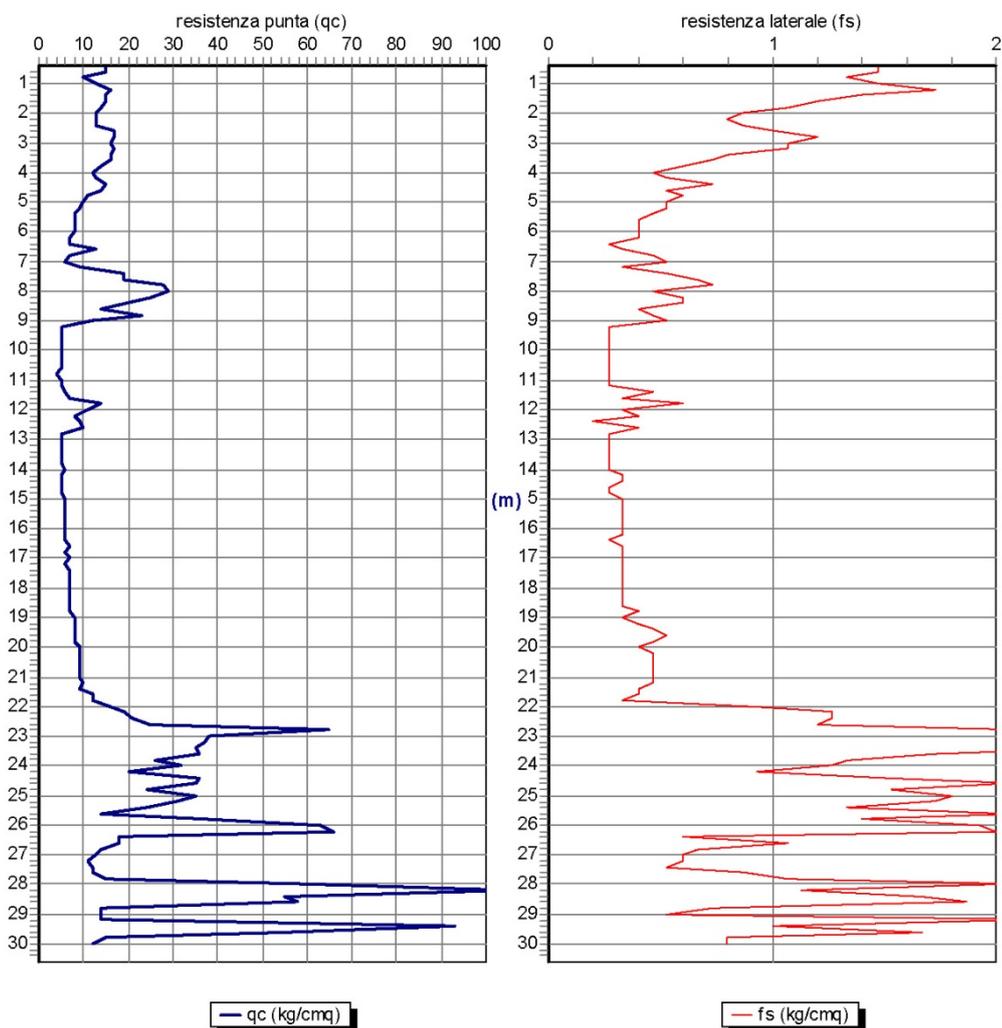
Località: Pisa - Porta a Lucca

Sigla cantiere: 06C018

Attrezzatura: RMU 190 kN

Sigla: CPT 2

### Grafico della prova



Profondità della falda dal p.c.(m): Assente

Ichnogeo s.a.s.

Via Ilaria Alpi 18/20-56028 S. Miniato basso (PI)-tel. 057143213

Committente: Comune di Pisa

Località: Pisa - Porta a Lucca

Attrezzatura: RMU 190 kN

Sigla cantiere: 06C018

Sigla: CPT 2

### Tabulato della prova

Profondità (m)	Rp(kg/cmq)	Rp+Rl (kg/cmq)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	u(kg/cmq)	qc/fs
0.6	15	31	15	1.47		10.2
0.8	10	32	10	1.33		7.52
1	13	33	13	1.47		8.84
1.2	16	38	16	1.73		9.25
1.4	15	41	15	1.4		10.71
1.6	15	36	15	1.2		12.5
1.8	14	32	14	1.07		13.08
2	13	29	13	0.87		14.94
2.2	13	26	13	0.8		16.25
2.4	13	25	13	0.87		14.94
2.6	17	30	17	1		17
2.8	17	32	17	1.2		14.17
3	16	34	16	1.07		14.95
3.2	17	33	17	1.07		15.89
3.4	16	32	16	0.8		20
3.6	16	28	16	0.73		21.92
3.8	14	25	14	0.6		23.33
4	12	21	12	0.47		25.53
4.2	13	20	13	0.53		24.53
4.4	15	23	15	0.73		20.55
4.6	14	25	14	0.53		26.42
4.8	11	19	11	0.6		18.33
5	10	19	10	0.53		18.87
5.2	9	17	9	0.53		16.98
5.4	8	16	8	0.47		17.02
5.6	8	15	8	0.4		20
5.8	8	14	8	0.4		20
6	8	14	8	0.4		20
6.2	7	13	7	0.4		17.5
6.4	7	13	7	0.27		25.93
6.6	13	17	13	0.33		39.39
6.8	7	12	7	0.47		14.89
7	6	13	6	0.53		11.32
7.2	9	17	9	0.33		27.27
7.4	19	24	19	0.53		35.85
7.6	19	27	19	0.67		28.36
7.8	28	38	28	0.73		38.36
8	29	40	29	0.47		61.7
8.2	25	32	25	0.6		41.67
8.4	20	29	20	0.6		33.33
8.6	14	23	14	0.4		35
8.8	23	29	23	0.47		48.94
9	12	19	12	0.53		22.64
9.2	5	13	5	0.27		18.52
9.4	5	9	5	0.27		18.52

SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI BACINI DI PISA -NORD - NUOVO COLLETTORE E IMPIANTO IDROVORO  
 RELAZIONE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICO-TECNICA

Ichnogeo s.a.s.

Via Ilaria Alpi 18/20-56028 S. Miniato basso (PI)-tel. 057143213

Profondità (m)	Rp(kg/cmq)	Rp+Rl (kg/cmq)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	u(kg/cmq)	qc/fs
9.6	5	9	5	0.27		18.52
9.8	5	9	5	0.27		18.52
10	5	9	5	0.27		18.52
10.2	5	9	5	0.27		18.52
10.4	5	9	5	0.27		18.52
10.6	5	9	5	0.27		18.52
10.8	4	8	4	0.27		14.81
11	5	9	5	0.27		18.52
11.2	5	9	5	0.27		18.52
11.4	6	10	6	0.47		12.77
11.6	7	14	7	0.33		21.21
11.8	14	19	14	0.6		23.33
12	11	20	11	0.33		33.33
12.2	8	13	8	0.4		20
12.4	9	15	9	0.2		45
12.6	10	13	10	0.4		25
12.8	5	11	5	0.27		18.52
13	5	9	5	0.27		18.52
13.2	5	9	5	0.27		18.52
13.4	5	9	5	0.27		18.52
13.6	5	9	5	0.27		18.52
13.8	5	9	5	0.27		18.52
14	6	10	6	0.27		22.22
14.2	5	9	5	0.33		15.15
14.4	5	10	5	0.33		15.15
14.6	5	10	5	0.27		18.52
14.8	5	9	5	0.27		18.52
15	6	10	6	0.33		18.18
15.2	6	11	6	0.33		18.18
15.4	6	11	6	0.33		18.18
15.6	6	11	6	0.33		18.18
15.8	6	11	6	0.33		18.18
16	6	11	6	0.33		18.18
16.2	6	11	6	0.33		18.18
16.4	6	11	6	0.27		22.22
16.6	7	11	7	0.33		21.21
16.8	6	11	6	0.33		18.18
17	7	12	7	0.33		21.21
17.2	6	11	6	0.33		18.18
17.4	7	12	7	0.33		21.21
17.6	7	12	7	0.33		21.21
17.8	7	12	7	0.33		21.21
18	7	12	7	0.33		21.21
18.2	7	12	7	0.33		21.21
18.4	7	12	7	0.33		21.21
18.6	7	12	7	0.33		21.21
18.8	7	12	7	0.4		17.5
19	8	14	8	0.33		24.24
19.2	8	13	8	0.4		20
19.4	8	14	8	0.47		17.02
19.6	8	15	8	0.53		15.09
19.8	8	16	8	0.47		17.02
20	9	16	9	0.4		22.5
20.2	9	15	9	0.47		19.15

SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI BACINI DI PISA -NORD - NUOVO COLLETTORE E IMPIANTO IDROVORO  
 RELAZIONE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICO-TECNICA

Ichnogeo s.a.s.

Via Ilaria Alpi 18/20-56028 S. Miniato basso (PI)-tel. 057143213

Profondità (m)	Rp(kg/cmq)	Rp+Rl (kg/cmq)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	u(kg/cmq)	qc/fs
20.4	9	16	9	0.47		19.15
20.6	9	16	9	0.47		19.15
20.8	9	16	9	0.47		19.15
21	9	16	9	0.47		19.15
21.2	10	17	10	0.47		21.28
21.4	9	16	9	0.4		22.5
21.6	12	18	12	0.4		30
21.8	12	18	12	0.33		36.36
22	16	21	16	0.93		17.2
22.2	19	33	19	1.27		14.96
22.4	21	40	21	1.27		16.54
22.6	25	44	25	1.2		20.83
22.8	65	83	65	2.07		31.4
23	38	69	38	2.87		13.24
23.2	37	80	37	2.53		14.62
23.4	35	73	35	2.53		13.83
23.6	36	74	36	1.73		20.81
23.8	26	52	26	1.33		19.55
24	32	52	32	1.27		25.2
24.2	20	39	20	0.93		21.51
24.4	36	50	36	1.53		23.53
24.6	35	58	35	2.07		16.91
24.8	24	55	24	1.53		15.69
25	35	58	35	1.8		19.44
25.2	31	58	31	1.73		17.92
25.4	24	50	24	1.33		18.05
25.6	14	34	14	2.07		6.76
25.8	36	67	36	1.4		25.71
26	63	84	63	1.93		32.64
26.2	66	95	66	2		33
26.4	18	48	18	0.6		30
26.6	18	27	18	1.07		16.82
26.8	14	30	14	0.67		20.9
27	13	23	13	0.6		21.67
27.2	11	20	11	0.6		18.33
27.4	12	21	12	0.53		22.64
27.6	12	20	12	0.87		13.79
27.8	15	28	15	1.07		14.02
28	58	74	58	2.07		28.02
28.2	106	137	106	1.13		93.81
28.4	55	72	55	1.67		32.93
28.6	58	83	58	1.87		31.02
28.8	14	42	14	0.73		19.18
29	14	25	14	0.53		26.42
29.2	14	22	14	2.2		6.36
29.4	93	126	93	1		93
29.6	54	69	54	1.67		32.34
29.8	15	40	15	0.8		18.75
30	12	24	12	0.8		15

**SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI BACINI DI PISA –NORD – NUOVO COLLETTORE E IMPIANTO IDROVORO  
 RELAZIONE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICO-TECNICA**

**Ichnogeo s.a.s.**

Via Ilaria Alpi 18/20-56028 S. Miniato basso (PI)-tel. 057143213

Committente: Comune di Pisa	Località: Pisa - Porta a Lucca	Sigla: CPT 2
Attrezzatura: RMU 190 kN	Sigla cantiere: 06C018	

**Parametri geotecnici**

Profondità base strato(m)	qc (kg/cmq)	Descrizione litologica dello strato	Cc	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa %	Modulo di Young (kg/cmq)	Coesione non drenata (kg/cmq)	Modulo edom. coesivi (kg/cmq)	O. C. R.	Modulo dinamico di taglio (kg/cmq)	Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)	Pres. eff. a metà strato (kg/cmq)
0.6	15	Argilla organica	0.02		1.97			0.87	53	1.61	146		0.09
0.8	10	Argilla organica	0.04		1.88			0.58	35	0.64	114		0.13
1	13	Argilla organica	0.04		1.94			0.75	46	0.67	134		0.17
1.2	16	Argilla organica	0.04		1.98			0.92	56	0.71	152		0.21
1.4	15	Argilla organica	0.05		1.97			0.86	53	0.57	146		0.25
1.6	15	Argilla organica	0.05		1.97			0.86	53	0.51	146		0.29
1.8	14	Argilla organica	0.05		1.95			0.8	49	0.44	140		0.33
2	13	Argilla organica	0.06		1.93			0.74	46	0.38	134		0.36
2.2	13	Argilla inorganica consistente	0.06		1.93			0.74	46	0.37	134		0.4
2.4	13	Argilla organica	0.06		1.93			0.73	46	0.36	134		0.44
2.6	17	Argilla inorganica molto consistente	0.06		1.99			0.97	60	0.52	158		0.48
2.8	17	Argilla organica	0.06		1.99			0.96	60	0.54	158		0.52
3	16	Argilla organica	0.06		1.98			0.9	56	0.53	152		0.56
3.2	17	Argilla inorganica molto consistente	0.06		1.99			0.96	60	0.63	158		0.6
3.4	16	Argilla inorganica consistente	0.07		1.98			0.9	56	0.65	152		0.64

Profondità della falda (m): assente

**Ichnogeo s.a.s.**

Via Ilaria Alpi 18/20-56028 S. Miniato basso (PI)-tel. 057143213

Profondità base strato(m)	qc (kg/cmq)	Descrizione litologica dello strato	Cc	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa %	Modulo di Young (kg/cmq)	Coesione non drenata (kg/cmq)	Modulo edom. coesivi (kg/cmq)	O. C. R.	Modulo dinamico di taglio (kg/cmq)	Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)	Pres. eff. a metà strato (kg/cmq)
3.6	16	Argilla inorganica consistente	0.07		1.98			0.9	56	0.77	152		0.68
3.8	14	Argilla sabbiosa o limosa	0.08		1.91			0.67	49	0.68	140		0.72
4	12	Argilla sabbiosa o limosa	0.08		1.87			0.57	42	0.77	128		0.76
4.2	13	Argilla sabbiosa o limosa	0.08		1.89			0.62	46	0.44	134		0.79
4.4	15	Argilla inorganica consistente	0.07		1.96			0.83	53	1	146		0.83
4.6	14	Argilla sabbiosa o limosa	0.08		1.91			0.66	49	1.7	140		0.87
4.8	11	Argilla inorganica consistente	0.08		1.88			0.59	39	3.3	121		0.91
5	10	Argilla inorganica consistente	0.09		1.86			0.53	35	2.73	114		0.95
5.2	9	Argilla organica	0.09		1.83			0.47	32	2.24	107		0.98
5.4	8	Argilla organica	0.1		1.8			0.41	28	1.8	100		1.02
5.6	8	Argilla inorganica med. consistente	0.1		1.8			0.41	28	1.71	100		1.06
5.8	8	Argilla inorganica med. consistente	0.1		1.8			0.4	28	1.63	100		1.09
6	8	Argilla inorganica med. consistente	0.1		1.8			0.4	28	1.56	100		1.13
6.2	7	Argilla organica	0.1		1.76			0.34	25	1.22	92		1.16
6.4	7	Argilla inorganica med. consistente	0.1		1.76			0.34	25	1.17	92		1.2
6.6	13	Sabbia e limo	0	29	1.51	15	33				134	27	1.23
6.8	7	Argilla organica	0.1		1.76			0.34	25	1.08	92		1.26
7	6	Argilla organica	0.11		1.71			0.28	30	0.81	84		1.3
7.2	9	Argilla sabbiosa o limosa	0.1		1.79			0.39	32	1.21	107		1.33
7.4	19	Sabbia e limo	0	30	1.51	15	48				169	29	1.37
7.6	19	Argilla sabbiosa o limosa	0.08		1.97			0.89	67	3.2	169		1.4
7.8	28	Sabbia e limo	0	32	1.54	20	70				214	34	1.44

Profondità della falda (m): assente

**Geol. Marco Redini – Tel. Uff.: +39 050 910952 - e-mail: m.redini@comune.pisa.it**

Comune di Pisa - via degli Uffizi, 1 56100 Pisa – centralino: 050 910111 – fax: 050 500242 – partita IVA 00341620508

**SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI BACINI DI PISA -NORD - NUOVO COLLETTORE E IMPIANTO IDROVORO  
 RELAZIONE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICO-TECNICA**

**Ichnogeo s.a.s.**

Via Ilaria Alpi 18/20-56028 S. Miniato basso (PI)-tel. 057143213

Profondità base strato(m)	qc (kg/cmq)	Descrizione litologica dello strato	Cc	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa %	Modulo di Young (kg/cmq)	Coesione non drenata (kg/cmq)	Modulo edom. coesivi (kg/cmq)	O. C. R.	Modulo dinamico di taglio (kg/cmq)	Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)	Pres. eff. a metà strato (kg/cmq)
8	29	Sabbia mediamente addensata	0	32	1.54	20	73				219	34	1.47
8.2	25	Sabbia e limo	0	31	1.51	15	63				200	30	1.5
8.4	20	Sabbia e limo	0	30	1.51	15	50				175	30	1.53
8.6	14	Sabbia e limo	0	29	1.51	15	35				140	31	1.56
8.8	23	Sabbia mediamente addensata	0	31	1.51	15	58				190	31	1.59
9	12	Argilla inorganica med. consistente	0.1		1.89			0.61	42	1.66	128		1.62
9.2	5	Argilla organica	0.12		1.63			0.19	25	0.39	75		1.66
9.4	5	Argilla organica	0.12		1.63			0.19	25	0.38	75		1.69
9.6	5	Argilla organica	0.12		1.63			0.19	25	0.36	75		1.72
9.8	5	Argilla organica	0.13		1.63			0.19	25	0.35	75		1.76
10	5	Argilla organica	0.13		1.63			0.19	25	0.34	75		1.79
10.2	5	Argilla organica	0.13		1.62			0.19	25	0.33	75		1.82
10.4	5	Argilla organica	0.13		1.62			0.18	25	0.32	75		1.85
10.6	5	Argilla organica	0.13		1.62			0.18	25	0.3	75		1.89
10.8	4	Argilla organica	0.14		1.53			0.12	20	0.18	65		1.92
11	5	Argilla organica	0.13		1.61			0.18	25	0.28	75		1.95
11.2	5	Argilla organica	0.13		1.61			0.18	25	0.27	75		1.98
11.4	6	Argilla organica	0.12		1.67			0.23	30	0.38	84		2.01
11.6	7	Argilla inorganica med. consistente	0.12		1.72			0.29	25	0.49	92		2.05
11.8	14	Argilla sabbiosa o limosa	0.1		1.89			0.6	49	1.2	140		2.08
12	11	Argilla sabbiosa o limosa	0.11		1.82			0.45	39	0.81	121		2.12
12.2	8	Argilla inorganica med. consistente	0.12		1.76			0.34	28	0.57	100		2.16

Profondità della falda (m): assente

**Ichnogeo s.a.s.**

Via Ilaria Alpi 18/20-56028 S. Miniato basso (PI)-tel. 057143213

Profondità base strato(m)	qc (kg/cmq)	Descrizione litologica dello strato	Cc	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa %	Modulo di Young (kg/cmq)	Coesione non drenata (kg/cmq)	Modulo edom. coesivi (kg/cmq)	O. C. R.	Modulo dinamico di taglio (kg/cmq)	Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)	Pres. eff. a metà strato (kg/cmq)
12.4	9	Sabbia e limo	0	27	1.51	15	23				107	38	2.19
12.6	10	Argilla inorganica med. consistente	0.11		1.82			0.46	35	0.78	114		2.22
12.8	5	Argilla organica	0.13		1.59			0.16	25	0.21	75		2.26
13	5	Argilla organica	0.14		1.59			0.16	25	0.2	75		2.29
13.2	5	Argilla organica	0.14		1.59			0.16	25	0.2	75		2.32
13.4	5	Argilla organica	0.14		1.58			0.16	25	0.19	75		2.35
13.6	5	Argilla organica	0.14		1.58			0.15	25	0.18	75		2.38
13.8	5	Argilla organica	0.14		1.58			0.15	25	0.18	75		2.41
14	6	Argilla inorganica med. consistente	0.13		1.65			0.21	30	0.26	84		2.45
14.2	5	Argilla organica	0.14		1.57			0.15	25	0.17	75		2.48
14.4	5	Argilla organica	0.14		1.57			0.14	25	0.16	75		2.51
14.6	5	Argilla organica	0.14		1.57			0.14	25	0.16	75		2.54
14.8	5	Argilla organica	0.14		1.56			0.14	25	0.15	75		2.57
15	6	Argilla organica	0.13		1.64			0.2	30	0.23	84		2.61
15.2	6	Argilla organica	0.13		1.64			0.2	30	0.22	84		2.64
15.4	6	Argilla organica	0.13		1.63			0.19	30	0.21	84		2.67
15.6	6	Argilla organica	0.13		1.63			0.19	30	0.21	84		2.7
15.8	6	Argilla organica	0.14		1.63			0.19	30	0.2	84		2.74
16	6	Argilla organica	0.14		1.63			0.19	30	0.2	84		2.77
16.2	6	Argilla organica	0.14		1.62			0.19	30	0.19	84		2.8
16.4	6	Argilla inorganica med. consistente	0.14		1.62			0.19	30	0.19	84		2.83
16.6	7	Argilla inorganica med. consistente	0.13		1.68			0.24	25	0.26	92		2.87

Profondità della falda (m): assente

**Geol. Marco Redini - Tel. Uff.: +39 050 910952 - e-mail: m.redini@comune.pisa.it**

Comune di Pisa - via degli Uffizi, 1 56100 Pisa - centralino: 050 910111 - fax: 050 500242 - partita IVA 00341620508

SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI BACINI DI PISA –NORD – NUOVO COLLETTORE E IMPIANTO IDROVORO  
 RELAZIONE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICO-TECNICA

Ichnogeo s.a.s.

Via Ilaria Alpi 18/20-56028 S. Miniato basso (PI)-tel. 057143213

Profondità base strato(m)	qc (kg/cmq)	Descrizione litologica dello strato	Cc	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa %	Modulo di Young (kg/cmq)	Coesione non drenata (kg/cmq)	Modulo edom. coesivi (kg/cmq)	O. C. R.	Modulo dinamico di taglio (kg/cmq)	Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)	Pres. eff. a metà strato (kg/cmq)
16.8	6	Argilla organica	0.14		1.62			0.18	30	0.18	84		2.9
17	7	Argilla inorganica med.consistente	0.13		1.68			0.24	25	0.25	92		2.93
17.2	6	Argilla organica	0.14		1.61			0.18	30	0.17	84		2.97
17.4	7	Argilla inorganica med.consistente	0.13		1.68			0.23	25	0.23	92		3
17.6	7	Argilla inorganica med.consistente	0.13		1.67			0.23	25	0.23	92		3.03
17.8	7	Argilla inorganica med.consistente	0.13		1.67			0.23	25	0.22	92		3.06
18	7	Argilla inorganica med.consistente	0.13		1.67			0.23	25	0.22	92		3.1
18.2	7	Argilla inorganica med.consistente	0.13		1.67			0.23	25	0.21	92		3.13
18.4	7	Argilla inorganica med.consistente	0.14		1.67			0.22	25	0.21	92		3.17
18.6	7	Argilla inorganica med.consistente	0.14		1.66			0.22	25	0.2	92		3.2
18.8	7	Argilla organica	0.14		1.66			0.22	25	0.2	92		3.23
19	8	Argilla inorganica med.consistente	0.13		1.71			0.28	28	0.26	100		3.27
19.2	8	Argilla inorganica med.consistente	0.13		1.71			0.28	28	0.25	100		3.3
19.4	8	Argilla organica	0.13		1.71			0.27	28	0.25	100		3.33
19.6	8	Argilla organica	0.13		1.71			0.27	28	0.24	100		3.37
19.8	8	Argilla organica	0.13		1.71			0.27	28	0.24	100		3.4
20	9	Argilla inorganica med.consistente	0.13		1.75			0.32	32	0.3	107		3.44
20.2	9	Argilla inorganica med.consistente	0.13		1.75			0.32	32	0.29	107		3.47
20.4	9	Argilla inorganica med.consistente	0.13		1.75			0.32	32	0.28	107		3.51
20.6	9	Argilla inorganica med.consistente	0.13		1.74			0.32	32	0.28	107		3.54
20.8	9	Argilla inorganica med.consistente	0.13		1.74			0.32	32	0.27	107		3.58
21	9	Argilla inorganica med.consistente	0.13		1.74			0.31	32	0.27	107		3.61

Profondità della falda (m): assente

Ichnogeo s.a.s.

Via Ilaria Alpi 18/20-56028 S. Miniato basso (PI)-tel. 057143213

Profondità base strato(m)	qc (kg/cmq)	Descrizione litologica dello strato	Cc	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa %	Modulo di Young (kg/cmq)	Coesione non drenata (kg/cmq)	Modulo edom. coesivi (kg/cmq)	O. C. R.	Modulo dinamico di taglio (kg/cmq)	Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)	Pres. eff. a metà strato (kg/cmq)
21.2	10	Argilla inorganica med.consistente	0.13		1.78			0.37	35	0.33	114		3.65
21.4	9	Argilla inorganica med.consistente	0.13		1.74			0.31	32	0.26	107		3.68
21.6	12	Argilla sabbiosa o limosa	0.12		1.8			0.42	42	0.37	128		3.72
21.8	12	Sabbia e limo	0	28	1.51	15	30				128	56	3.75
22	16	Argilla inorganica consistente	0.11		1.92			0.71	56	0.7	152		3.78
22.2	19	Argilla inorganica molto consistente	0.11		1.97			0.89	67	0.91	169		3.82
22.4	21	Argilla inorganica molto consistente	0.11		2			1	36	1.05	180		3.86
22.6	25	Argilla sabbiosa o limosa	0.1		2.01			1.07	43	1.12	200		3.9
22.8	65	Sabbia e limo	0	36	1.56	24	163				359	67	3.94
23	38	Argilla inorganica molto consistente	0.09		2.15			1.99	65	2.38	258		3.98
23.2	37	Argilla inorganica molto consistente	0.09		2.15			1.93	63	2.26	254		4.02
23.4	35	Argilla inorganica molto consistente	0.09		2.13			1.81	60	2.06	246		4.06
23.6	36	Argilla sabbiosa o limosa	0.1		2.11			1.61	61	1.76	250		4.1
23.8	26	Argilla inorganica molto consistente	0.1		2.05			1.28	44	1.3	205		4.15
24	32	Argilla sabbiosa o limosa	0.1		2.08			1.4	54	1.44	233		4.19
24.2	20	Argilla sabbiosa o limosa	0.11		1.95			0.8	34	0.7	175		4.23
24.4	36	Argilla sabbiosa o limosa	0.1		2.11			1.6	61	1.66	250		4.27
24.6	35	Argilla inorganica molto consistente	0.09		2.13			1.79	60	1.89	246		4.31
24.8	24	Argilla inorganica molto consistente	0.1		2.03			1.15	41	1.07	195		4.35
25	35	Argilla sabbiosa o limosa	0.1		2.1			1.55	60	1.53	246		4.39
25.2	31	Argilla inorganica molto consistente	0.1		2.1			1.55	53	1.52	228		4.44
25.4	24	Argilla inorganica molto consistente	0.11		2.03			1.14	41	1.03	195		4.48

Profondità della falda (m): assente

**Geol. Marco Redini – Tel. Uff.: +39 050 910952 - e-mail: m.redini@comune.pisa.it**

Comune di Pisa - via degli Uffizi, 1 56100 Pisa – centralino: 050 910111 – fax: 050 500242 – partita IVA 00341620508

SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI BACINI DI PISA -NORD - NUOVO COLLETTORE E IMPIANTO IDROVORO  
 RELAZIONE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICO-TECNICA

**Ichnogeo s. a. s.**

Via Ilaria Alpi 18/20-56028 S. Miniato basso (PI)-tel. 057143213

Profondità base strato(m)	qc (kg/cmq)	Descrizione litologica dello strato	Cc	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa %	Modulo di Young (kg/cmq)	Coesione non drenata (kg/cmq)	Modulo edom. coesivi (kg/cmq)	O. C. R.	Modulo dinamico di taglio (kg/cmq)	Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)	Pres. eff. a metà strato (kg/cmq)
25.6	14	Argilla organica	0.12		1.87			0.56	49	0.41	140		4.52
25.8	36	Argilla sabbiosa o limosa	0.1		2.1			1.59	61	1.52	250		4.56
26	63	Sabbia e limo	0	36	1.53	19	158				352	71	4.59
26.2	66	Sabbia e limo	0	36	1.55	21	165				362	73	4.62
26.4	18	Argilla sabbiosa o limosa	0.12		1.91			0.67	63	0.5	164		4.66
26.6	18	Argilla inorganica molto consistente	0.12		1.94			0.78	63	0.6	164		4.7
26.8	14	Argilla inorganica consistente	0.12		1.86			0.54	49	0.38	140		4.73
27	13	Argilla inorganica consistente	0.13		1.84			0.48	46	0.32	134		4.77
27.2	11	Argilla inorganica consistente	0.13		1.77			0.36	39	0.22	121		4.81
27.4	12	Argilla inorganica med. consistente	0.13		1.81			0.42	42	0.27	128		4.84
27.6	12	Argilla organica	0.13		1.8			0.42	42	0.26	128		4.88
27.8	15	Argilla organica	0.12		1.88			0.59	53	0.4	146		4.92
28	58	Sabbia e limo	0	35	1.51	15	145				335	72	4.95
28.2	106	Sabbia addensata	0	38	1.63	35	265				484	90	4.98
28.4	55	Sabbia e limo	0	35	1.51	15	138				324	72	5.01
28.6	58	Sabbia e limo	0	35	1.51	15	145				335	73	5.04
28.8	14	Argilla inorganica consistente	0.13		1.85			0.52	49	0.33	140		5.08
29	14	Argilla sabbiosa o limosa	0.13		1.82			0.45	49	0.27	140		5.11
29.2	14	Argilla organica	0.13		1.85			0.52	49	0.32	140		5.15
29.4	93	Sabbia mediamente addensata	0	37	1.6	30	233				447	88	5.18
29.6	54	Sabbia e limo	0	35	1.51	15	135				320	75	5.21
29.8	15	Argilla inorganica consistente	0.13		1.87			0.57	53	0.35	146		5.25

Profondità della falda (m): assente

**Ichnogeo s. a. s.**

Via Ilaria Alpi 18/20-56028 S. Miniato basso (PI)-tel. 057143213

Profondità base strato(m)	qc (kg/cmq)	Descrizione litologica dello strato	Cc	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa %	Modulo di Young (kg/cmq)	Coesione non drenata (kg/cmq)	Modulo edom. coesivi (kg/cmq)	O. C. R.	Modulo dinamico di taglio (kg/cmq)	Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)	Pres. eff. a metà strato (kg/cmq)
30	12	Argilla organica	0.13		1.79			0.39	42	0.22	128		5.29

Profondità della falda (m): assente