



GEOPIÙ Studio Associato di Geologia  
Via G. Byron, 20 - 56127 PISA  
Tel/Fax 050-576 698  
geopiu@inwind.it  
<http://spazioweb.inwind.it/geopiu/>  
P.IVA: 01566420509

---

## COMUNE DI CASCINA

PROVINCIA DI PISA

REALIZZAZIONE DI SERRA FISSA E SPAZIO DIDATTICO ALL'APERTO,  
IN VIA SINISCOLA SNC, FRAZIONE VISIGNANO

*Proprietà: Sig. Alessandro Farnesi*

RELAZIONE GEOLOGICA

Ottobre 2017

Dott. Geol. David Bainsi



## INDICE

<b>1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>2</b>
<b>2. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>3. CARATTERI GEOLOGICI.....</b>	<b>3</b>
<b>4. CARATTERI GEOMORFOLOGICI.....</b>	<b>4</b>
<b>5. PERICOLOSITA' E FATTIBILITA'.....</b>	<b>5</b>
<b>6. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE.....</b>	<b>6</b>
<b>7. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITÀ DELL'AREA.....</b>	<b>7</b>
<b>8. CARATTERI IDROGEOLOGICI.....</b>	<b>14</b>
<b>9. STIMA DELLA STRATIGRAFIA E DEI PARAMETRI GEOTECNICI.....</b>	<b>15</b>
Penetrometria Statica CPT.....	16
Modello geologico di sintesi.....	16
<b>10. TERRE E ROCCE DA SCAVO.....</b>	<b>17</b>
<b>11. CONSIDERAZIONI AI FINI DELLA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' E RISCHIO IDRAULICO.....</b>	<b>18</b>
<b>12. PTC (Piano Territoriale di Coordinamento) DELLA PROVINCIA DI PISA.....</b>	<b>20</b>
<b>13. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....</b>	<b>21</b>
<b>14. FIGURE E ALLEGATI.....</b>	<b>22</b>

## 1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

**Decreto ministeriale 14.01.2008:** Ministero delle Infrastrutture. Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni - Testo Unico delle Costruzioni.

**Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici:** Istruzione per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.

**Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici:** Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007.

**Eurocodice 8 (1998): Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture -** Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003).

**Eurocodice 7.1 (1997):** Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali – UNI.

**Eurocodice 7.2 (2002):** Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI

**Eurocodice 7.3 (2002):** Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI

**L.R. 65/2014 Norme per il governo del territorio.**

**D.P.G.R. n. 36/R (2009):** Regolamento di attuazione dell'art.117, commi 1 e 2 della L.R. 03/01/2005 n.1 (Norme per il governo del territorio).

**Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale DPCM 27 ottobre 2016** approvazione Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale.

## 2. PREMESSA

Il presente documento è stato eseguito su incarico del Sig. A. Farnesi ed è di supporto alla *realizzazione di serra fissa e spazio didattico all'aperto* in Via Siniscola snc, frazione Visignano, nel Comune di Cascina (fig. 1).

Ai sensi della normativa vigente, D.P.G.R. n. 36/R del 09/07/2009, art. 7 comma 3, e dopo aver preso visione del progetto, l'intervento previsto rientra nella:

*-classe d'indagine n.2, riferita alle opere di volume lordo inferiore a millecinquecento metri cubi con altezza in gronda inferiore a dieci metri. Con riferimento a tale classe d'indagine, la categoria di suolo di fondazione e le geometrie sepolte si determinano mediante indagini geofisiche quali quelle a rifrazione o riflessione, o mediante prove geotecniche elaborate mediante le metodologie ufficialmente riconosciute. Le indagini sono effettuate nel sito oggetto di studio o in aree adiacenti caratterizzati dagli stessi contesti geologici, geomorfologici e geotecnici.*

In considerazione dell'intervento in progetto, sulla scorta di quanto indicato dal progettista, in ottemperanza al D.M. 14.01.2008, la Classe d'uso, come sarà meglio illustrato in seguito, è la Classe I: (NTC 2008 – 2.4.2. Classi d'uso) *Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.*

La presente relazione pertanto, seguendo i dettami della normativa vigente e dello stato dell'arte, è finalizzata alla costruzione del modello geologico, che risulta imprescindibile per la redazione del successivo modello geotecnico, facente parte della relazione d'opera geotecnica.

### 3. CARATTERI GEOLOGICI

La superficie oggetto della presente indagine è ubicata nella fascia di territorio compresa tra la linea ferroviaria Pisa-Firenze a Nord e la S.G.C. Fi-Pi-LI a Sud, in frazione Visignano, circa 800 metri a Sud-Ovest del Polo Scientifico-Tecnologico di Navacchio, circa 720 metri a Sud della S.S. (N.67) Tosco-Romagnola, in sinistra idrografica del Fiume Arno che defluisce circa 1800 metri a Nord con andamento meandriforme.

La pianura di Cascina è parte della vasta pianura alluvionale del Valdarno inferiore-Pianura Pisana che da Empoli (ad Est) si spinge fino al Mar Ligure (ad Ovest). La pianura pisano-cascinese rappresenta il risultato di un vasto processo di sedimentazione, in epoche geologiche relativamente recenti (Pleistocene–Olocene) da parte di due corsi d'acqua principali (Arno e Serchio) che nel passato si univano poco ad Est dell'attuale abitato di Cascina (il Serchio proveniente dalla valle di Bientina e l'Arno dalla valle omonima).

I depositi associati ai due corsi d'acqua si rinvengono in affioramento sulle prime propaggini meridionali della Pianura Pisana (tra Stagno e Ponsacco); verso Nord si raccordano con i depositi grossolani delle conoidi di fondovalle del Monte Pisano. Consistenti depositi grossolani si rinvengono nel sottosuolo della pianura a profondità relativamente superficiali (- 30.0 m dal p.c.) verso Cascina e più profonde (- 130.0 m dal p.c.) verso Pisa.

Per le finalità del presente studio, la descrizione dei principali litotipi è stata focalizzata sulla successione di sedimenti del substrato superiore. Le più dettagliate ricostruzioni del sottosuolo della pianura lo fanno partire, convenzionalmente, dallo strato di ghiaie (livello guida regionale) dei "*Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina*" attribuito al Wurm II da Trevisan e Tongiorgi (1953).

Questo livello si caratterizza per una composizione litologica riferibile ai principali litotipi affioranti sul Monte Pisano. La carta delle isobate del letto di tale formazione evidenzia inoltre che questo non è semplicemente un piano degradante verso il mare ma rivela la presenza di importanti canalizzazioni legate ad antichi corsi fluviali (Fancelli et Alii, 1986). Le coltri sedimentarie sottostanti questo livello guida sono poco conosciute a causa del limitato numero di perforazioni che le attraversano e risultano essere principalmente costituite da un'alternanza di argille, limi, sabbie prevalentemente in facies di mare basso.

Una volta cessato l'apporto solido da parte del Serchio nella pianura dell'Arno (per la progressiva chiusura della valle di Bientina) l'unico fiume che ha continuato a depositare è stato l'Arno. I suoi depositi recenti, che ricoprono i livelli grossolani, sono prevalentemente limi a granulometria fine.

Al di sopra dei "*Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina*" le perforazioni rivelano la presenza di terreni prevalentemente limosi (più o meno argillosi) di origine fluvio-lacustre, sormontati da uno spessore di sabbie attribuite alla formazione delle "*Sabbie e limi di Vicarello*" che, in affioramento, sono state descritte e datate alla fase finale del Wurm II.

Al di sopra delle sabbie si osservano di nuovo limi fluvio-palustri con lenti di torba. Questi sedimenti mostrano un livello superiore francamente argilloso, di colore grigio azzurro, particolarmente compressibile e localmente noto come *pancone*. Le argille del pancone sono sormontate dal complesso recente dei depositi alluvionali limo-argilloso-sabbiosi dell'Arno (deposizione in un ambiente lacustre retro-dunale a bassissima energia). Come può essere osservato dalla fig. 2, la totalità dell'area d'intervento risulta localizzata in questo tipo di depositi.

In questo particolare ambiente deposizionale il fiume Arno ha modificato molte volte il suo percorso, con un andamento a meandri.

## 4. CARATTERI GEOMORFOLOGICI

L'area in studio, si trova a quote altimetriche comprese fra 3.2 e 3.5 metri circa sul livello del mare (fonte Regione Toscana-Sita: Cartoteca cartografia scala 1:2000 elemento 17F06-2002), rialzata di circa 50-60 cm rispetto all'adiacente Via Carlo Levi e rotonda, in sinistra idrografica del Fiume Arno, nella porzione di territorio comunale compresa tra Via di Visignano a Ovest, Via C. Levi a Est, Via Siniscola a Nord e Via di Visignano a Sud, in loc. C. Breschi, ed è caratterizzata dalla presenza, alla scala dell'affioramento, di depositi alluvionali limo-argilloso-sabbiosi dell'Arno.

La pianura, nel territorio comunale, si presenta con andamento tabulare, con una modesta inclinazione in direzione del mare.

Dall'analisi della carta geomorfologica del P.S. il territorio comunale si presenta assai omogeneo da un punto di vista morfologico, date le sue caratteristiche di pianura alluvionale, e tende a decrescere di quota procedendo da Nord verso Sud, con quote che, localmente, si riducono quasi allo zero (livello del mare) in località Arnaccio (estremità meridionale del Comune).

Elementi rilevanti a carattere morfologico sono le fasce golenali dell'Arno che, per le progressive azioni di ripristino dell'arginatura, risultano pensili rispetto alla pianura circostante.

All'interno delle golene l'alveo attuale del fiume è assai approfondito e caratterizzato da ripidi cigli di sponda.

Nel territorio comunale si osservano anche ampie depressioni di forma irregolare conseguenti all'attività estrattiva che si è sviluppata sino agli anni '70. Queste depressioni possono ospitare ristagni d'acqua o, impropriamente, essere state adibite a discarica per rifiuti.

Morfologicamente la zona d'intervento, si colloca nella parte di pianura alluvionale della Provincia di Pisa che sta a Sud dell'Arno, nel settore centro-occidentale del territorio comunale, caratterizzato dalla presenza di terreni a vocazione per lo più agricola, su cui si trovano i nuclei abitati delle frazioni e gli insediamenti artigianali/industriali dell'area produttiva di Navacchio. E' possibile notare una leggera pendenza da Nord a Sud, conseguenza della modalità di deposizione dei sedimenti alluvionali dell'Arno.

L'urbanizzazione presente non ha obliterato l'originario assetto morfologico, per cui sono ancora presenti le scoline campestri, i fossi vicinali, i capofossi ed i fossi di bonifica.

In epoche storiche recenti è stata realizzata una fitta rete di canali di bonifica allo scopo di recuperare principalmente all'uso agricolo ampie porzioni di territorio altrimenti soggette a frequenti inondazioni e parzialmente inutilizzabili. Le principali linee idrauliche "storiche" di direzione Est-Ovest o ENE-OSO sono il Fosso Vecchio, la Fossa Chiara, il Canale Emissario di Bientina, la Fossa Solaiola, la Fossa Nuova, il Fosso reale e, più recente, il canale Scolmatore d'Arno.

Nei canali principali confluisce una fitta rete di canali e fossetti secondari, di direzione prevalente N-S, principalmente a scolo naturale quali il fosso della Mariana, fosso del Nugolaio, fosso Torale, fosso Nuovo, fosso Londra, fosso di S.Lorenzo, fosso di S.Maria, fosso degli Stecchi e fosso Titignano.

Gli elementi del reticolo idrografico minore che interessano questo settore di territorio Comunale sono il Fosso Torale, il quale defluisce circa 30.0 metri a Est, da Nord-Est a Sud-Ovest e il Fosso della Mariana che scorre circa 470 metri a Ovest, da Nord-Est a Sud-Ovest.

Il Fosso Torale inizialmente rappresenta una sorta di capofosso e dopo aver raccolto il contributo di numerose fosse campestri e fossi vicinali, recapita le proprie acque, in corrispondenza di località Podere San Gabriele, frazione Coltano, Comune di Pisa, nel Fosso di Titignano. Quest'ultimo riceve le acque del Fosso Vecchio e quelle del Fosso degli Stecchi, sottopassa sia la Via Emilia che la linea ferroviaria e prosegue convergendo verso il Fosso Caligi, per poi confluire in corrispondenza dell'idrovora dell'Arnaccio nella Fossa Chiara.

## 5. PERICOLOSITA' E FATTIBILITA'

Come detto in premessa, l'intervento in esame prevede la *realizzazione di serra fissa e spazio didattico all'aperto* in Via Siniscola snc, frazione Visignano, nel Comune di Cascina (per maggiori dettagli si rimanda al progetto architettonico).

Il 19 marzo 2015 è stata approvata la Variante di monitoraggio al regolamento urbanistico con contestuale variante al Piano Strutturale per adeguamento e ridistribuzione dell'attuale dimensionamento di previsione.

All'interno di tale strumento di pianificazione territoriale, sono state redatte le indagini geologico-tecniche in conformità al DPGRT n.53/R del 25/10/2011 (regolamento di attuazione dell'articolo 62 della L.R. n.1 del 3 gennaio 2005 in materia di indagini geologiche).

In riferimento alla sintesi delle conoscenze (realizzate ai sensi del punto 2.1-A dell'allegato A del DPGRT n.53/R del 2011- Direttive per la formazione del piano strutturale e relative varianti) le indagini geologico-tecniche eseguite a supporto del piano strutturale e del regolamento urbanistico comunale sono state condotte prendendo in considerazione il quadro conoscitivo derivante dal Piano per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno – per gli effetti della legge n.183/1989 e del decreto legge n.180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione, è stato approvato con DPCM 6 maggio 2005 (GU n.230 del 3/10/2005), DPCM 5 novembre 1999 (GU n.226 del 22/12/1999), dal Piano di Bacino Stralcio "Bilancio Idrico" dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno – adottato ai sensi dell'art.66 comma 2 del D.Lgs 152/2006 con Delibera del Comitato Istituzionale n.214 del 20/12/2010. Le relative misure di salvaguardia sono state prorogate con Decreto del Segretario Generale n.72 del 27/12/2011, dal Piano di Indirizzo Territoriale, dal Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa, del PAERP della Provincia di Pisa e dalle precedenti indagini geologico-tecniche di supporto al vigente P.S.

Dal punto di vista urbanistico, l'area in esame ricade in zona "varco", disciplinata dall'art.17.1 delle NTA del Regolamento Urbanistico del Comune di Cascina.

La pericolosità della zona in oggetto viene definita dalle tavole delle pericolosità geologica, idraulica e sismica redatte nell'ambito delle Indagini geologico tecniche di supporto al Variante di monitoraggio al regolamento urbanistico con contestuale variante al Piano Strutturale per adeguamento e ridistribuzione dell'attuale dimensionamento di previsione del Comune di Cascina.

Dall'esame della tavola della pericolosità geologica, redatta ai sensi del D.P.G.R. 53/R del 2011, l'area interessata dall'intervento in progetto risulta inserita nella classe di pericolosità geologica G1 a pericolosità bassa, riferita alle *aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfo-evolutivi*.

La tavola della pericolosità sismica, ai sensi del D.P.G.R. 53/R del 2011, pone la zona oggetto del presente studio nella classe di pericolosità sismica locale S2 a pericolosità media, comprendente le *zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S3)*.

Nella carta della pericolosità idraulica, elaborata in conformità al D.P.G.R. 53/R del 2011, l'area investigata è inserita nella classe di pericolosità idraulica I3 a pericolosità elevata, corrispondente alle *aree interessate da allagamenti per eventi compresi fra  $30 < TR < 200$  anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni:*

a)vi sono notizie storiche di inondazioni;

b)sono morfologicamente in condizione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

Completando l'esame degli strumenti di pianificazione territoriale, ci soffermiamo sul Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto Appennino Settentrionale, nuovo strumento di pianificazione territoriale che recepisce la direttiva europea 2007/60/CE e sostituisce la parte di pericolosità idraulica del PAI; la mappa di pericolosità da alluvioni fluviali redatta all'interno del PGRA assegna all'area in oggetto la classe di pericolosità P2 a pericolosità da alluvioni media,

Nella mappa di rischio da alluvioni viene attribuito alla zona di interesse la classe di rischio R2 a rischio da alluvioni medio.

Il "Piano Stralcio Assetto Idrogeologico dell'Arno" inseriva la zona d'intervento nella "Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica, derivata dai risultati di specifici studi in funzione del tempo di ritorno e del potenziale battente – livello di dettaglio", nello stralcio n. 422.

La zona in oggetto ricadeva all'interno della classe P.I.2, aree a pericolosità idraulica media, comprendenti 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.

La carta guida delle aree allagate redatta sulla base degli eventi alluvionali significativi (1966-1999), evidenzia come la zona in esame sia interna alle aree interessate in passato da inondazioni eccezionali.

Sempre in riferimento alla cartografia allegata al D.P.C.M. 226 del 5.11.99, l'intervento risulta esterno alle zone A e B, di cui alle norme 2 e 3, individuate per la realizzazione degli interventi strutturali di messa in sicurezza del F. Arno e al di fuori delle aree di pertinenza fluviale dell'Arno e dei suoi affluenti.

Al fine di valutare la fattibilità dell'intervento previsto è stato effettuato un sopralluogo sull'area in oggetto ed in suo intorno significativo, inquadrando ed integrando le osservazioni di dettaglio con indagini precedenti ed aggiornate della zona, in modo da ricostruire l'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico, stratigrafico e litotecnico. Le stime dei caratteri stratigrafici e geomeccanici dei terreni sono state effettuate per mezzo della prova penetrometrica statica CPT, eseguita in corrispondenza dell'intervento previsto, dalla ditta Geoservizi snc (fig. 1).

Inoltre sull'area in oggetto è stata eseguita dallo Studio Associato Sismageo, una indagine sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), allo scopo di caratterizzare i terreni presenti mediante il parametro  $V_{S30}$  e determinare attraverso lo stesso parametro  $V_{S30}$  la categoria di sottosuolo di fondazione (ai sensi del OPCM 3274 del 20.03.2003 e s.m.i. e del D.M. 14.01.2008).

Ai sensi del PTC, nell'area in oggetto, la fattibilità geologica è 3 (fattibilità condizionata) per ciò che concerne gli interventi di nuova edificazione nelle espansioni periferiche.

## 6. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Per stimare la natura litologica, la successione stratigrafica e le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni su cui andranno a poggiare le future strutture è stata realizzata una prova penetrometrica statica CPT proprio in corrispondenza dell'intervento previsto.

Inoltre sull'area in oggetto è stata eseguita dallo Studio Associato Sismageo, una indagine sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), allo scopo di caratterizzare i terreni presenti mediante il parametro  $V_{S30}$  e determinare attraverso lo stesso parametro  $V_{S30}$  la categoria di sottosuolo di fondazione (ai sensi del OPCM 3274 del 20.03.2003 e s.m.i. e del D.M. 14.01.2008).

Le ubicazioni delle suddette indagini sono indicate in figura 1, ed i relativi elaborati sono riportati in allegato alla presente relazione.

## 7. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITÀ DELL'AREA

L'area in studio rientrava nelle zone classificate sismiche, ai sensi del D.M. 19/03/1982 "Aggiornamento delle zone sismiche della Regione Toscana", per le quali bisognava considerare gli effetti indotti nel terreno durante un evento sismico.

Il sisma può trasmettere sollecitazioni dinamiche con fenomeni di amplificazione locale oppure può dare luogo a fenomeni di instabilità dinamica con cedimenti e liquefazione.

Dal punto di vista sismico quello che interessava era la stima del coefficiente d'intensità sismica C, che esprimeva l'accelerazione massima orizzontale in superficie, che si sviluppava durante un evento sismico. Tale parametro veniva calcolato, attraverso il D.M. 24/01/1986, nel seguente modo:

$$C = \frac{S-2}{100}$$

dove S rappresenta il grado di sismicità della zona. La classificazione delle zone sismiche era basata su tre classi:

- Classe I con grado di sismicità S = 12;
- Classe II con grado di sismicità S = 9;
- Classe III con grado di sismicità S = 6.

Per queste classi si avevano i seguenti valori del coefficiente di sismicità C:

S	C
12	0.10
9	0.07
6	0.04

Tali valori non tenevano conto però degli effetti legati alle condizioni geologiche e geomorfologiche locali; per tali ragioni la proposta del Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti G.N.D.T. (1985), prevedeva per il coefficiente d'intensità sismica i seguenti valori:

S	C
12	0.35
9	0.25
6	0.15

Il territorio comunale di Cascina era classificato con grado di sismicità S = 9 e quindi rientrava nella Classe II, con un valore del coefficiente d'intensità sismica o accelerazione massima convenzionale = 0.25 g.

L'Ordinanza n. 2788 del 12/06/1998, sull'INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE AD ELEVATO RISCHIO SISMICO DEL TERRITORIO NAZIONALE, riportava l'elenco dei Comuni ubicati nelle zone ad elevato rischio sismico, individuati secondo l'indice di rischio, che teneva conto di due coefficienti:

- pc = popolazione coinvolta in crolli e
- pd = percentuale del patrimonio danneggiato.

I Comuni a più elevato rischio erano stati identificati come quelli che avevano indice di rischio superiore al valore medio nazionale, calcolato pesando ciascun Comune con la sua popolazione. Tale media era risultata pari a 0.0455.

Il Comune di Cascina aveva un indice di rischio di 0.0078, con intensità massima osservata

(MCS) di 8.

Con l'Ordinanza n. 3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 (G.U. n. 105 dell'8 maggio 2003) sono stati approvati i "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone". Nell'Allegato A della citata Ordinanza viene indicata la classificazione sismica dei comuni italiani.

A livello di mappatura macrosismica, l'intero territorio nazionale viene considerato sismico e suddiviso in 4 zone, sulla base di un differente valore dell'accelerazione di picco  $a_g$  su terreno a comportamento litoide (espressa come frazione dell'accelerazione di gravità), derivante da studi macrosismici e sismotettonici a carattere nazionale:

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g/g$ )	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $a_g/g$ )
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Ai sensi della suddetta normativa, il Comune di Cascina risulta inserito nella zona sismica 2.

Con l'Ordinanza n. 3519 del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006 (G.U. n. 108 dell'11 maggio 2006) sono stati approvati i "Criteri generali da utilizzare per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

Al punto a) dell'Allegato 1 dell'O.P.C.M. 3519/06 vengono definiti meglio i valori di accelerazione di ancoraggio rispetto a quanto proposto nell'O.P.C.M. 3274/03:

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g/g$ )	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $a_g/g$ )
1	$0.25 < a_g \leq 0.35$	0.35
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$	0.25
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$	0.15
4	$\leq 0.15$	0.05

A partire dalla nuova Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale, allegata all'Ordinanza n. 3519 del 28 aprile 2006 del Presidente del Consiglio dei Ministri "Criteri generali da utilizzare per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", le Regioni sono tenute a riformulare la classificazione sismica dei territori di loro competenza. Come risulta evidente l'impostazione alla base dei criteri individuati dall'Ord. PCM 3519/06, consente un'ampia possibilità di elaborazione di mappe di pericolosità a livello regionale; in altri termini la ri-classificazione potrà tenere conto anche di situazioni accertate o valutabili della vulnerabilità del patrimonio edilizio del sistema insediativo.

Con la deliberazione della Giunta Regionale Toscana n. 431 del 19 giugno 2006 viene approvata la ri-classificazione sismica del territorio regionale.

Ai sensi della suddetta deliberazione il Comune di Cascina è passato dalla classificazione sismica in zona 2 a quella in zona 3s.

L'aggiornamento della classificazione sismica della Toscana, a sei anni di distanza dall'entrata in vigore della precedente classificazione, è stata approvata con Del. GRT n° 878 del 8/10/2012 (pubblicata su BURT Parte Seconda n. 43 del 24.10.2012 Supplemento n. 136).

L'aggiornamento, redatto ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3519/2006, si è reso necessario al fine di recepire le novità introdotte dall'entrata in vigore delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2008) e di rendere la classificazione sismica (riferimento per la disciplina dei controlli sui progetti depositati presso gli Uffici tecnici regionali preposti), maggiormente aderente all'approccio "sito-dipendente" introdotto dalle vigenti Norme.

Così dal 24 dicembre 2012 il Comune di Cascina è passato dalla zona sismica 3s alla zona sismica 3.

L'ultimo aggiornamento della classificazione sismica della Regione Toscana è stato approvato con Deliberazione GRT n.421 del 26/05/2014. Tale aggiornamento dell'elenco di

classificazione sismica è divenuto necessario a seguito della fusione di 14 comuni toscani, con conseguente istituzione dal 1 gennaio 2014 di 7 nuove amministrazioni comunali. I sette nuovi Comuni (**Fabbriche di Vergemoli** in provincia di Lucca, **Crespina Lorenzana** e **Casciana Terme Lari** in provincia di Pisa, **Figline e Incisa Valdarno** e **Scarperia e San Piero** in provincia di Firenze, **Castelfranco Piandiscò** e **Pratovecchio Stia** in provincia di Arezzo) si sono originati da fusione di comuni omogenei sotto il profilo della pericolosità sismica di base e della classificazione sismica, per cui l'aggiornamento ha previsto semplicemente la conferma della classificazione sismica dei comuni originari.

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Sulla base dei risultati delle indagini geognostiche e sismiche, eseguite nel sito in esame (fig. 1), è stato attribuito al sito in oggetto la categoria di sottosuolo D, come da prospezione sismica MASW eseguita dallo Studio Associato Sismageo, in frazione Visignano nel Comune di Cascina (di cui si allega relazione tecnica).

La suddetta indagine MASW ha fornito un valore medio di  $V_{s30}$  pari a circa 155 m/sec, corrispondente ad un suolo di fondazione di categoria D.

Nell'ambito delle indagini geologico-tecniche eseguite a supporto della Variante di monitoraggio al regolamento urbanistico con contestuale Variante al Piano Strutturale per adeguamento e redistribuzione dell'attuale dimensionamento di previsione, sono state realizzate la carta delle frequenze fondamentali dei depositi e la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica – mops.

Dall'esame di entrambe gli elaborati è possibile notare come nella prima cartografia, l'area in oggetto sia posta nei pressi delle misure di rumore ambientale (HVSR) T19 e T25, con valori di frequenza fondamentale ( $f_0$ ), compresi tra 0,1 e 0,5 e tra 1,0 e 2,5 Hz e di ampiezza dei picchi fondamentali ( $A_0$ ), che vanno da 1,1 a 5, mentre nella seconda cartografia, la zona di intervento rientra nella zona 11 che fa parte delle zone stabili suscettibili di amplificazioni sismiche locali.

**Tabella 3.2.II** – Categoria di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/sec, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 metri.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi fra 360 m/sec e 800m/sec (ovvero $N_{spt30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_u > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec (ovvero $15 < N_{spt30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<b>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/sec (ovvero <math>N_{spt} 30 &lt; 15</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_u &lt; 70</math> kPa nei terreni a grana fina).</b>
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti nel substrato di riferimento (con Vs > 800 m/sec).

**Tabella 3.2.III** – Categorie aggiuntive di sottosuolo

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

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

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

**Tabella 3.2.V** – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$ 

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_0 \text{ ag/g} \leq 1,20$	$1,10 (T^0_c)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_0 \text{ ag/g} \leq 1,50$	$1,05 (T^0_c)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_0 \text{ ag/g} \leq 1,80$	$1,25 (T^0_c)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_0 \text{ ag/g} \leq 1,60$	$1,15 (T^0_c)^{-0,40}$

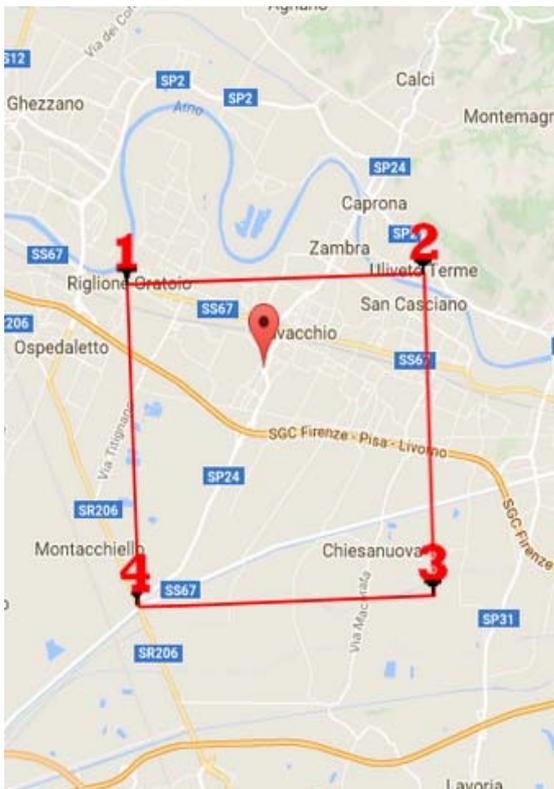
## Ubicazione area d'intervento



La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (v. tabella 1 nell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

Le forme spettrali vengono definite, per ciascuna delle probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , partendo dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c$ \*periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.



(1)\* Coordinate WGS84 (°)  
 Latitudine  Longitudine

(1)\* Coordinate ED50 (°)  
 Latitudine  Longitudine

Classe dell'edificio

**Cu = 0.7**

Vita nominale   
 (Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)

Interpolazione

Stato Limite	Tr [anni]	a <sub>g</sub> [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0,039	2,574	0,226
Danno (SLD)	35	0,042	2,562	0,233
Salvaguardia vita (SLV)	332	0,105	2,495	0,275
Prevenzione collasso (SLC)	682	0,137	2,461	0,280
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	35			

**CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI**

Muri di sostegno  Paratie  
 Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)   
 us (m)

Categoria sottosuolo   
 Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
<b>Ss *</b> Amplificazione stratigrafica	<input type="text" value="1,80"/>	<input type="text" value="1,80"/>	<input type="text" value="1,80"/>	<input type="text" value="1,80"/>
<b>Cc *</b> Coeff. funz categoria	<input type="text" value="2,63"/>	<input type="text" value="2,59"/>	<input type="text" value="2,39"/>	<input type="text" value="2,36"/>
<b>St *</b> Amplificazione topografica	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,014	0,015	0,045	0,059
kv	0,007	0,008	0,023	0,030
Amax [m/s²]	0,695	0,746	1,855	2,414
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

\* I valori di Ss, Cc ed St possono essere variati.

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: stabilità dei pendii – fondazioni

Sito in esame

Latitudine: 43,681555

Longitudine: 10,478180

Classe d'uso: I

Vita nominale: 50

Categoria di sottosuolo: D

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 0.7 (coefficiente d'uso).

Per quanto riguarda la verifica di suscettibilità alla liquefazione (cap.7.11.3.4.2 delle N.T.C. 2008), secondo la mappa interattiva di pericolosità sismica consultabile dal sito dell'INGV e del relativo grafico di disaggregazione del valore di  $a(g)$ , con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, nella zona di interesse sono attesi eventi sismici di Magnitudo  $M$  compresi tra 4,5 e 5,0 per una distanza dal nodo (Coordinate del nodo lat: 43.6954, lon: 10.4474, ID: 20269) inferiore a 10 Km (l'opera in oggetto si ubica in prossimità del nodo).

Come mostrato dalla successiva tabella, la probabilità di superamento della magnitudo 5 è solo del 8.08% ed il valore medio di magnitudo per una distanza inferiore a 11,0 Km dal nodo risulta di 4.78. Il valore della magnitudo inferiore a 5 esclude la necessità di verifica alla liquefazione.

Distanza in km	Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.6954, lon: 10.4474, ID: 20269)										
	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	21.300	26.400	8.080	0.521	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.780	11.000	1.010

## 8. CARATTERI IDROGEOLOGICI

Le differenze litologiche e tessiturali dei litotipi rilevati nell'area d'intervento, determinano sostanziali differenze nel comportamento idrogeologico, influenzandone in particolare la permeabilità.

Così i depositi alluvionali, presenti in affioramento, risultano caratterizzati da una permeabilità primaria generalmente medio-bassa (fig. 3). Al loro interno sono presenti livelli più o meno continui a permeabilità maggiore in corrispondenza delle intercalazioni sabbiose.

La situazione litostratigrafica del territorio Comunale, è complicata dall'alternanza di sedimenti di ambiente continentale e di ambiente marino, che hanno contribuito alla formazione del sistema acquifero.

Sotto il profilo idrogeologico, la successione idrostratigrafica del sottosuolo Comunale può essere così sintetizzata:

-sistema acquifero di tipo freatico, presente in modo più o meno continuo sull'intero territorio comunale;

-orizzonte acquifero profondo di tipo artesiano.

La prima falda interessa i primi metri dal piano campagna, ed evidenzia oscillazioni stagionali che variano a seconda delle zone: minori dove predominano i limi argilloso-sabbiosi, maggiori dove i depositi sono più francamente sabbiosi.

Nel complesso si tratta di una falda superficiale, contenuta in terreni a permeabilità variabile e direttamente influenzata dall'infiltrazione delle acque meteoriche o dai collegamenti diretti con il sub-alveo dei corsi d'acqua principali; tale acquifero è dotato pertanto di una certa produttività ed è da considerarsi nel suo insieme mediamente vulnerabile.

Il tetto del primo acquifero degno di nota di tipo confinato (largamente utilizzato in tutta la pianura pisana), è individuabile in zona a partire da una profondità di circa 40 - 45 metri dal p.c., ed è costituito prevalentemente da ghiaie e conglomerati, noto in letteratura geologica come "Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina".

Al di sopra dei "Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina" le perforazioni rivelano la presenza di terreni prevalentemente limosi (più o meno argillosi) di origine fluvio-lacustre, sormontati da uno spessore di sabbie produttive, attribuite alla formazione delle "Sabbie e limi di Vicarello", la cui presenza è localmente stimabile a profondità dell'ordine di 30 - 35 metri circa.

Dal punto di vista idrogeologico, nell'area in esame, si ha una circolazione idrica ipogea sottoposta ad oscillazioni stagionali, dipendenti dall'andamento del regime pluviometrico e dal regime idraulico dei vicini fossi, la cui alimentazione è da collegare con le infiltrazioni di vario genere che avvengono nei terreni superficiali e con i corsi d'acqua della zona, della quale dovrà essere tenuto di conto al momento degli scavi di fondazione.

In questa sede non è stato possibile valutare l'entità dell'escursione del tetto della falda, tuttavia è ipotizzabile una risalita del pelo libero, con conseguente saturazione dei terreni fin nei pressi del piano campagna (nel periodo di massima ricarica della falda) e una successiva discesa, al termine della stagione estiva, poiché le acque vengono progressivamente drenate ed il livello di falda locale si abbassa.

Il tetto della falda freatica è stato misurato il 20 settembre 2016, all'interno del foro generato dalla prova penetrometrica realizzata; tale rilievo ha individuato il tetto della falda alla profondità di - 1.30 m dal p.c.

Si fa presente comunque che tale misura è da considerare nell'ottica delle importanti variazioni a carattere stagionale legate alle diverse condizioni di apporto. Inoltre si possono avere anche ricariche a livello locale di acque superficiali che si infiltrano e circolano nello strato superficiale di terreno.

## 9. STIMA DELLA STRATIGRAFIA E DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Dall'osservazione della carta litotecnica, è possibile notare come l'area d'intervento risulti impostata sull'Unità litologico-tecnica F, in particolare sull'Unità F1, costituita da depositi alluvionali. Granulometria dominante: limi, limi sabbiosi e argille limose da consistenti a moderatamente consistenti, con presenza di frazione sabbiosa.

Il rilevamento eseguito sull'area in oggetto e in un suo intorno significativo, unitamente ai risultati della prova penetrometrica statica, realizzata in corrispondenza dell'intervento previsto, hanno consentito di ipotizzare il quadro litologico e stratigrafico del sottosuolo. L'ubicazione dell'indagine è illustrata in fig. 1.



L'esame della penetrometria eseguita ha permesso una stima dei parametri geotecnici dei terreni investigati ( $c_u$ ,  $\phi$ ,  $\gamma$ ,  $D_r$  e  $E_{ed}$ ); in particolare vengono riportati i valori minimo e massimo riferiti agli strati individuati, nonché la stratigrafia di sottosuolo presunta.

Si fa presente che la data in cui è stata realizzata la prova penetrometrica influenza il parametro  $c_u$  (coesione non drenata). In altre parole la coesione non drenata non rappresenta una proprietà del terreno, bensì un parametro che esprime un comportamento che è funzione di molti altri parametri tra cui il contenuto di acqua e di cui deve essere tenuto conto nella stesura della relazione geotecnica.

Dai valori di "Qc", "Fs" e "Rt" che esprimono le caratteristiche di resistenza meccanica del terreno, e da quelli del Rapporto Begemann (rapporto di frizione  $Qc/Fs \times 100$ ), è possibile stimare il litotipo attraversato, e quindi ricostruire la successione litostratigrafica del sottosuolo indagato.

L'interpretazione di queste grandezze consente inoltre di stimare, come detto, i parametri geotecnici delle litologie attraversate (coesione non drenata  $c_u$ , angolo di attrito interno  $\phi$ , peso di volume  $\gamma$ , densità relativa  $D_r$  e modulo edometrico  $E_{ed}$ ), tramite opportune correlazioni.

Di seguito si riporta la ricostruzione stratigrafica desunta dalla prova eseguita, unitamente ai parametri geotecnici stimati e indicati per ciascun strato nei valori minimi e massimi registrati dallo strumento:

### Penetrometria Statica CPT

Strato A: 0.00 – 0.40 metri dal p.d.c. terreno vegetale/agrario;

Strato B: 0.40 – 1.60 metri dal p.d.c. sabbie e limi e poi sabbie addensate dotate di angolo di attrito interno  $\phi$  da 27° a 42°,  $D_r$  da 0 a 80%,  $Q_c$  da 21.1 a 74.3 kg/cmq,  $E_{ed}$  da 63.29 a 222.22 kg/cmq e  $\gamma$  da 1.71 a 1.97 t/mc;

Strato C: 1.60 - 2.20 metri dal p.d.c. argille e argille organiche e/o torbe, contraddistinte da una diminuzione dei valori dei parametri geotecnici:  $Q_c$  comprese tra 12.4 e 29.4 kg/cmq,  $c_u$  tra 0.48 e 1.16 kg/cmq,  $E_{ed}$  fra 33.44 e 73.52 kg/cmq e  $\gamma$  tra 1.55 e 1.94 t/mc;

Strato D: 2.20 – 5.00 metri dal p.d.c. argille e argille organiche e/o torbe, mostranti un ulteriore decremento nei valori dei caratteri geomeccanici:  $Q_c$  comprese tra 4.8 e 9.5 kg/cmq,  $c_u$  tra 0.17 e 0.36 kg/cmq,  $E_{ed}$  fra 16.15 e 41.49 kg/cmq e  $\gamma$  tra 1.48 e 1.88 t/mc;

Strato E: 5.00 – 7.20 metri dal p.d.c. argille e poi argille organiche e/o torbe, mostranti un lieve incremento dei valori dei parametri geotecnici:  $Q_c$  comprese tra 8.8 e 11.9 kg/cmq,  $c_u$  tra 0.33 e 0.45 kg/cmq,  $E_{ed}$  fra 26.88 e 46.94 kg/cmq e  $\gamma$  tra 1.53 e 1.90 t/mc;

Strato F: 7.20 – 10.00 metri dal p.d.c. argille e argille limose, contraddistinte da una nuova diminuzione dei valori dei parametri geomeccanici:  $c_u$  comprese tra 0.13 e 0.22 kg/cmq,  $E_{ed}$  fra 22.17 e 31.54 kg/cmq,  $Q_c$  fra 4.2 e 6.4 kg/cmq e  $\gamma$  tra 1.61 e 1.72 t/mc.

### Modello geologico di sintesi

La ricostruzione stratigrafica ottenuta attraverso i dati provenienti dalla prova penetrometrica eseguita evidenzia, al di sotto dello strato di terreno vegetale/agrario, la presenza fino a 1,6 m dal p.c. di litologie di tipo misto (sabbie e limi), contraddistinte, dal punto di vista geotecnico, da valori medi, cui seguono sedimenti di tipo coesivo che evidenziano una diminuzione dei valori dei parametri geotecnici, in particolare a partire da 2.2 m dal p.c. fino al termine della perforazione.

Poiché come sopra riportato, si ha uno strato superficiale costituito da terreni misti (sabbie e limi) che poggia su terreni coesivi caratterizzati da parametri geotecnici mediocri, si consiglia di distribuire uniformemente i carichi in fondazione e/o adottare accorgimenti costruttivi idonei al fine di limitare/scongiurare eventuali cedimenti differenziali.

Di seguito si riporta il riepilogo schematico dei parametri geotecnici medi degli strati individuati:

Unità geotecniche	Spessore (metri)	$\gamma$ (t/mc)	$Q_c$ (Kg/cmq)	$C_u$ media (kg/cmq)	$\phi'$ medio (Gradi)	$E_{ed}$ (kg/cmq)
Strato A	0.00-0.40					
Strato B	0.40-1.60	1.70	21.1-74.3	0.0	27°	63.29-222.22
Strato C	1.60-2.20	1.60	12.4-29.4	0.48	0°	33.44-73.52
Strato D	2.20-5.00	1.50	4.8-9.5	0.20	0°	16.15-41.49
Strato E	5.00-7.20	1.60	8.8-11.9	0.33	0°	26.88-46.94
Strato F	7.20-10.00	1.60	4.2-6.4	0.18	0°	22.17-31.54

## 10. TERRE E ROCCE DA SCAVO

Per quanto riguarda le terre e rocce di scavo, deve essere applicata la normativa vigente, disciplinata dal D.Lgs. 3 aprile 2006 n.152, "Norme in materia ambientale", art.186 e dal successivo D.Lgs. 16 gennaio 2008 n.4 "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale", art. 186, di cui si riportano alcune parti:

*"le terre e rocce da scavo..... possono essere utilizzate per reinterri, riempimenti..... purché: a) siano impiegate direttamente nell'ambito di opere o interventi preventivamente individuati e definiti; b) sin dalla fase della produzione vi sia certezza dell'integrale utilizzo; c) l'utilizzo integrale della parte destinata a riutilizzo sia tecnicamente possibile senza necessità di preventivo trattamento o di trasformazioni preliminari per soddisfare i requisiti merceologici e di qualità ambientale idonei a garantire che il loro impiego non dia luogo ad emissioni e, più in generale, ad impatti ambientali qualitativamente e quantitativamente diversi da quelli ordinariamente consentiti ed autorizzati per il sito dove sono destinate ad essere utilizzate; d) sia garantito un elevato livello di tutela ambientale; e) sia accertato che non provengono da siti contaminati o sottoposti ad interventi di bonifica.....; f) le loro caratteristiche chimiche e chimico-fisiche siano tali che il loro impiego nel sito prescelto non determini rischi per la salute e per la qualità delle matrici ambientali interessate ed avvenga nel rispetto delle norme di tutela delle acque superficiali e sotterranee, della flora, della fauna..... In particolare deve essere dimostrato che il materiale da utilizzare non è contaminato con riferimento alla destinazione d'uso del medesimo, nonché la compatibilità di detto materiale con il sito di destinazione; g) la certezza del loro integrale utilizzo sia dimostrata....."*

3. Ove la produzione di terre e rocce da scavo avvenga nell'ambito della realizzazione di opere o attività diverse da quelle di cui al comma 2 e soggette a permesso di costruire o a denuncia di inizio attività, la sussistenza dei requisiti di cui al comma 1, nonché i tempi dell'eventuale deposito in attesa di utilizzo, che non possono superare un anno, devono essere dimostrati e verificati nell'ambito della procedura per il permesso di costruire, se dovuto, o secondo le modalità della dichiarazione di inizio di attività (DIA).

La successiva Legge n.2 del 28 gennaio 2009, "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 29 novembre 2008 n. 185, recante misure urgenti per il sostegno a famiglie, lavoro, occupazione e impresa e per ridisegnare in funzione anti-crisi il quadro strategico nazionale", all'art. 20, comma 10-sexies recita: al decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni, sono apportate le seguenti modificazioni:

a) all'articolo 185, comma 1, dopo la lettera c), è aggiunta la seguente:

c-bis) il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso dell'attività di costruzione, ove sia certo che il materiale sarà utilizzato a fini di costruzione allo stato naturale nello stesso sito in cui è stato scavato»; b) all'articolo 186, comma 1, sono premesse le seguenti parole: «Fatto salvo quanto previsto dall'articolo 185».

Di seguito si riporta l'art. 185 del D.Lgs. 16 gennaio 2008 n.4, "Limiti al campo di applicazione":

1. Non rientrano nel campo di applicazione della parte quarta del presente decreto:

- a) le emissioni costituite da effluenti gassosi emessi nell'atmosfera di cui all'articolo 183, comma 1, lettera z);
- b) gli scarichi idrici, esclusi i rifiuti liquidi costituiti da acque reflue;
- c) i rifiuti radioattivi;
- d) i rifiuti risultanti dalla prospezione, dall'estrazione, dal trattamento, dall'ammasso di risorse minerali o dallo sfruttamento delle cave;
- e) le carogne ed i seguenti rifiuti agricoli: materie fecali ed altre sostanze naturali non pericolose utilizzate nelle attività agricole ed in particolare i materiali litoidi o vegetali e le terre da coltivazione, anche sotto forma di fanghi, provenienti dalla

*pulizia e dal lavaggio dei prodotti vegetali riutilizzati nelle normali pratiche agricole e di conduzione dei fondi rustici, anche dopo trattamento in impianti aziendali ed interaziendali agricoli che riducano i carichi inquinanti e potenzialmente patogeni dei materiali di partenza;*

*f) le eccedenze derivanti dalle preparazioni nelle cucine di qualsiasi tipo di cibi solidi, cotti e crudi, non entrati nel circuito distributivo di somministrazione, destinati alle strutture di ricovero di animali di affezione di cui alla legge 14 agosto 1991, n. 281, nel rispetto della vigente normativa;*

*g) i materiali esplosivi in disuso;*

*h) i materiali vegetali non contaminati da inquinanti provenienti da alvei di scolo ed irrigui, utilizzabili tal quale come prodotto, in misura superiore ai limiti stabiliti con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio da emanarsi entro novanta giorni dall'entrata in vigore della parte quarta del presente decreto. Sino all'emanazione del predetto decreto continuano ad applicarsi i limiti di cui al decreto del Ministro dell'ambiente 25 ottobre 1999, n. 471;*

*i) il coke da petrolio utilizzato come combustibile per uso produttivo;*

*l) materiale litoide estratto da corsi d'acqua, bacini idrici ed alvei, a seguito di manutenzione disposta dalle autorità competenti;*

*m) i sistemi d'arma, i mezzi, i materiali e le infrastrutture direttamente destinati alla difesa militare ed alla sicurezza nazionale individuati con decreto del Ministro della difesa, nonché la gestione dei materiali e dei rifiuti e la bonifica dei siti ove vengono immagazzinati i citati materiali, che rimangono disciplinati dalle speciali norme di settore nel rispetto dei principi di tutela dell'ambiente previsti dalla parte quarta del presente decreto. I magazzini, i depositi e i siti di stoccaggio nei quali vengono custoditi i medesimi materiali e rifiuti costituiscono opere destinate alla difesa militare non soggette alle autorizzazioni e nulla osta previsti dalla parte quarta del presente decreto;*

*n) i materiali e le infrastrutture non ricompresi nel decreto ministeriale di cui alla lettera m), finché non è emanato il provvedimento di dichiarazione di rifiuto ai sensi del decreto del Presidente della Repubblica 5 giugno 197, n. 107, recante il regolamento per l'amministrazione e la contabilità degli organismi dell'esercito, della marina e dell'aeronautica.*

*2. Resta ferma la disciplina di cui al regolamento (CE) n. 1774/2002 del Parlamento europeo e del Consiglio del 3 ottobre 2002, recante norme sanitarie relative a sottoprodotti di origine animale non destinate al consumo umano, che costituisce disciplina esaustiva ed autonoma nell'ambito del campo di applicazione ivi indicato.*

## 11. CONSIDERAZIONI AI FINI DELLA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' E RISCHIO IDRAULICO

L'area interessata dalla *realizzazione di serra fissa e spazio didattico all'aperto* in Via Siniscola snc, frazione Visignano, nel Comune di Cascina è situata a distanza di circa 1800 metri dal Fiume Arno.

Ai sensi del P.I.T., approvato con D.C.R. n.37 del 27 marzo 2015 l'area d'intervento non risulta soggetta a misure di salvaguardia.

Gli elementi del reticolo idrografico minore che interessano questo settore di territorio Comunale sono il Fosso Torale, il quale defluisce circa 30.0 metri a Est, da Nord-Est a Sud-Ovest e il Fosso della Mariana che scorre circa 470 metri a Ovest, da Nord-Est a Sud-Ovest.

Il Fosso Torale inizialmente rappresenta una sorta di capofosso e dopo aver raccolto il contributo di numerose fosse campestri e fossi vicinali, recapita le proprie acque, in corrispondenza di località Podere San Gabriele, frazione Coltano, Comune di Pisa, nel Fosso di

Titignano. Quest'ultimo riceve le acque del Fosso Vecchio e quelle del Fosso degli Stecchi, sottopassa sia la Via Emilia che la linea ferroviaria e prosegue convergendo verso il Fosso Caligi, per poi confluire in corrispondenza dell'idrovora dell'Arnaccio nella Fossa Chiara.

Dall'esame della carta della pericolosità idraulica, elaborata nell'ambito della Variante di monitoraggio al regolamento urbanistico con contestuale variante al Piano Strutturale per adeguamento e redistribuzione dell'attuale dimensionamento di previsione, in conformità al D.P.G.R. 53/R del 2011, l'area investigata rientra nella classe di pericolosità idraulica I3 a pericolosità elevata, corrispondente alle *aree interessate da allagamenti per eventi compresi fra  $30 < TR < 200$  anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni:*

*a) vi sono notizie storiche di inondazioni;*

*b) sono morfologicamente in condizione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.*

La mappa di pericolosità da alluvioni fluviali redatta all'interno del Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto Appennino Settentrionale, assegna all'area in oggetto la classe di pericolosità P2 a pericolosità da alluvioni media (fig. 4), mentre nella mappa di rischio da alluvioni viene attribuito alla zona di interesse la classe di rischio R2 a rischio idraulico medio.

Il "Piano Stralcio Assetto Idrogeologico dell'Arno" inseriva la zona d'intervento nella "Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica, derivata dai risultati di specifici studi in funzione del tempo di ritorno e del potenziale battente – livello di dettaglio", nello stralcio n. 422.

La zona in oggetto ricadeva all'interno della classe P.I.2, aree a pericolosità idraulica media, comprendenti 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.

La carta guida delle aree allagate redatta sulla base degli eventi alluvionali significativi (1966-1999), evidenzia come la zona in esame sia interna alle aree interessate in passato da inondazioni eccezionali.

Sempre in riferimento alla cartografia allegata al D.P.C.M. 226 del 5.11.99, l'intervento risulta esterno alle zone A e B, di cui alle norme 2 e 3, individuate per la realizzazione degli interventi strutturali di messa in sicurezza del F. Arno e al di fuori delle aree di pertinenza fluviale dell'Arno e dei suoi affluenti.

Nell'ambito dello Studio Idrologico-Idraulico eseguito a supporto della Variante di monitoraggio al regolamento urbanistico con contestuale Variante al Piano Strutturale per adeguamento e redistribuzione dell'attuale dimensionamento di previsione, sono state realizzate anche le tavole "Planimetria delle aree allagate" e "Carta delle aree soggette a ristagno".

Dall'osservazione delle suddette tavole è possibile notare come nella prima cartografia (fig. 5) l'area di interesse sia esterna alle aree allagate per tempi di ritorno compresi fra 30 e 500 anni (l'unico elemento lineare raffigurato come allagabile per una portata con  $T_r$  30 anni è l'alveo del Fosso Torale che segna il confine orientale fra la proprietà e Via Carlo Levi) e anche nella seconda tavola (fig. 6) la zona di intervento risulta esterna alle aree soggette a ristagno e alle previsioni di realizzazione delle casse di espansione.

Inoltre l'area in studio come detto in precedenza (in assenza di un rilievo topografico locale) si trova a quote altimetriche comprese fra 3.2 e 3.5 metri circa sul livello del mare (fonte Regione Toscana-Sita: Cartoteca cartografia scala 1:2000 elemento 17F06-2002), rialzata di circa 50-60 cm rispetto all'adiacente rotonda e a Via Carlo Levi.

Pertanto si ritiene che le criticità idrauliche nell'area in questione possano essere legate a eventi atmosferici violenti e di breve durata che potrebbero dar luogo a locali fenomeni di rigurgito causati da attraversamenti realizzati con tubazioni inadeguate e deficit temporanei della rete fognaria.

In considerazione di quanto sopra riportato si consigliano rialzamenti di 30-40 cm del solaio di calpestio rispetto al piano campagna attuale, sagomando il terreno in modo da predisporre opportune pendenze a partire dal manufatto, in modo da drenare e convogliare le acque verso i recapiti finali.

Per la progettazione delle opere di urbanizzazione primaria, si consiglia di dimensionare adeguatamente gli smaltimenti delle acque pluviali e di scarico, in maniera da evitare, durante eventi piovosi particolarmente intensi e di breve durata, eventuali fenomeni di rigurgito e/o malfunzionamento del sistema di allontanamento delle acque.

## 12. PTC (Piano Territoriale di Coordinamento) DELLA PROVINCIA DI PISA

Dall'osservazione delle tavole delle Pericolosità Geomorfologica, Idraulica e della Vulnerabilità Idrogeologica, redatte nell'ambito del Piano Territoriale di Coordinamento (P.T.C.) della Provincia di Pisa, l'area in oggetto risulta inserita rispettivamente in:

Pericolosità geomorfologica media, sottoclasse 3a: essa ricadono le aree acclivi con caratteristiche geomorfologiche, stratigrafiche e litotecniche favorevoli alla stabilità, per cui i fenomeni franosi, pur possibili, coinvolgono porzioni di territorio di ampiezza limitata, e altresì le aree della pianura alluvionale con sottosuolo eterogeneo;

Pericolosità idraulica media, sottoclasse 3a: riguarda le aree per le quali non si ha disponibilità di precise testimonianze storiche di episodi di esondazione o di sommersione, comunque limitrofe ad aree in passato conosciute come alluvionate o sommerse; si individuano su base geomorfologica o storica o con riferimento a modelli idrologico-idraulici, verificando nel caso la ricorrenza statistica di possibile esondazione o sommersione comunque superiore ai duecento anni; vi sono altresì comprese le aree coinvolte da eventi storici, difese da sostanziali interventi di difesa o bonifica idraulica, verificati cioè, per analogia, al deflusso od allo smaltimento di eventi di ricorrenza duecentennale;

Vulnerabilità idrogeologica media, sottoclasse 3b: corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un grado di protezione, mediocre; in essa ricadono, nelle aree di pianura, le zone in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi fra i sette ed i quindici giorni, quali quelle interessate da falde libere in materiali alluvionali mediamente permeabili con livelli piezometrici prossimi al piano campagna, quelle di ricarica di acquiferi confinati a bassa permeabilità, quelle consistenti in terrazzi alluvionali antichi costituiti da litologie poco permeabili e direttamente connessi all'acquifero principale, quelle a permeabilità medio-alta ma con superficie freatica depressa per cause naturali, nonché, nelle aree collinari e montuose, le zone di affioramento di terreni litoidi a media permeabilità, le zone morfologicamente pianeggianti con affioramento di terreni sciolti di media permeabilità con sufficiente estensione e ricarica, le zone di alimentazione delle sorgenti di principale importanza emergenti da litologie poco permeabili.

In relazione al tipo di intervento (interventi di nuova edificazione nelle espansioni periferiche), il PTC definisce una fattibilità 3, condizionata che scaturisce dai livelli di rischio di seguito illustrati:

Pericolosità geomorfologica 3a media  $\Rightarrow$  livello di rischio II - basso: *la trasformazione o l'attività riferibile alla classe 2 - "FATTIBILITÀ CON NORMALI VINCOLI DA PRECISARE A LIVELLO DI PROGETTO" di cui al punto 3.2 della D.C.R. 94/85 è ammissibile, in relazione alle conoscenze disponibili, ma è richiesta verifica a livello locale;*

Pericolosità idraulica 3a media  $\Rightarrow$  livello di rischio II - basso: *la trasformazione o l'attività riferibile alla classe 2 - "FATTIBILITÀ CON NORMALI VINCOLI DA PRECISARE A LIVELLO DI*

*PROGETTO" di cui al punto 3.2 della D.C.R. 94/85 è ammissibile, in relazione alle conoscenze disponibili, ma è richiesta verifica a livello locale;*

*Vulnerabilità idrogeologica 3b media ⇒ livello di rischio III – medio/alto: la trasformazione o l'attività è subordinata alle condizioni poste da una valutazione puntuale della vulnerabilità idrogeologica, al minimo conforme a quanto disposto ai commi, e quindi da un progetto sulla mitigazione dello stato di rischio accertato, tenuto conto anche delle caratteristiche della trasformazione o attività.*

### 13. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente documento è stato eseguito a supporto della *realizzazione di serra fissa e spazio didattico all'aperto* in Via Siniscola snc, frazione Visignano, nel Comune di Cascina

Lo studio effettuato sull'area in oggetto e in suo intorno significativo, inquadrando ed integrando le osservazioni di dettaglio con indagini precedenti ed aggiornate della zona, ha permesso di ricostruire l'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico, litotecnico e stratigrafico della zona d'intervento.

Il sopralluogo effettuato sull'area in oggetto ed in suo intorno significativo, non ha evidenziato processi erosivi superficiali in atto/potenziali o elementi di fragilità geomorfologica.

Per stimare la natura litologica, la successione stratigrafica e le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni su cui andranno a poggiare le future strutture è stata realizzata una prova penetrometrica statica CPT proprio in corrispondenza dell'intervento previsto.

Inoltre sull'area in oggetto è stata eseguita dallo Studio Associato Sismageo, una indagine sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), allo scopo di caratterizzare i terreni presenti mediante il parametro  $V_{S30}$  e determinare attraverso lo stesso parametro  $V_{S30}$  la categoria di sottosuolo di fondazione (ai sensi del OPCM 3274 del 20.03.2003 e s.m.i. e del D.M. 14.01.2008).

Dal punto di vista idrogeologico, nell'area in esame, si ha una circolazione idrica ipogea sottoposta ad oscillazioni stagionali, dipendenti dall'andamento del regime pluviometrico e dal regime idraulico dei vicini fossi, la cui alimentazione è da collegare con le infiltrazioni di vario genere che avvengono nei terreni superficiali e con i corsi d'acqua della zona, della quale dovrà essere tenuto di conto al momento degli scavi di fondazione.

In questa sede non è stato possibile valutare l'entità dell'escursione del tetto della falda, tuttavia è ipotizzabile una risalita del pelo libero, con conseguente saturazione dei terreni fin nei pressi del piano campagna (nel periodo di massima ricarica della falda) e una successiva discesa, al termine della stagione estiva, poiché le acque vengono progressivamente drenate ed il livello di falda locale si abbassa.

Il tetto della falda freatica è stato misurato il 20 settembre 2016, all'interno del foro generato dalla prova penetrometrica realizzata; tale rilievo ha individuato il tetto della falda alla profondità di - 1.30 m dal p.c.

L'intervento in progetto deve essere inserito nel contesto esistente in maniera da non incrementare i livelli di rischio nelle zone contermini.

Qualora lo scavo di fondazione intercettasse la circolazione idrica superficiale, si consiglia di adottare tutte le misure e le opere idonee all'allontanamento e allo smaltimento dell'acqua presente garantendo al contempo le condizioni di stabilità in sito e al contorno nel breve, medio e lungo periodo.

Per ciò che concerne il rischio idraulico, si riassume brevemente quanto descritto più dettagliatamente nel precedente paragrafo 11:

- l'area d'intervento, ai sensi del P.I.T., non risulta soggetta a misure di salvaguardia;
- il PGRA (Piano di Gestione Rischio Alluvioni) del Distretto Appennino Settentrionale, assegna all'area in oggetto la classe di pericolosità P2 a pericolosità da alluvioni media, mentre

nella mappa di rischio da alluvioni viene attribuito alla zona di interesse la classe di rischio R2 a rischio da alluvioni medio;

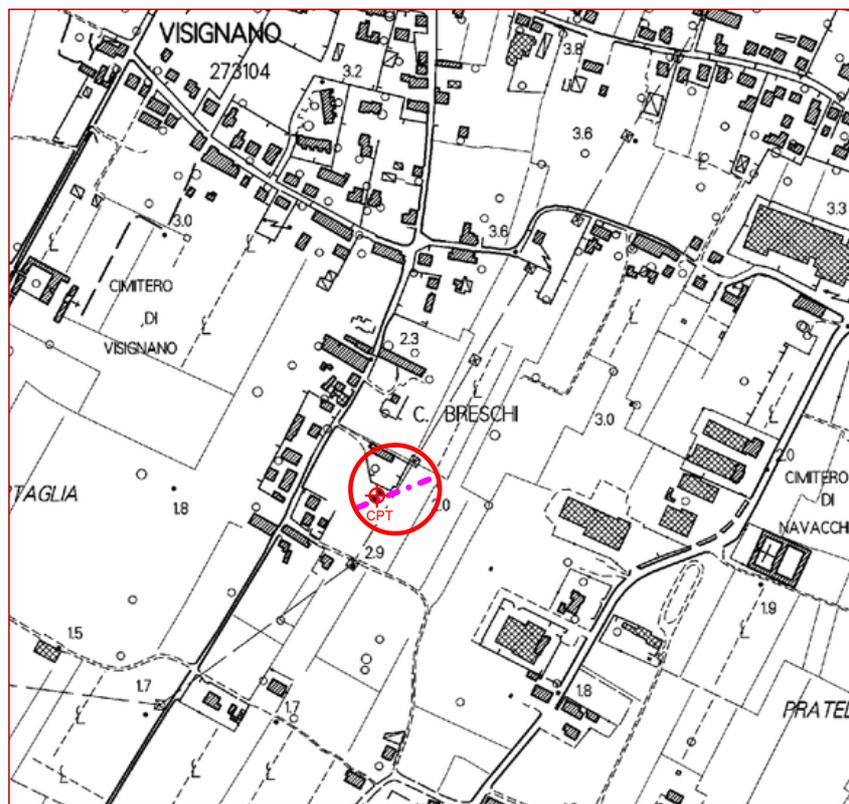
- il Piano Stralcio Assetto Idrogeologico dell'Arno (P.A.I.) poneva l'area investigata all'interno della classe di pericolosità idraulica media P.I.2;

- la carta guida delle aree allagate redatta sulla base degli eventi alluvionali significativi (1966-1999), evidenzia come la zona in esame sia interna alle aree interessate da inondazioni eccezionali;

- sempre in riferimento alla cartografia allegata al D.P.C.M. 226 del 5.11.99, l'intervento risulta esterno alle zone A e B, di cui alle norme 2 e 3, individuate per la realizzazione degli interventi strutturali di messa in sicurezza del F. Arno e al di fuori delle aree di pertinenza fluviale dell'Arno e dei suoi affluenti.

In fase esecutiva la direzione lavori, una volta raggiunta la quota del piano di intervento, verificherà la congruenza delle caratteristiche litologiche schematizzate nel presente documento con lo stato effettivo dei terreni, adottando, qualora si presentassero difformità, ogni ulteriore accorgimento necessario ad assicurare la stabilità dei terreni stessi, predisponendo i sistemi più idonei per l'allontanamento delle acque nell'eventualità in cui venissero intercettate.

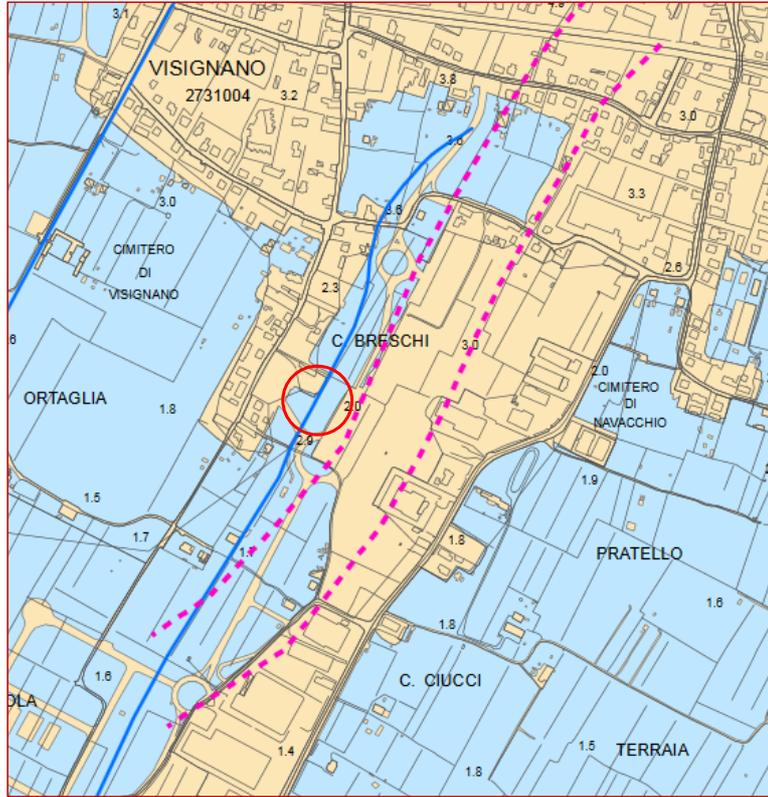
## 14. FIGURE E ALLEGATI



## LEGENDA

-  Ubicazione area d'intervento
-  Prova penetrometrica CPT
-  Prospezione sismica M.A.S.W

Fig. 1 Ubicazione area d'intervento e indagini eseguite



## LEGENDA

### DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

#### DEPOSITI OLOCENICI

- b Depositi alluvionali attuali - Sabbie e Limi
- b Depositi alluvionali attuali - Limi e argille prevalenti
- e3a Depositi palustri

#### FORME FLUVIALI

- Traccia di alveo abbandonato
- Ubicazione area d'intervento

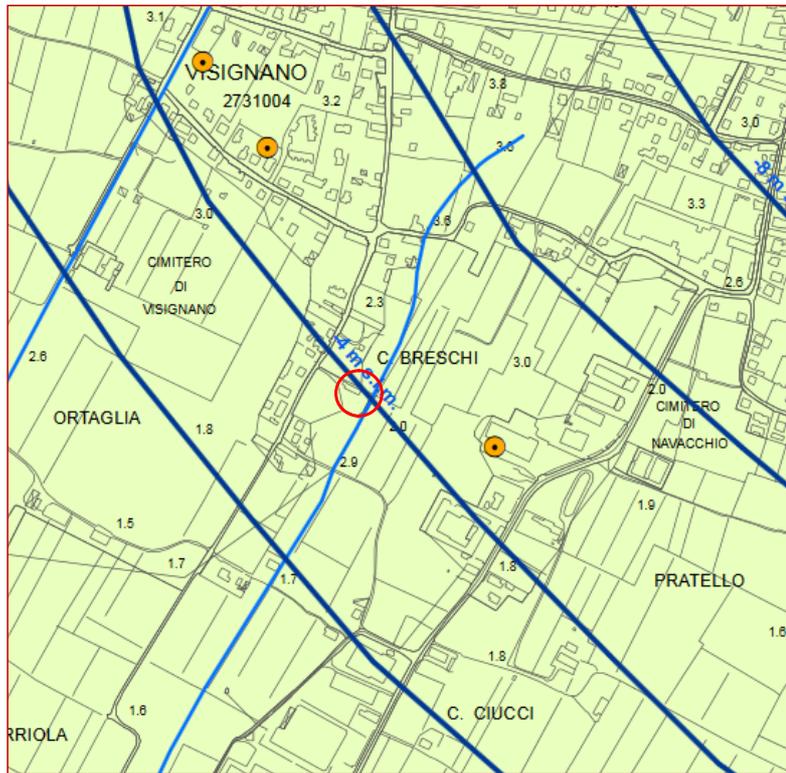
**Comune di Cascina**  
Provincia di Pisa

**Variante di monitoraggio al Regolamento Urbanistico con contestuale Variante al Piano Strutturale**  
per adeguamento e ridistribuzione dell'attuale dimensionamento di previsione

<b>Alessio Antonelli</b>	Sindaco
Giorgio Cateiani, Silvia Innocenti, Leonardo Piero Husaro Meles, Luca Darsochi, Alessandro Ribechini, Giovanni Greco, Paolo Sagini	Assessori
<i>Gruppo di lavoro Pianificazione del Territorio e lavori pubblici</i>	
<b>Elvira Puigi</b>	Responsabile del Procedimento
<b>Chiara Papucci, Sabine Testi, Danilo Tonci, Enrica Buller</b>	Garante della Comunicazione Programmista Coordinamento Progettista Coordinamento Progettista Coordinamento Monitor
<b>Cristina Donelli, Mara Rosaria Ferraro, Anna Tanti, Anna Martini, Maurizio Maini, Ilaria Navi, Rossella Rubi, Chiara Turri, Massimiliano Venturini</b>	Gruppo di progettazione
<b>Dionello Cocchiandello, Sara Fanlozzi, Tiziana Conciaducci, Flavia Passolunghi, Chiara Pascucci, Severo Saviozzi, Carolina Siega</b>	Supporto amministrativo
<b>Hydrogeop</b>	aspetti idraulici
<b>Studio Caviglioglio</b>	aspetti geologici
<b>Tageo Soc. Coop.</b>	aspetti mobilità e traffico
<b>CARTA GEOLOGICA</b>	Oggetto
scala 1:10.000	Rev. 1
Marzo 2014	data

Fig. 2 Carta geologica geomorfologica e ubicazione area d'intervento

estratta da Variante al P.S. e al R.U. del Comune di Cascina



## LEGENDA

### CLASSI DI PERMEABILITA'

- |   |   |
|---|---|
|  | Permeabilità da bassa a molto bassa   |
|  | Permeabilità medio - bassa  |
|  | Permeabilità media  |
|  | Permeabilità medio - alta   |
|  | Permeabilità alta   |
|  | Linee isopiezometriche (m s.l.m.) - 1° Falda significativa (Agosto 1994)      |
|  | Pozzo potabile ad uso acquedottistico (art.94, c.1 - D.Lgs 152/2006 e s.m.i.) |
|  | Pozzo (altri usi)   |
|  | Ubicazione area d'intervento  |

**Comune di Cascina**  
Provincia di Pisa

**Variante di monitoraggio al Regolamento Urbanistico con contestuale Variante al Piano Strutturale**  
per adeguamento e ridistribuzione dell'attuale dimensionamento di previsioni

Alessio Antonelli	Sindaco
Giorgio Ceterani, Silvia Innocenti, Fernando Piero Rosero-Molina, Luca Sestini, Alessandro Rovelli, Giovanni Giusto, Paolo Bagini	Assessori

Gruppo di lavoro  
Pianificazione del Territorio e Lavori pubblici

Elena Pugi	Responsabile del Procedimento
Chiara Papucci, Sabina Iotti, Davide Tonelli, Leticia Maitten	Garante della Comunicazione, Progettista Coordinatore, Progettista Coordinamento Elaborati, Progettista Coordinamento Norme
Cristina Denti, Maria Rosalia Ferraro, Alice Lenti, Anna Martini, Maurizio Molin, Maria Neri, Rosalia Rinaldi, Chiara Turri, Massimiliano Vantini	Gruppo di progettazione
Oliverio Cocchiandello, Sara Fantuzzi, Talena Chetaniucci, Florio Panzavolta, Chiara Papucci, Senaro Scatuzzi, Cascina Silega	Supporto Amministrativo

Idrogeologia per l'ubicazione di pozzi  
Studio Geologico, Alessandro Murrucci  
Tagas Soc. Coop.

aspetti idraulici  
aspetti geologici  
aspetti mobilità e traffico

**CARTA IDROGEOLOGICA E DELLE PERMEABILITA' SUPERFICIALI**  
scale 1:10.000  
Marzo 2014



Fig. 3 Carta idrogeologica e delle permeabilità superficiali e ubicazione area d'intervento

estratta da Variante al P.S. e al R.U. del Comune di Cascina

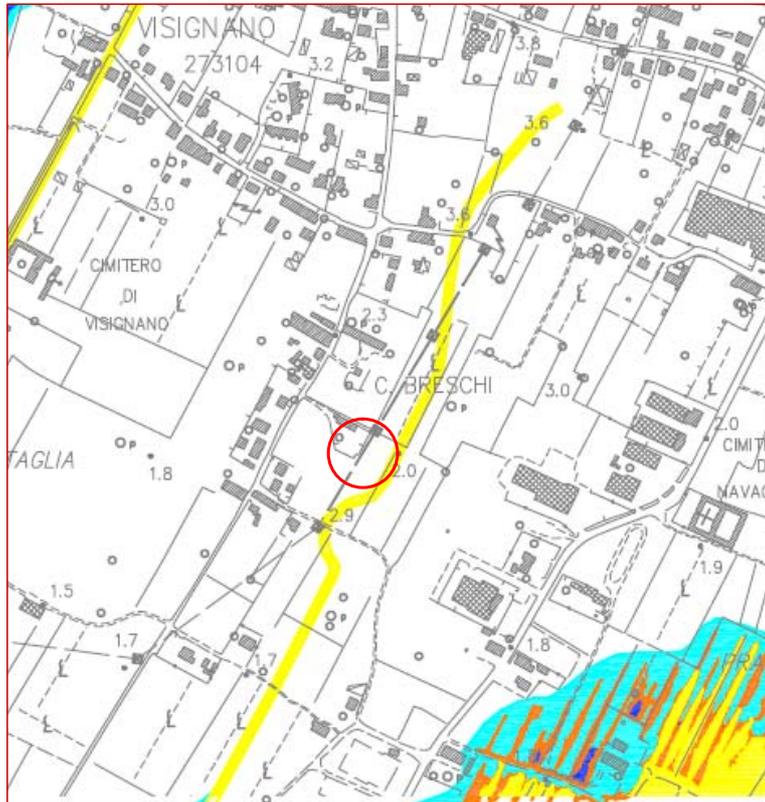


### LEGENDA

- P1 - pericolosità bassa
- P2 - pericolosità media
- P3 - pericolosità elevata

- Ubicazione area d'intervento

Fig. 4 Stralcio n.422 mappa pericolosità alluvioni fluviali da PGRA Arno



## LEGENDA

LEGENDA	
	Portata con Tr 30 anni
	Portata con Tr 100 anni
	Portata con Tr 200 anni
	Portata con Tr 500 anni
	Portata 85 mc/s del Canale Emissario di Bientina

 Ubicazione area d'intervento

**Comune di Cascina**  
Provincia di Pisa

**Variante di monitoraggio al Regolamento Urbanistico con contestuale Variante al Piano Strutturale**  
per adeguamento e redistribuzione dell'attuale dimensionamento di previsione

**Alessio Anticelli** Sindaco  
**Giorgio Catalani, Silvia Innocent, Ferruccio Piero Rossetto Miles, Luca Barsoi, Alessandro Ribichini, Giovanni Greco, Paola Biglin** Assessori

**Elena Pugli** Responsabile del Procedimento  
**Chiara Papucci, Sabrina Teis, Davide Temeli, Enrico Bulleri** Gruppo di lavoro Pianificazione del Territorio e lavori pubblici  
**Chiara Papucci, Sabrina Teis, Davide Temeli, Enrico Bulleri** Garante della Comunicazione, Progettista Coordinatore, Progettista Coordinamento Elaborati, Progettista Coordinamento Nuova

**Cristina Donati, Maria Rosaria Ferrara, Alice Lenzi, Anna Maria Maurizio Meini, Ilaria Nova, Roberta Rulli, Chiara Turani, Massimiliano Vannini** Gruppo di progettazione

**Cliffetto Cochisello, Sara Fattozzi, Tiziana Gherarducci, Florio Pansietti, Chiara Papucci, Saverio Saviozza, Caterina Siega** Supporto amministrativo

**Hydrigec** Ingegneria per l'ambiente e l'energia  
**Stefano Covagno, Alessandro Muratza, Tages Soc. Coop.** aspetti idraulici, aspetti geologici, aspetti mobilità e traffico

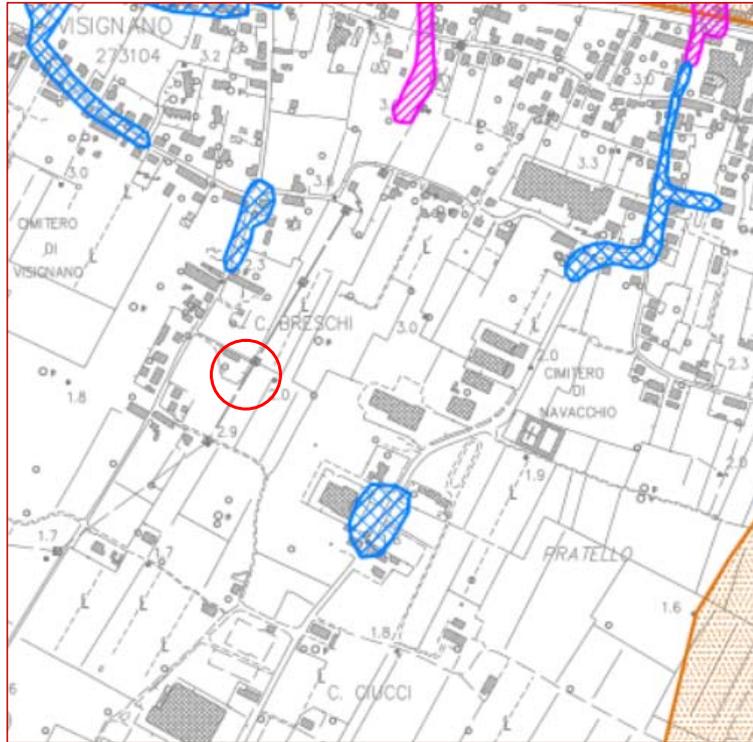
**STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO**  
PLANIMETRIA DELLE AREE ALLAGATE  
scale 1:15000  
Febbraio 2014

**Tav. 6A**

data

Fig. 5 Planimetria delle aree allagate e ubicazione area d'intervento

estratta da Variante al P.S. e al R.U. del Comune di Cascina



**LEGENDA**

-  Aree soggette a ristagno (Ufficio dei Fiumi e Fossi)
-  Aree soggette a ristagno (Piano di Protezione Civile)
-  Strade e sottopassi soggetti a ristagno
-  Previsione di realizzazione Cassa di espansione (AdB Arno)  
Area di tipo A: soggetta a Norma 2 del Piano stralcio per la riduzione del rischio idraulico
-  Previsione di realizzazione Cassa di espansione (AdB Arno)  
Area di tipo B: soggetta a Norma 3 del Piano stralcio per la riduzione del rischio idraulico
-  Limite comunale

 Ubicazione area d'intervento

**Comune di Cascina**  
Provincia di Pisa

**Variante di monitoraggio al  
Regolamento Urbanistico  
con contestuale  
 Variante al Piano Strutturale**

per adeguamento e redistribuzione  
dell'attuale dimensione di previsioni

<p><b>Alessio Antonelli</b> Sindaco</p> <p><b>Giorgio Catalani, Silvia Innocenti, Fernando Piana Rosaria Melega, Luca Barozzi, Alessandro Ribichini, Giovanni Groco, Paolo Baglioni</b> Assessori</p> <p style="text-align: right;"><i>Gruppo di lavoro Pianificazione del Territorio e lavori pubblici</i></p> <p><b>Elena Pugi</b> Responsabile del Procedimento</p> <p><b>Chiara Pasucci</b> Garante della Comunicazione <b>Sabina Tesi</b> Progettista Coordinatore <b>Davide Tonetti</b> Progettista Coordinamento Elaborati <b>Enrico Sallari</b> Progettista Coordinamento Norme</p> <p><b>Cristina Donati, Maria Rossini Ferrara, Alice Lenzi, Anna Martini, Maurizio Meini, Sara Novi, Rossella Ruta, Chiara Turvi, Massimiliano Vannoni</b> Gruppo di progettazione</p> <p><b>Olivietta Coochiarollo, Sara Fantozzi, Tatiana Ghelarducci, Flaminio Paracchetti, Chiara Pasucci, Saverio Saviozza, Caterina Silega</b> Supporto Amministrativo</p> <p style="text-align: right;"><i>Hydrogeo ingegneri del territorio e territorio Studio Geologico Alessandro MURRU Teges Soc. Coop.</i></p> <p><b>STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO A RISTAGNO</b> data 11/10/2010</p> <p style="text-align: right;">Febbraio 2015 data</p>	<p style="text-align: right;">aspetti idraulici aspetti geologici aspetti mobilità e traffico</p> <p style="text-align: right;">Oggetto <b>Tav. 9A</b></p>
--	--

Fig. 6 Carta delle aree soggette a ristagno e ubicazione area d'intervento  
estratta da Variante al P.S. e al R.U. del Comune di Cascina



**GEOSERVIZI S.N.C. di Cosco e Spadaro**

Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello (PI)  
Cell. 339-1344492  
geoservizipisa@gmail.com



---

---

## PROVA PENETROMETRICA STATICA

### ELABORAZIONE NUMERICA DEI RISULTATI

---

---

Committente: GEOPIU'  
Località: VISIGNANO  
Cantiere:  
Data: 20/9/16  
N. prove: 1

#### Caratteristiche del sistema

Penetrometro statico TG 73 200KN Pagani  
Punta meccanica tipo "Begemann"  
Diametro = 35,7 mm; Angolo di apertura = 60°  
Ap=10 cm<sup>2</sup>; At=20 cm<sup>2</sup>; Am=150 cm<sup>2</sup>  
Velocità di avanzamento = 2 cm/sec  
peso aste interne: 0,130 Kg  
passo di lettura: 20 cm

#### LEGENDA

#####	aot	argilla organica e/o torba	Qc	Resistenza alla Punta (Kg/cm <sup>2</sup> )
=====	a	argilla	Fs	Attrito laterale unitario (Kg/cm <sup>2</sup> )
=====	al	argilla limosa	Qc/Fs	Rapporto Begemann
~~~~~	l	limo	Rt	Spinta totale (rivest.+punta)
~~~~~	sl	sabbia e limo	$\gamma$	Peso di volume
~~~~~	ss	sabbia sciolta	$\sigma'_{vo}$	Pressione verticale efficace
~~~~~	sm	sabbia mediamente addensata	$\phi$	Angolo di attrito interno
~~~~~	sdg	sabbia densa e/o ghiaia	Dr	Densità relativa
*****	rip	riporto	Cu	Coesione non drenata
			m <sub>v</sub>	Coeff. di compressibilità volum.



GEOSERVIZI S. N. C.

di Cosco e Spadaro

Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello (PI)

Cell. 339-1344492

geoservizipisa@gmail.com

Prova numero: 1

Data: 20/9/16

Committente: GEOPIU'

Località: VISIGNANO

Cantiere:

Profondità massima: 10,0 m dal p. c.

Quota piano camp.: m

Quota falda: 1,3 m dal p.c.

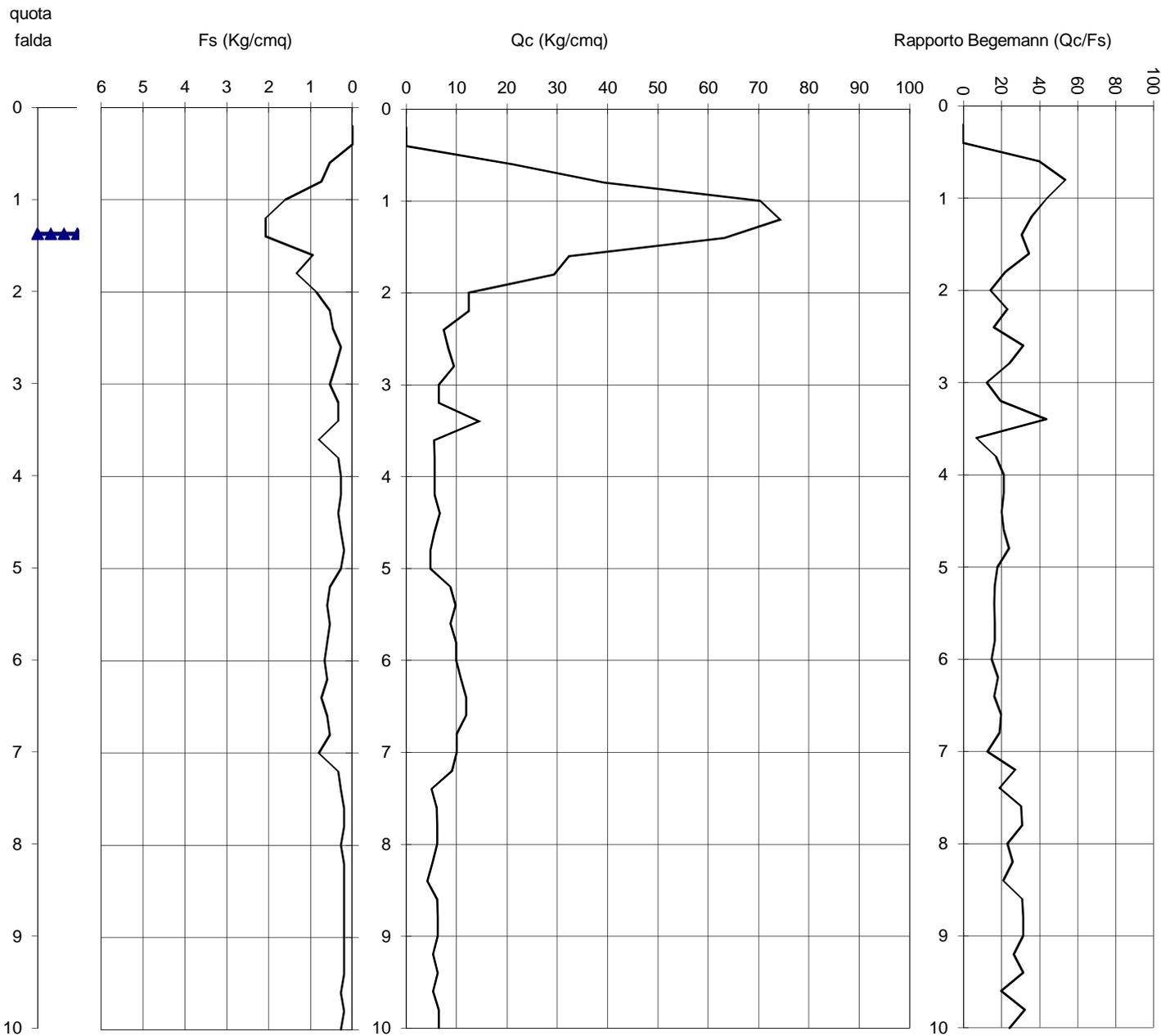
Prof. [metri]	Qc [Kg/cmq]	Fs [Kg/cmq]	Qc/Fs	Rt [Kgf]	parametri geotecnici stimati							Colonna stratig.	lito_ logia
					$\gamma$ [Kg/dmc]	$\sigma'_{vo}$ [Kg/cmq]	$\phi$ [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cmq]	m <sub>v</sub> [cmq/t]			
0,2				401	1,80	0,04	-	-	-	-	-	non ril.	
0,4				191	1,80	0,07	-	-	-	-	-	non ril.	
0,6	21,1	0,53	40	371	1,71	0,11	27	-	-	-	15,8	~~~~	sl
0,8	39,3	0,73	54	943	1,80	0,14	42	80	-	-	8,5	~~~~	sm
1	70,3	1,60	44	1323	1,95	0,18	32	-	-	-	4,7	~~~~	sl
1,2	74,3	2,07	36	1383	1,97	0,22	32	-	-	-	4,5	~~~~	sl
1,4	63,3	2,07	31	973	1,92	0,26	31	-	-	-	5,3	~~~~	sl
1,6	32,3	0,93	35	713	1,76	0,29	29	-	-	-	10,3	~~~~	sl
1,8	29,4	1,33	22	504	1,94	0,33	-	-	-	1,16	13,6	=====	a
2	12,4	0,87	14	314	1,55	0,34	-	-	-	0,48	29,9	#####	aot
2,2	12,4	0,53	23	204	1,91	0,36	-	-	-	0,48	20,9	=====	a
2,4	7,4	0,47	16	214	1,50	0,37	-	-	-	0,28	44,5	#####	aot
2,6	8,4	0,27	31	214	1,82	0,39	-	-	-	0,32	26,1	=====	al
2,8	9,5	0,40	24	195	1,88	0,41	-	-	-	0,36	24,1	=====	a
3	6,5	0,53	12	185	1,50	0,42	-	-	-	0,24	48,7	#####	aot
3,2	6,5	0,33	20	315	1,73	0,43	-	-	-	0,24	31,3	=====	a
3,4	14,5	0,33	44	225	1,67	0,44	-	-	-	0,56	18,0	~~~~	l
3,6	5,5	0,80	7	225	1,49	0,45	-	-	-	0,20	55,2	#####	aot
3,8	5,7	0,33	17	167	1,49	0,46	-	-	-	0,21	54,2	#####	aot
4	5,7	0,27	21	177	1,68	0,48	-	-	-	0,21	35,0	=====	a
4,2	5,7	0,27	21	197	1,68	0,49	-	-	-	0,21	35,0	=====	a
4,4	6,7	0,33	20	217	1,73	0,51	-	-	-	0,25	30,9	=====	a
4,6	5,7	0,27	21	237	1,68	0,52	-	-	-	0,21	35,0	=====	a
4,8	4,8	0,20	24	258	1,64	0,53	-	-	-	0,17	40,2	=====	a
5	4,8	0,27	18	298	1,48	0,54	-	-	-	0,17	61,9	#####	aot
5,2	8,8	0,53	16	338	1,84	0,56	-	-	-	0,33	25,3	=====	a
5,4	9,8	0,60	16	378	1,89	0,58	-	-	-	0,37	23,7	=====	a
5,6	8,8	0,53	16	428	1,84	0,59	-	-	-	0,33	25,3	=====	a
5,8	9,9	0,60	17	489	1,90	0,61	-	-	-	0,37	23,5	=====	a
6	9,9	0,67	15	509	1,53	0,62	-	-	-	0,37	37,2	#####	aot
6,2	10,9	0,60	18	549	1,90	0,64	-	-	-	0,41	22,3	=====	a
6,4	11,9	0,73	16	609	1,90	0,66	-	-	-	0,45	21,3	=====	a
6,6	11,9	0,60	20	689	1,90	0,68	-	-	-	0,45	21,3	=====	a
6,8	10,0	0,53	19	730	1,90	0,69	-	-	-	0,37	23,3	=====	a
7	10,0	0,80	13	790	1,53	0,70	-	-	-	0,37	36,9	#####	aot
7,2	9,0	0,33	27	810	1,85	0,72	-	-	-	0,33	24,9	=====	al
7,4	5,0	0,27	19	810	1,65	0,73	-	-	-	0,17	38,5	=====	a
7,6	6,0	0,20	30	880	1,70	0,75	-	-	-	0,21	33,2	=====	al
7,8	6,2	0,20	31	952	1,71	0,76	-	-	-	0,22	32,7	=====	al
8	6,2	0,27	23	952	1,71	0,78	-	-	-	0,22	32,7	=====	a
8,2	5,2	0,20	26	982	1,66	0,79	-	-	-	0,18	37,7	=====	a
8,4	4,2	0,20	21	982	1,61	0,80	-	-	-	0,13	45,1	=====	a
8,6	6,2	0,20	31	1002	1,71	0,82	-	-	-	0,21	32,7	=====	al
8,8	6,3	0,20	32	1023	1,72	0,83	-	-	-	0,22	32,2	=====	al
9	6,3	0,20	32	1083	1,72	0,84	-	-	-	0,22	32,2	=====	al
9,2	5,3	0,20	27	1103	1,67	0,86	-	-	-	0,18	36,9	=====	a
9,4	6,3	0,20	32	1183	1,72	0,87	-	-	-	0,22	32,2	=====	al
9,6	5,3	0,27	20	1193	1,67	0,89	-	-	-	0,18	36,9	=====	a
9,8	6,4	0,20	32	1214	1,72	0,90	-	-	-	0,22	31,7	=====	al
10	6,4	0,27	24	1224	1,72	0,91	-	-	-	0,22	31,7	=====	a



GEOSERVIZI S. N. C.  
di Cosco e Spadaro  
Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello(PI)  
Cell. 339-1344492

Prova numero 1  
Committente GEOPIU'  
Località VISIGNANO  
Cantiere  
Data 20/9/16

Profondità massima (m): 10  
Quota falda (m dal p.c.): 1,3



PENETROMETRO STATICO: TG 73 200 KN PAGANI

## INDAGINE SISMICA M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves)

via S.P. 24 – Loc. Visignano, Comune di Cascina (PI)



### RELAZIONE TECNICA

Settembre 2016

**S.I.S. M.A. geo**  
**PROSPEZIONI SISMICHE**  
Studio Associato: via Novelli, 5 - 56124 Pisa  
P. IVA: 01961590500

Dott. S. Buttiglieri

Dott. L. Guido

Studio Associato: Via Novelli, 5 - 56124 Pisa

Tel./Fax: 050/3869727 - cell.: 338/6218809 - 347/6177484 e-mail: [sismageo@libero.it](mailto:sismageo@libero.it) P.VA: 01961590500

## Indice

1 – PREMESSA .....	2
2 - INDAGINE GEOFISICA M.A.S.W.: DESCRIZIONE DEL METODO E DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA .....	3
2.1 – Indagine sismica M.A.S.W.....	3
2.2 - Caratteristiche della strumentazione .....	5
3 - ELABORAZIONE DEI DATI ACQUISITI.....	6
4 - VELOCITÀ Vs30 (D.M. 14/01/2008) .....	8

## 1 – PREMESSA

Su incarico del Dott. Geol. David Daini, in data 20/09/2016 in loc. Visignano nel Comune di Cascina (Pi), è stata eseguita un'indagine geofisica mediante l'esecuzione di un profilo sismico con metodologia M.A.S.W.

Lo scopo dell'indagine è quello di ricostruire, per l'area in oggetto, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità ( $V_s$ -z).

Il modello sismico monodimensionale costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica).

Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni sitospecifiche, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.09.2005; D.M. 14.01.2008).

Nei capitoli successivi verranno descritte le modalità d'esecuzione delle misure sperimentali e l'interpretazione geofisica delle stesse.

Nelle Figg. 1a e 1b seguenti si riporta l'ubicazione della prospezione M.A.S.W. eseguita.

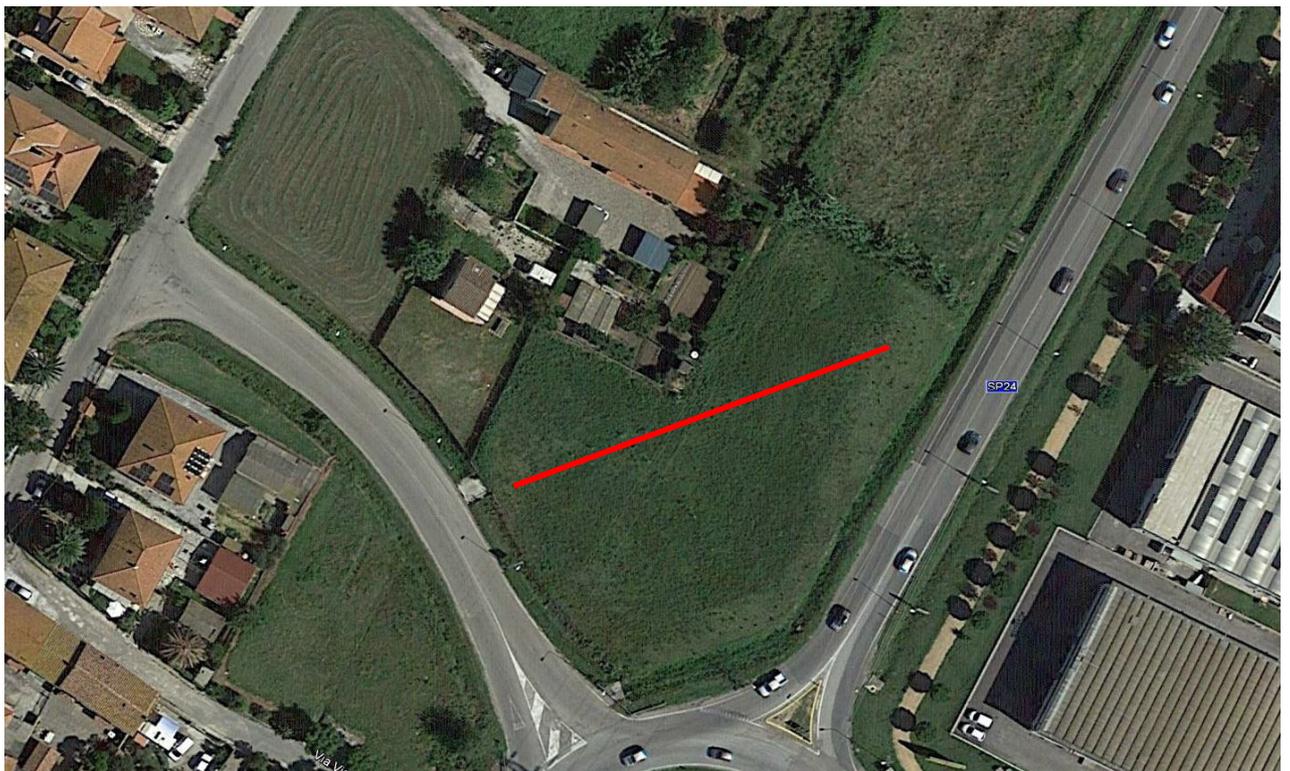


Fig. 1a

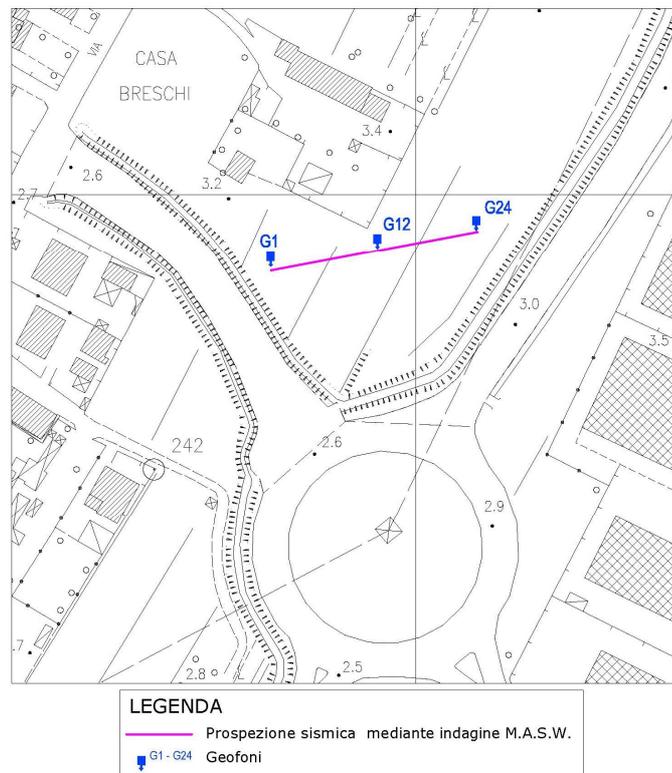


Fig. 1b

## 2 - INDAGINE GEOFISICA M.A.S.W.: DESCRIZIONE DEL METODO E DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

### 2.1 – Indagine sismica M.A.S.W.

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

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

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

Il metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh,

che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980 ) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. Il metodo di indagine M.A.S.W. si distingue in *metodo attivo* e *metodo passivo* (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel *metodo attivo* le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel *metodo passivo* lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5 Hz e 70 Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30-50 m, in funzione della rigidità del suolo.

Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10 Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50 m, in funzione della rigidità del suolo.

In questa indagine faremo riferimento al metodo M.A.S.W. attivo, che consente la classificazione sismica dei suoli in quanto fornisce il profilo di velocità entro i primi 30 m di profondità.

Il metodo M.A.S.W. consiste in tre fasi (Roma, 2002): nella prima fase si calcola la velocità di fase o curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) apparente sperimentale; nella seconda fase si calcola la velocità di fase apparente numerica; nella terza ed ultima fase si individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  degli strati che costituiscono il modello del suolo. Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali, possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due.

Nella procedura manuale si modificano opportunamente gli spessori  $h$  e le velocità delle onde di taglio  $V_s$  assegnando anche il coefficiente di Poisson  $\nu$  fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase sperimentale (o curva di dispersione sperimentale) e la velocità di fase numerica (o curva di dispersione numerica) corrispondente al modello di suolo assegnato.

Nella procedura automatica (Roma, 2002, Roma, 2001, Joh, 1998) la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica. In genere quando l'errore relativo tra curva sperimentale e curva numerica è compresa tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  è possibile procedere al calcolo della velocità equivalente nei primi 30 m di profondità  $V_{s30}$  e quindi individuare la categoria sismica di sottosuolo. A tale proposito si ricorda quanto sia necessario avere a disposizione anche altre informazioni complementari sulla natura e sul comportamento geotecnico del suolo, prima di poter procedere alla classificazione sismica dello stesso.

## 2.2 - Caratteristiche della strumentazione

Il sistema di acquisizione dati è un sismografo marca M.A.E. srl, modello SYSMATRACK (vedi foto seguente), sistema multicanale (12/24 canali) in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 24 bit. Sul pannello frontale trovano posto i due connettori 24 poli per i cavi sismici da 12 canali ciascuno, il connettore per lo starter, l'alimentazione esterna 12V e l'interfaccia USB per collegare il notebook necessario alla gestione della strumentazione. Esso è collegato a ciascuno dei trasduttori di velocità e al trigger e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le vibrazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati. In questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica. Come trigger/starter è stato utilizzato un geofono verticale a 14Hz, posto in prossimità della piastra posizionata alla distanza di 5 m dal primo geofono.

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita secondo un array lineare da 24 geofoni di lunghezza di 57,5 m con spaziatura intergeofonica pari a 2,5 m (vedi foto seguenti).



Stendimento geofoni

Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni da 4.5 Hz, è stato utilizzato un sismografo a 24 bit. Nell'esecuzione della prova M.A.S.W. attiva è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico posto, come prima accennato, ad una distanza di 5 m circa dal primo geofono (Optimum Field Parameters of an M.A.S.W. Survey", Park et al., 2005; Dal Moro, 2008).



Sismografo

Sistema di battitura - Trigger

**Caratteristiche tecniche:**

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risoluzione: 24 bit</li> <li>- Numero canali: 24</li> <li>- Campioni per canale : 20.000</li> <li>- Campionamento : da 80 a 13.500 c/s</li> <li>- Analisi del rumore ambientale pre-acquisizione</li> <li>- Test geofoni automatico</li> <li>- Funzioni Trigger e Pre-Trigger</li> <li>- Filtri settabili da software</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentazione: power box esterno 12V</li> <li>- Valigia in copolimeri di polypropylene</li> <li>- Temperatura di funzionamento da 0 a 60°C</li> <li>- Interfaccia USB su pannello interno</li> <li>- Connettore per cavo sismico 1-12</li> <li>- Connettore per cavo sismico 13-24</li> <li>- Dimensioni: 30 x 22,5 x 13,2 cm.</li> </ul>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Di seguito si riportano alcuni stralci dell'elaborazione.

**3 - ELABORAZIONE DEI DATI ACQUISITI**

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile (KGS format file) per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (winM.A.S.W. PRO).

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocity-frequency (c-f)" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica.

***Elaborazione M.A.S.W.***

L'analisi M.A.S.W., come accennato in precedenza, può essere ricondotta in tre fasi:

- Prima fase: trasformazione delle serie temporali nel dominio frequenza  $f$  - numero d'onda  $K$ ;
- Seconda fase: individuazione delle coppie  $f-k$  cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale) che consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano  $V_{fase}$  (m/sec) - frequenza (Hz) - (Fig. 2).

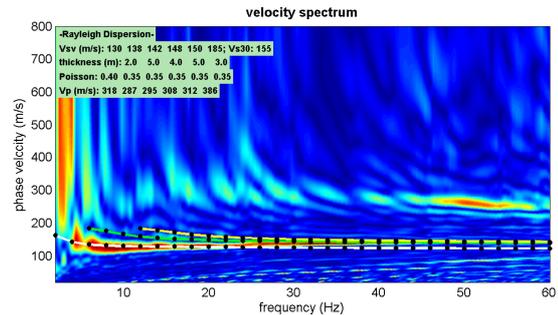
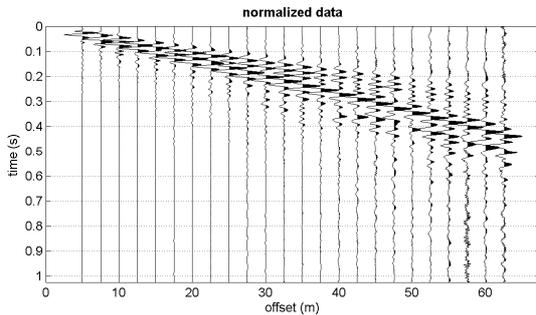
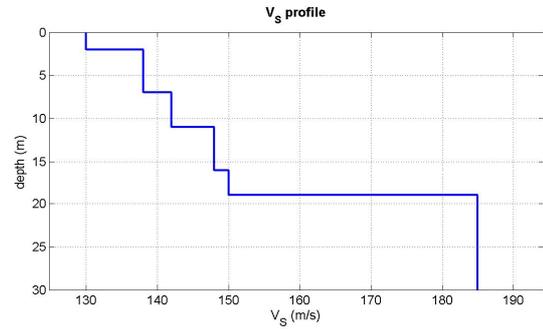


Fig. 2

- Terza fase: calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs (Fig. 3).

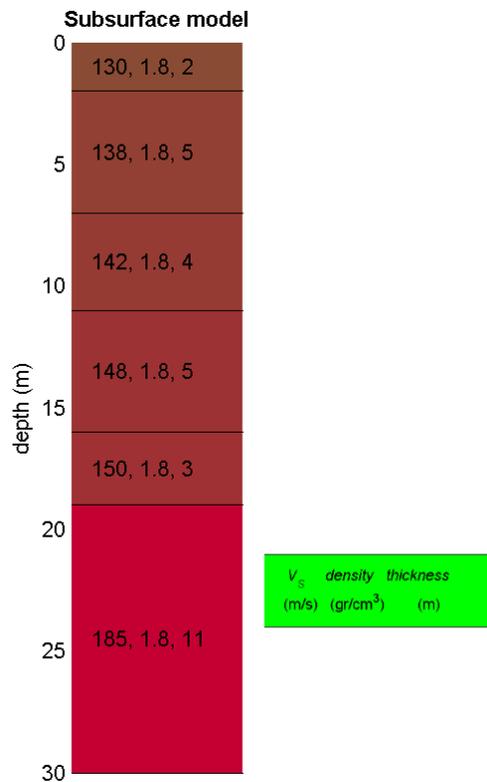


Fig. 3

Nella tabella seguente sono riassunti i principali parametri desunti dall'indagine effettuata.

SISMOSTRATO N.	PROFONDITA' DELLA BASE (m)	SPESSORE DELLO STRATO (m)		Vs (m/sec)		
1	2.0	2.0		130		
2	7.0	5.0		138		
3	11.0	4.0		142		
4	16.0	5.0		148		
5	19.0	3.0		150		
6				185		
MEAN MODEL						
Approximate values for Vp, density, Shear modulus						
Sismostrato n.	1	2	3	4	5	6
Vp (m/s)	318	287	295	308	312	386
Density (gr/cm <sup>3</sup> )	1.78	1.75	1.76	1.77	1.77	1.82
Shear modulus (MPa)	30	33	35	39	40	62

#### 4 - VELOCITÀ Vs30 (D.M. 14/01/2008)

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato nel capitolo precedente è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la "velocità equivalente" di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008), coerentemente con quanto indicato nell'Eurocodice 8, propongono l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del sottosuolo, mediante cinque tipologie di suoli (A - B - C - D - E più altri due speciali: S1 e S2), da individuare attraverso la stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio, ovvero sul numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuti in una prova penetrometrica dinamica, ovvero sulla coesione non drenata media  $C_u$ . Dal punto di vista strettamente normativo si fa riferimento al punto 3.2.2 del D.M. 14/01/2008 (Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche).

In base alle grandezze sopra definite, la normativa identifica le seguenti Categorie di Sottosuolo:

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt, 30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $C_{u, 30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt, 30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 \text{ kPa} < C_{u, 30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)

<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt, 30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fine)
<b>E</b>	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s).
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 \text{ kPa} < Cu_{,30} < 20 \text{ kPa}$ ), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella 3.2.II (NTC) – Categorie di sottosuolo

In base ai risultati dell'indagine sismica eseguita è stato calcolato il parametro  $V_{s30}$  attraverso la seguente formula (D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni"):

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

Il valore medio di  $V_{s30}$  calcolato è di **155 m/sec.**

Tale parametro dovrà inoltre essere accuratamente definito, oltre che sulla base dei dati contenuti nel presente rapporto, sulla scorta di ulteriori informazioni ed in particolare delle caratteristiche geometriche delle opere di fondazione in progetto, così da potere determinare l'effettiva categoria di sottosuolo. Si ricordi inoltre quanto è stato già sottolineato in precedenza riguardo alla necessità di avere a disposizione altre informazioni complementari sulla natura e sul comportamento geotecnico del suolo prima di poter procedere alla classificazione sismica nel caso si sospetti la presenza di suoli di tipo S1 o S2.

Concludendo, si ribadisce che i modelli ottenuti dai risultati geofisici non invasivi, in generale, sono utilizzabili ai fini di valutazioni semiquantitative della risposta sismica locale e devono essere accertati mediante indagini dirette di tipo geologico, geotecnico e/o idrogeologico; infatti, le indagini geofisiche non invasive devono considerarsi conoscitive e non esaustive per la definizione della reale situazione litostratigrafica del sottosuolo. In ragione di ciò, la S.I.S.M.A. geo declina ogni responsabilità relativamente alle attività che si basano esclusivamente sui risultati geofisici e poste in essere dal committente o da terzi incaricati sui luoghi oggetto dell'indagine.

Pisa, settembre 2016

**S.I.S.M.A. geo**  
**PROSPEZIONI SISMICHE**  
 Studio Associato: via Novelli, 5 - 56124 Pisa  
 P. IVA: 01961590500

Dott. S. Buttiglieri  


Dott. L. Guido  
