



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 PISA

PROVINCIA DI PISA

PIANO ATTUATIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UNA U.I. RESIDENZIALE IN AMBITO Q3C
IN VIA CORTE DI GADDO VIA DI VIACCIA
Proprietà: Sig. Lorenzo Pagni

RELAZIONE GEOLOGICA

Luglio 2020



Dott. Geol. Lorenzo Mannella

INDICE

<u>1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</u>	<u>3</u>
<u>2. PREMESSA.....</u>	<u>3</u>
<u>3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E URBANISTICO DEL COMPLESSO EDILIZIO. .</u>	<u>4</u>
<u>4. CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI.....</u>	<u>4</u>
<u>5. CARATTERI IDROGEOLOGICI.....</u>	<u>5</u>
<u>6. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITÀ DELL'AREA.....</u>	<u>5</u>
<u>7. L'AREA DI INTERVENTO NELLO STRUMENTO URBANISTICO VIGENTE.....</u>	<u>11</u>
<u>7.1 Carta della Pericolosità</u>	<u>11</u>
<u>7.2 Carta della Pericolosità sismica locale.....</u>	<u>12</u>
<u>7.3 Carta del tetto delle argille compressibili.....</u>	<u>12</u>
<u>7.4 Carta delle aree allagabili.....</u>	<u>12</u>
<u>7.8 Carta dei Vincoli Sovraordinati.....</u>	<u>12</u>
<u>7.9 Carta della fattibilità geologica.....</u>	<u>12</u>
<u>8. L'AREA DI INTERVENTO NEL PGRA DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE.....</u>	<u>13</u>
<u>9. VALUTAZIONE ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO DEL SOTTOSUOLO LOCALE.....</u>	<u>13</u>
<u>10. VALUTAZIONE DEL RETICOLO IDRAULICO.....</u>	<u>14</u>
<u>11. PERICOLOSITA' E FATTIBILITA' DELL'AREA SOGGETTA A PIANO ATTUATIVO, AI SENSI DEL D.P.G.R. N. 5/R DEL 30/01/2020</u>	<u>14</u>
<u>12. FIGURE E ALLEGATI.....</u>	<u>16</u>

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Decreto ministeriale 17.01.2018: Ministero delle Infrastrutture. Aggiornamento delle 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. 5/R (2020): "Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche."

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.

L.R. 41/2018 Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del D.Lgs. 23 febbraio 2010, n.49 (attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni).

2. PREMESSA

Il presente documento è stato eseguito su incarico del Sig L. Pagni ed è di supporto al *Piano Attuativo per la realizzazione di una U.I. Residenziale in ambito Q3c, del Regolamento Urbanistico del Comune di Pisa*, posto in Via Corte di Gaddo Via di Viaccia, nel Comune di Pisa (fig. 1). In questa sede si è proceduto all'analisi degli aspetti geologici, idraulici e sismici finalizzati a determinare la fattibilità dell'area in esame.

Limitatamente all'area in studio (fig. 1), si è proceduto alla stesura del presente elaborato, ai sensi della normativa vigente, facendo riferimento, a livello di quadro conoscitivo disponibile, agli studi geologici eseguiti a supporto di Piano Strutturale, Regolamento Urbanistico e successive Varianti al R.U. del Comune di Pisa e agli studi effettuati per la realizzazione del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa e del Piano di Gestione Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale.

Nello specifico lo studio è stato realizzato ai sensi del Decreto del Presidente della Giunta Regionale n.5/R del 30 Gennaio 2020 "Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche", del Piano di Gestione Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale, approvato con il D.P.C.M. 27 ottobre 2016,

della D.C.R.T. n.37 del 27 marzo 2015 di approvazione del nuovo Piano di Indirizzo Territoriale (P.I.T.) della Regione Toscana e della D.C.P. n.100 del 27/07/06 di approvazione del nuovo Piano Territoriale di Coordinamento (P.T.C.) della Provincia di Pisa.

In ottemperanza a quanto disposto dalla normativa vigente, sono state verificate le condizioni di pericolosità del sito sulla base delle indicazioni fornite dalla pianificazione comunale e sovraordinata, infine sono stati accertati i requisiti di fattibilità della trasformazione.

In fase di progettazione esecutiva dovranno essere previste indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche conformi alla normativa vigente in materia di interventi edilizi in zone sismiche (D.M. 17/01/2018 e D.P.G.R. 36/R del 09/07/2009), atte ad approfondire le attuali conoscenze geologiche, geotecniche e geofisiche del comparto in oggetto al fine di permettere allo strutturista di effettuare le scelte progettuali più idonee.

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E URBANISTICO DEL COMPLESSO EDILIZIO

Il lotto oggetto del presente studio si trova nel quartiere di Porta a Mare, nell'estremità orientale del centro abitato di Pisa compresa fra il Fiume Arno a Nord, il Canale dei Navicelli a Est e la vecchia linea della tramvia Pisa-Tirrenia a Sud.

Il Piano Attuativo, come detto in precedenza, prevede la realizzazione di una unità immobiliare residenziale, in ambito Q3c "*assetto urbani suscettibili di limitati incrementi del carico insediativo*" del R.U. Del Comune di Pisa.

"Catastalmente l'area è individuata al foglio di mappa n°43 del Comune di Pisa, particella n°67, come seminativo-arboreo, di proprietà del Sig. L. Pagni.

4. CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

La superficie oggetto della presente indagine è ubicata nella zona residenziale compresa fra Livornese a Nord, Via Corte di Gaddo a Est e la vecchia linea della della tramvia Pisa-Tirrenia a Sud, alla quota altimetrica media di circa 2.15 m s.l.m. (fonte Regione Toscana – SITA: Cartoteca), a distanza di circa 300 m dal Fiume Arno che defluisce a Nord, da nord-Est a Sud-Ovest con andamento lineare.

La Carta geologica del CARG, sezione 273050-Pisa (raffigurata in fig. 2), riporta l'area in studio nelle strutture antropiche che impediscono l'osservazione degli elementi geologici o che hanno profondamente modificato le caratteristiche del terreno.

Nelle immediate vicinanze della zona di interesse sono presenti i seguenti litotipi:

b (Olocene): depositi alluvionali attuali costituiti da sabbie e limi:

questi depositi in prevalenza sabbiosi e limosi o argillosi e limosi sono distribuiti nella maggior parte della Pianura di Pisa e nelle valli che vi confluiscono. Risalgono all'Olocene essendo più o meno tutti collegati al sovralluvionamento che si è sviluppato in questa pianura man mano che il livello del mare è risalito durante la deglaciazione postwurmiana ed è aumentato lo sbarramento a mare ad opera del sistema dei lidi del delta dell'Arno.

5. CARATTERI IDROGEOLOGICI

Il primo orizzonte acquifero freatico sede di una circolazione idrica superficiale dovuta all'infiltrazione diretta delle acque meteoriche ed alla ricarica di sub-alveo di fossi, canali e dell'Arno, è costituito dai livelli limo-sabbiosi permeabili presenti nei primi metri dal p.c..

La permeabilità di questo acquifero è estremamente variabile per le caratteristiche granulometriche dei vari livelli che formano il complesso dei limi superficiali (riconducibili ad episodi esondativi dell'Arno).

In genere questo acquifero quando presente viene sfruttato da pozzi di grande diametro (pozzi a sterro) profondi al massimo una decina di metri.

L'assetto idrogeologico profondo è stato ricostruito mediante i dati di pozzi per acqua presenti nei dintorni dell'area di intervento.

L'acquifero confinato profondo è costituito da una prima falda confinata presente in orizzonti acquiferi a profondità variabili fra 40.0 e 125.0 m dal p.c.

Un livello argilloso-limoso spesso circa 15.0 m dotato di continuità laterale separa la prima falda confinata dalle falde confinate più profonde.

Il complesso degli orizzonti acquiferi profondi può essere ricondotto ad un'unica falda acquifera, falda multistrato, costituita da orizzonti sabbioso-ghiaiosi presenti fino ad una profondità di 250.0-260.0 m dal p.c., interessati da estese continuità idrauliche laterali e verticali.

Da prove di portata eseguite su questo acquifero sono stati ricavati i parametri idrodinamici medi dell'acquifero, in particolare il coefficiente di permeabilità ($k = 1.35 \times 10^{-4}$ m/sec) e di trasmissività ($T = 5 \times 10^{-3}$ mq/sec).

Un potente orizzonte argilloso-limoso praticamente impermeabile, spesso circa 40.0 m, costituisce l'aquiclude superiore dell'acquifero profondo che è quindi adeguatamente isolato dal complesso dei limi superiori dell'Arno (che ospitano la prima falda acquifera freatica).

I limi e le argille dell'aquiclude sono caratterizzati da un grado di permeabilità variabile da basso a bassissimo con coefficiente di permeabilità k inferiore a $10^{-6} - 10^{-7}$ m/sec.

6. 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 Pisa 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 Pisa aveva un indice di rischio di 0.0043, con intensità massima osservata (MCS) di 7.

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 Pisa 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	≤ 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 Pisa 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 Pisa 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 di indagini geognostiche e geofisiche, in nostro possesso e provenienti dal database della Regione Toscana, eseguite nei dintorni della zona in esame, nello stesso contesto geologico, è stato attribuito al sito in oggetto la categoria di sottosuolo D, come da indagine sismica allegata.

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P _{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V _R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti 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, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 360 m/s e 800m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

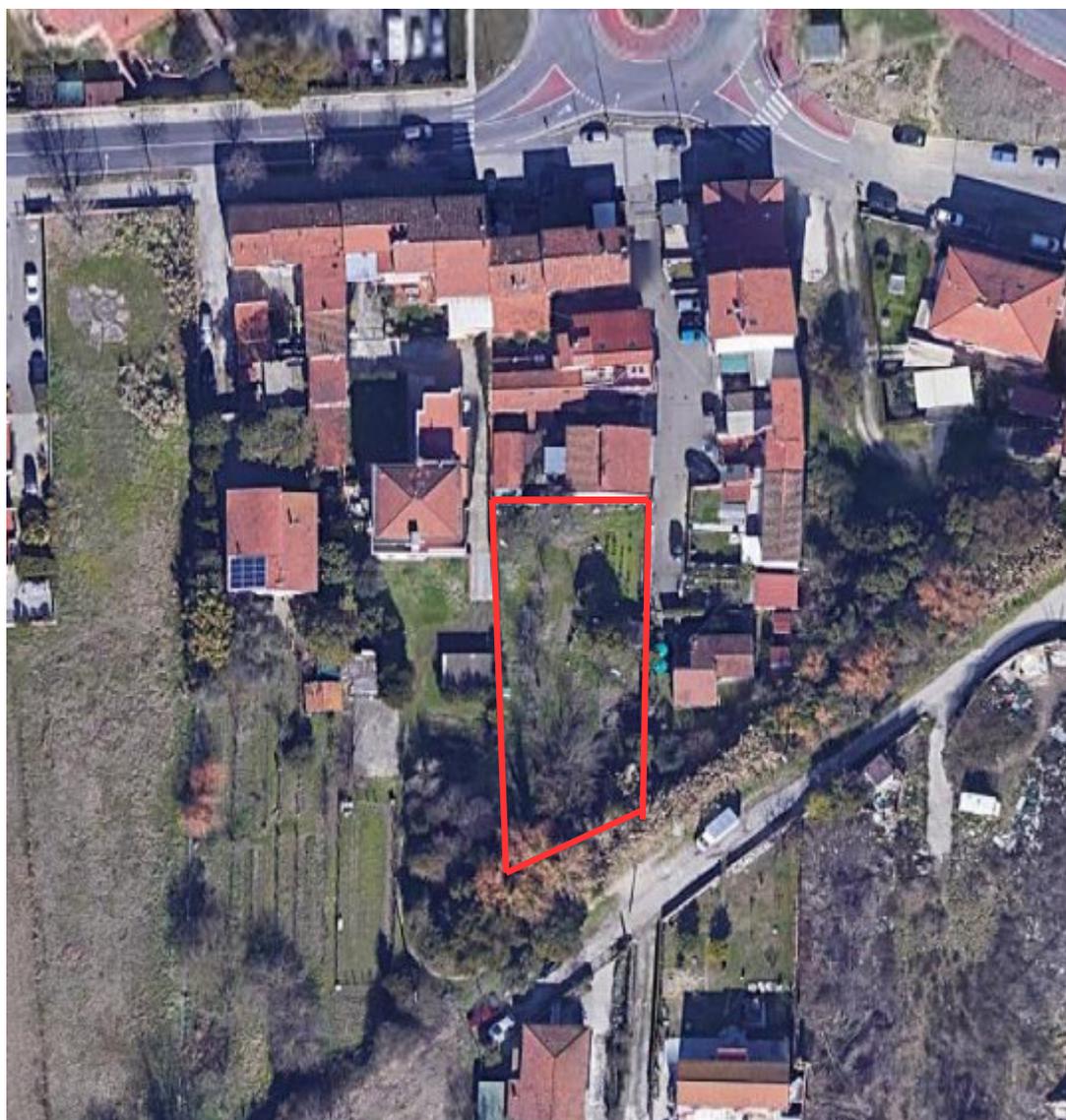
Tabella 3.2.III – Categorie topografiche

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

Tabella 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

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

Ubicazione area d'intervento

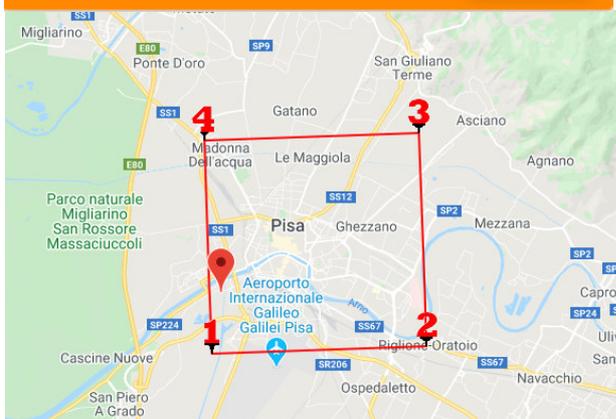


La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (v. tabella 1 nell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

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.

WGS84: Lat 43.706943 - Lng 10.380304



Stati limite



Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...



Vita Nominale

50



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.038	2.573	0.219
Danno (SLD)	50	0.047	2.546	0.249
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.118	2.396	0.279
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.152	2.376	0.282
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: stabilità dei pendii – fondazioni

Sito in esame

Latitudine WGS84: 43.706943

Longitudine WGS84: 10.380304

Classe d'uso: II

Vita nominale: 50

Categoria di sottosuolo: D

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1.0 (coefficiente d'uso).

Coefficienti sismici



Tipo

Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m)

us (m)



1



0.1



Cat. Sottosuolo

D



Cat. Topografica

T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,80	1,80	1,80	1,80
CC Coeff. funz categoria	2,67	2,50	2,37	2,35
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]



0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.014	0.017	0.051	0.066
kv	0.007	0.008	0.025	0.033
Amax [m/s ²]	0.671	0.832	2.083	2.692
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

7. L'AREA DI INTERVENTO NELLO STRUMENTO URBANISTICO VIGENTE

Il Piano Regolatore Generale del Comune di Pisa, costituito da Piano Strutturale e Regolamento Urbanistico, è supportato dalle indagini geologico-tecniche.

Tali indagini sono state realizzate in sede di formazione del Piano Strutturale (1998), in ottemperanza a quanto prescritto dalla Legge Regionale n°21 del 10/04/1984, dalle Direttive approvate con la D.C.R. n° 94 del 12/02/1985 (al punto 3) e dall'Art. 7 della D.C.R. 230/1994; le indagini sono state condotte attraverso l'esame delle problematiche geologiche, litotecniche, idrogeologiche ed idrauliche che concorrono alla valutazione del grado di pericolosità del territorio comunale. I risultati di tali indagini contribuiscono alla definizione delle componenti del quadro conoscitivo di cui all'Art. 24, comma 2°, della L.R. 5/95 e costituiscono il presupposto necessario per verificare la sostenibilità delle azioni di trasformazione del territorio.

Nel 2001 è stato realizzato il Regolamento Urbanistico del Comune di Pisa.

Inoltre nel febbraio 2018 è stato eseguito dal Geol. M.Redini (Direzione Ambiente Comune di Pisa), con la supervisione del Geol. C.Meletti (INGV Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia) lo Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1.

L'analisi del quadro conoscitivo disponibile, costituito da P.T.C. della Provincia di Pisa, dal PGRA del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale e dal P.R.G. del Comune di Pisa, rappresenta il punto di partenza per lo studio condotto in questa sede.

7.1 Carta della Pericolosità

Nell'ambito delle indagini geologico-tecniche di supporto al P.S. del Comune di Pisa è stata realizzata la carta della pericolosità; essa rappresenta il lavoro di sintesi di tutti gli studi geologici, litotecniche e idrogeologici realizzati per la redazione del Piano Strutturale. E' stata redatta sulla base di quanto disposto dall'art. 3 della D.C.R. n. 94 del 12/02/1985, integrata per gli aspetti relativi al rischio idraulico, da quanto indicato nell'art. 7 della D.C.R. n. 230 del 21/06/94 e tiene anche conto del lavoro effettuato dalla Provincia di Pisa per la redazione del PTC.

Per la valutazione delle classi di pericolosità sono stati presi in considerazione essenzialmente due parametri principali: il rischio di inondazione e di ristagno delle acque e la profondità, rispetto alla superficie, del tetto delle argille plastiche compressibili, che rappresentano la causa di possibili fenomeni di cedimento e cedimento differenziale. La pericolosità della zona in oggetto viene definita dalla tavola della pericolosità contenuta nel P.S. del Comune di Pisa e redatta sulla base di quanto disposto dall'art. 3 della DCR 94/85, integrata per gli aspetti relativi al rischio idraulico da quanto indicato nell'art. 7 della DCR 230/94.

Dal suo esame l'area interessata dall'intervento in progetto risulta inserita nella classe 3 a pericolosità media, comprendente:

-aree in cui sono assenti fenomeni attivi;

-sono protette da opere idrauliche;

-esistono notizie storiche di esondazioni dell'Arno;

-sono poste a quote inferiori a 2 ml., misurate dal piede esterno dell'argine del corso d'acqua corrispondente;

-questa classe viene a sua volta suddivisa in 3 sottoclassi; in particolare l'area in oggetto rientra nella:

-sottoclasse 3a a pericolosità medio-bassa: zone in cui il tetto delle argille compressibili è posto a profondità maggiori di 2 m dal p.c (fig. 3).

7.2 Carta della Pericolosità sismica locale

La carta della pericolosità sismica locale (fig. 4) redatta all'interno dello studio di Microzonazione Sismica di Livello 1, effettuata dal Geol. M. Redini (Direzione Ambiente Comune di Pisa), con la supervisione del Geol. C. Meletti (INGV Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia), attribuisce all'area di interesse la classe di pericolosità sismica S3 a pericolosità sismica elevata.

7.3 Carta del tetto delle argille compressibili

La carta della profondità del tetto delle argille compressibili (fig. 5) evidenzia come l'area di interesse sia posizionata nei pressi della isopaca 6 dei terreni argilloso-limosi superficiali pre-consolidati con intercalazioni di lenti sabbiose. Al di sotto di tale spessore vengono segnalate le argille grigio-azzurre plastiche. La distinzione fra i terreni prevalentemente argilloso-limosi e le argille grigio - azzurre, oltre che dal colore, è segnata dall'improvvisa diminuzione dei valori di resistenza alla punta, della coesione e dall'aumento rilevante dei coefficienti di compressibilità volumetrica, forniti sia dai dati delle prove penetrometriche statiche che dalle prove di laboratorio su campioni indisturbati.

7.4 Carta delle aree allagabili

La zona oggetto del presente studio non rientra in nessuna delle aree soggette a frequenti esondazioni, episodi di tracimazione o ristagno per difficoltoso drenaggio.

7.8 Carta dei Vincoli Sovraordinati

La carta dei Vincoli Sovraordinati (fig. 6), estratta da Geoscopio Regione Toscana, mostra come il comparto oggetto del presente studio sia interessato da vincolo paesaggistico e parzialmente dalla ex tramvia Pisa Tirrenia, inoltre rientra nella zona di danno 3 – attenzione: raggio di 500 m, per quanto riguarda industria a incidente rilevante.

7.9 Carta della fattibilità geologica

Dall'esame della carta della fattibilità geologica redatta nell'ambito del R.U., è possibile notare come l'area in oggetto rientri nella classe di fattibilità 2 (fattibilità geologica massima attribuita all'intervento di maggior rilievo) fattibilità con normali vincoli da precisare in sede di progetto (fig. 7): equivale a livelli di rischio *basso*. Non sono richieste indagini di dettaglio a livello di area complessiva. Il progetto deve basarsi su di un'apposita indagine geotecnica-idraulica mirata alla soluzione dei problemi evidenziati dal Piano Strutturale del Comune di Pisa. La relazione geologica e la relazione geotecnica-idraulica possono formare un unico elaborato nel quale la ricostruzione geologica del sito e la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo debbono essere reciprocamente coerenti: la relazione geotecnica-idraulica deve fare esplicito riferimento alla relazione geologica e viceversa.

8. L'AREA DI INTERVENTO NEL PGRA DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE

Il sito di interesse rientra sotto la competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, pertanto è soggetto alla Disciplina di Piano del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni.

Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni è stato approvato con il D.P.C.M. 27 ottobre 2016.

Dalla visione della mappa di pericolosità per alluvioni fluviali, redatta all'interno del Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto Appennino Settentrionale, si evince come la maggior parte dell'area in oggetto risulti interna alla classe di pericolosità P.1 a pericolosità da alluvioni fluviali bassa (fig. 8), mentre la limitata porzione Sud-Est del lotto ricade in classe di pericolosità da alluvioni fluviali P.2 a pericolosità media.

La sovrapposizione della suddetta carta, con l'intervento di progetto (fig.8) evidenzia come la porzione edificata interesserà esclusivamente l'area soggetta a pericolosità P.1 da alluvioni fluviali bassa.

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.

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.

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.

9. VALUTAZIONE ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO DEL SOTTOSUOLO LOCALE

La diretta osservazione dei terreni affioranti eseguita durante il rilevamento geologico dell'area e le ricostruzioni lito-stratigrafiche derivate dalle prove geognostiche analizzate, realizzate nell'ambito di precedenti studi condotti nei pressi dell'area, hanno consentito il raggiungimento di una sufficiente definizione del quadro litologico e stratigrafico del sottosuolo in esame.

La stratigrafia tipo risulta essere costituita da un terreno vegetale, colluviale o di riporto entro 0.60-0.80 m dal p.c.. Al di sotto sono presenti terreni argillosi fino a -1.6 m da p.c. (Unità A).

Tra circa -1.6 e -4.0 m da p.c. sono presenti ancora terreni di natura coesiva (Unità B). Tra circa -4.0 e -10.0 m da p.c. sono presenti terreni di natura coesiva (Unità C), con caratteristiche geotecniche piuttosto scadenti.

Sulla scorta delle indagini esminate e delle informazioni acquisite si riportano di seguito i principali parametri geotecnici attribuiti alle formazioni rilevate:

Parametri geotecnici medi				
Unità	Peso volume γ (Kg/dmc)	Angolo attrito	Coesione (Cu Kg/cm ^q)	Coeff. Compressibilità volumetrico (cm ^q /t)
Unità A	1.60	-	0.25	35.1
Unità B	1.70	-	0.32	32
Unità E	1.50	-	0.17	55

10. VALUTAZIONE DEL RETICOLO IDRAULICO

Il Fiume Arno, corso d'acqua principale presente all'interno del territorio comunale, defluisce con andamento lineare 300 m a Nord della zona in oggetto. Attraversa il territorio comunale trasversalmente da Est verso Ovest, per una lunghezza di circa 16 Km. Vi entra all'altezza del meandro di Cisanello e, dopo avere attraversato la zona golenale della Cella, percorre il tratto urbano di Pisa, proseguendo verso la foce con un andamento rettilineo secondo la direzione NE-SW, per poi girare e disporsi E-W circa 3.5 Km prima dello sbocco in mare.

Il punto in cui il fiume Arno, peraltro pensile fino a valle di "La Vettola", scorre a minor distanza rispetto alla zona indagata, risulta essere in prossimità dell'Incile d'Arno, circa 300 metri a Nord.

La fascia golenale è quasi totalmente assente nel tratto fra il Ponte della Ferrovia e il Ponte dell'Aurelia, mentre comincia ad allargarsi superato il Ponte dell'Aurelia, estendendosi fino a circa 70 m sul lato sinistro e oltre i 100 m sul lato destro del fiume.

Le quote degli argini si mantengono sempre più elevate sul lato destro del fiume, dove variano tra 6 e 8 metri s.l.m., mentre sul lato sinistro del fiume (zona di "La Vettola") le quote delle sommità arginali risultano inferiori di circa 1 m rispetto a quelle dell'argine destro. Sulla golena sinistra sono presenti edifici.

L'unico apporto di acque che riceve l'Arno nell'ambito del territorio comunale è quello del "Canale Demaniale di Ripafratta", il quale deriva le acque del Serchio e le fa confluire nell'Arno subito a monte del Ponte della Fortezza. In questo punto è presente un sistema di cateratte che vengono chiuse quando l'Arno è in piena.

Gli studi idraulici disponibili hanno evidenziato che il sito in esame non risulta esposto a particolari situazioni di rischio idraulico legati ad eventi alluvionali dell'Arno.

L'altro elemento idrografico degno di nota presente nei pressi dell'area investigata è il Canale dei Navicelli, che scorre circa 80 m a Est.

Il Canale dei Navicelli è un corso d'acqua artificiale che misura 17 km di lunghezza, 33 mt. di larghezza e 3 mt. di profondità; è affluente di destra del Canale Scolmatore in cui confluisce poco prima dello sbocco in mare, a Calambrone. Viene utilizzato dai cantieri navali, situati sulle sue sponde, per l'uscita in mare delle imbarcazioni prodotte e per l'entrata delle imbarcazioni che necessitano di opere di manutenzione e refitting.

Nella zona in oggetto non si hanno notizie di fenomeni di ristagno. Una conferma di quanto appena detto viene dalla carta delle aree allagabili del Piano Strutturale del Comune di Pisa, la quale pone la zona d'intervento al di fuori delle aree soggette a ristagno per difficoltoso drenaggio delle acque in caso di eventi piovosi intensi.

11. PERICOLOSITA' E FATTIBILITA' DELL'AREA SOGGETTA A PIANO ATTUATIVO, AI SENSI DEL D.P.G.R. N. 5/R DEL 30/01/2020

In questa sede si è proceduto a riformulare le valutazioni di pericolosità ai sensi del D.P.G.R. 5R/2020 (fig. 9), sulla base dell'esame degli elementi geologici e delle indagini esaminate, eseguite nelle vicinanze dell'area in studio.

Per quanto riguarda la pericolosità, si ha:

-pericolosità geologica: sulla base dei risultati delle indagini geognostiche eseguite nelle immediate vicinanze della zona di interesse, che hanno individuato sedimenti di natura coesiva i cui caratteri geotecnici peggiorano con la profondità, per l'area in esame si assegna la classe di

pericolosità geologica **G2**, a pericolosità media: *aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici inattivi; aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori a 15 gradi.*

-pericolosità idraulica: il PGRA dell'Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Settentrionale, ha evidenziato come l'area in esame sia pressoché completamente in classe di pericolosità da alluvioni fluviali bassa P1, ad eccezione di un piccolo lembo del lotto che ricade in classe di pericolosità da alluvioni media P2; la sovrapposizione della pericolosità con l'intervento di progetto (fig.8) evidenzia come la porzione edificata interesserà esclusivamente l'area soggetta a pericolosità P.1 bassa. Il sito in esame non risulta esposto a particolari situazioni di rischio idraulico legati ad eventi alluvionali dell'Arno.

In riferimento a quanto sopra riportato, si definisce, per la porzione interessata dal futuro edificio, una pericolosità idraulica bassa (**P1**):

Aree a pericolosità da alluvioni rare o di estrema intensità (P1), come classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del d.lgs.49/2010.

-pericolosità sismica locale: si tratta di un'ulteriore valutazione di pericolosità introdotta dal D.P.G.R. 26/R/07 ed individua qualitativamente gli elementi in grado di generare i fenomeni di amplificazione locale ed instabilità dinamica.

Sulla base di quanto sopra esposto, della normativa vigente e dall'analisi e valutazione delle conoscenze relative agli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e litotecnici desunti dal quadro conoscitivo, nonché dallo Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 e dalle indagini geognostiche e geofisiche eseguite nelle vicinanze della zona di interesse, per l'area soggetta a *Piano Attuativo*, si attribuisce una classe di pericolosità sismica locale elevata (**S3**):

-aree con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti rilevanti;

-aree potenzialmente suscettibili di liquefazione dinamica, caratterizzate da terreni per i quali, sulla base delle informazioni disponibili, non è possibile escludere a priori il rischio di liquefazione;

-zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse;

-zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, connesse con un alto contrasto di impedenza sismica atteso entro alcune decine di metri dal piano di campagna;

-zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione (F_x) > 1.4;

-aree interessate da instabilità di versante quiescente, relative aree di evoluzione, nonché aree potenzialmente franose, di seguito, denominate "APF", e, come tali, suscettibili di riattivazione del movimento in occasione di eventi sismici.

Le condizioni di fattibilità delle trasformazioni sono state quindi ridefinite in funzione degli elementi di pericolosità e di criticità emerse nell'applicazione del D.P.G.R. 5R/2020.

Nella fig. 9 sono riassunte le classi di fattibilità per l'area in oggetto:

-fattibilità in relazione agli aspetti geologici: in riferimento alle indagini geognostiche esaminate, che hanno mostrato la presenza di sedimenti di natura coesiva, i cui caratteri geotecnici peggiorano con la profondità, si ha per la zona investigata la classe di fattibilità geologica **F2**, riferita all'area a pericolosità geologica media G2:

Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità geologica media le condizioni di attuazione sono indicate in funzione delle specifiche indagini da eseguirsi a livello edificatorio al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area.

-fattibilità in relazione agli aspetti idraulici: il ha evidenziato che il sito in esame non risulta esposto a particolari situazioni di rischio idraulico legati ad eventi alluvionali dell'Arno.

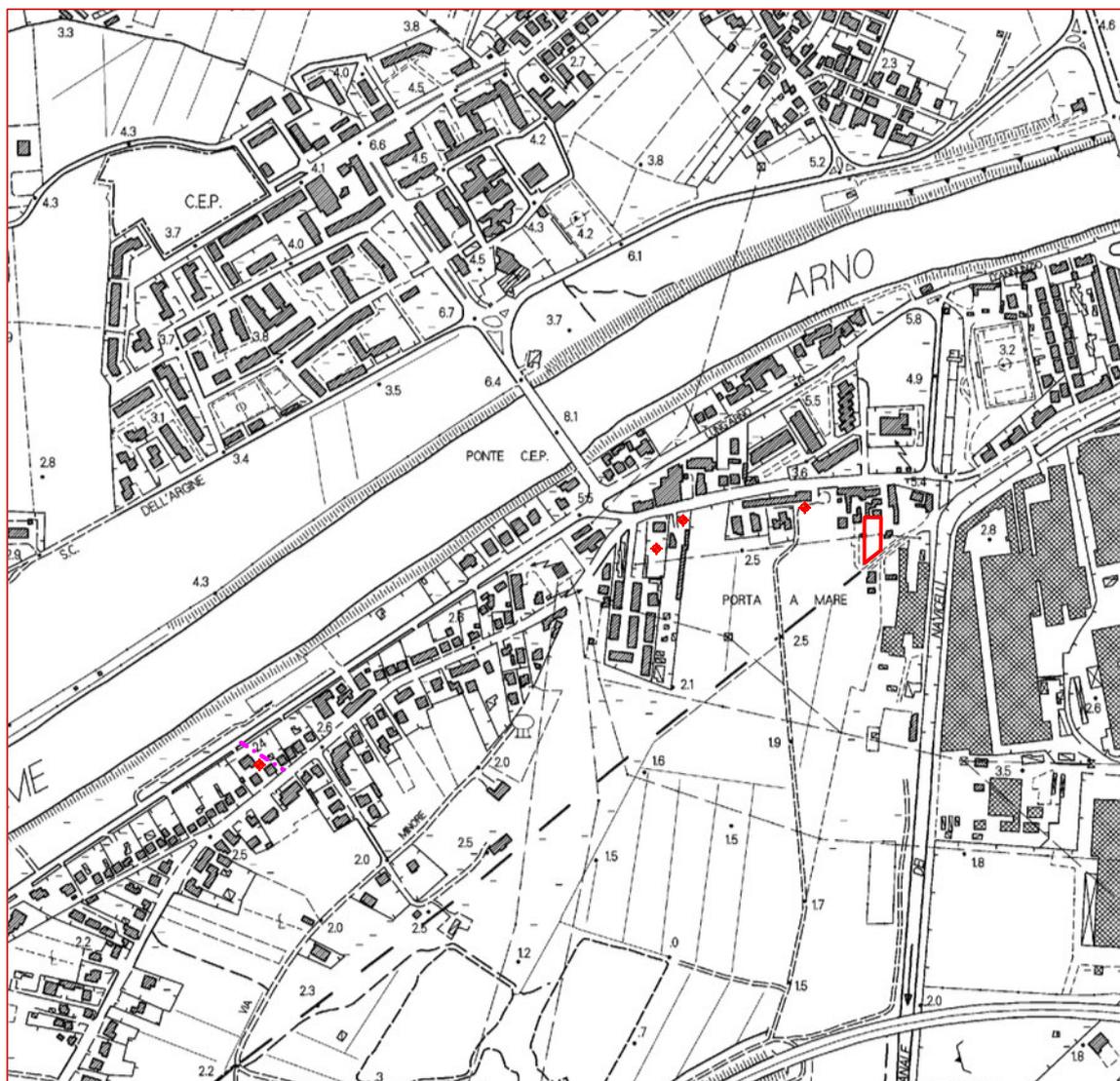
Alla luce di ciò al comparto di interesse, anche in relazione alla posizione effettiva del futuro edificio che rientra interamente nella classe di pericolosità P1 bassa, come definita dal

PGRA dell'Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Settentrionale, si assegna una classe di fattibilità **(F2)**.

Tuttavia, in considerazione della possibilità di eventuali situazioni critiche causate da deficit temporanei del reticolo idraulico locale o della rete fognaria, si consigliano rialzamenti del solaio di calpestio del piano terra di almeno 30 cm rispetto alla quota del marciapiede stradale (o in alternativa un altro piano di riferimento a quota più elevata individuato dal rilievo topografico).

-fattibilità in relazione agli aspetti sismici: in virtù della pericolosità sismica locale S3 e delle indagini geofisiche esaminate, si assegna una classe di fattibilità **(F3)**; in fase esecutiva dovranno essere eseguite indagini geofisiche e geotecniche in conformità alla normativa vigente in materia di costruzioni in zone sismiche (D.M. 17/01/2018 e D.P.G.R. 36/R del 09/07/2009), che definiscano spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica dei terreni tra alluvioni e bedrock sismico.

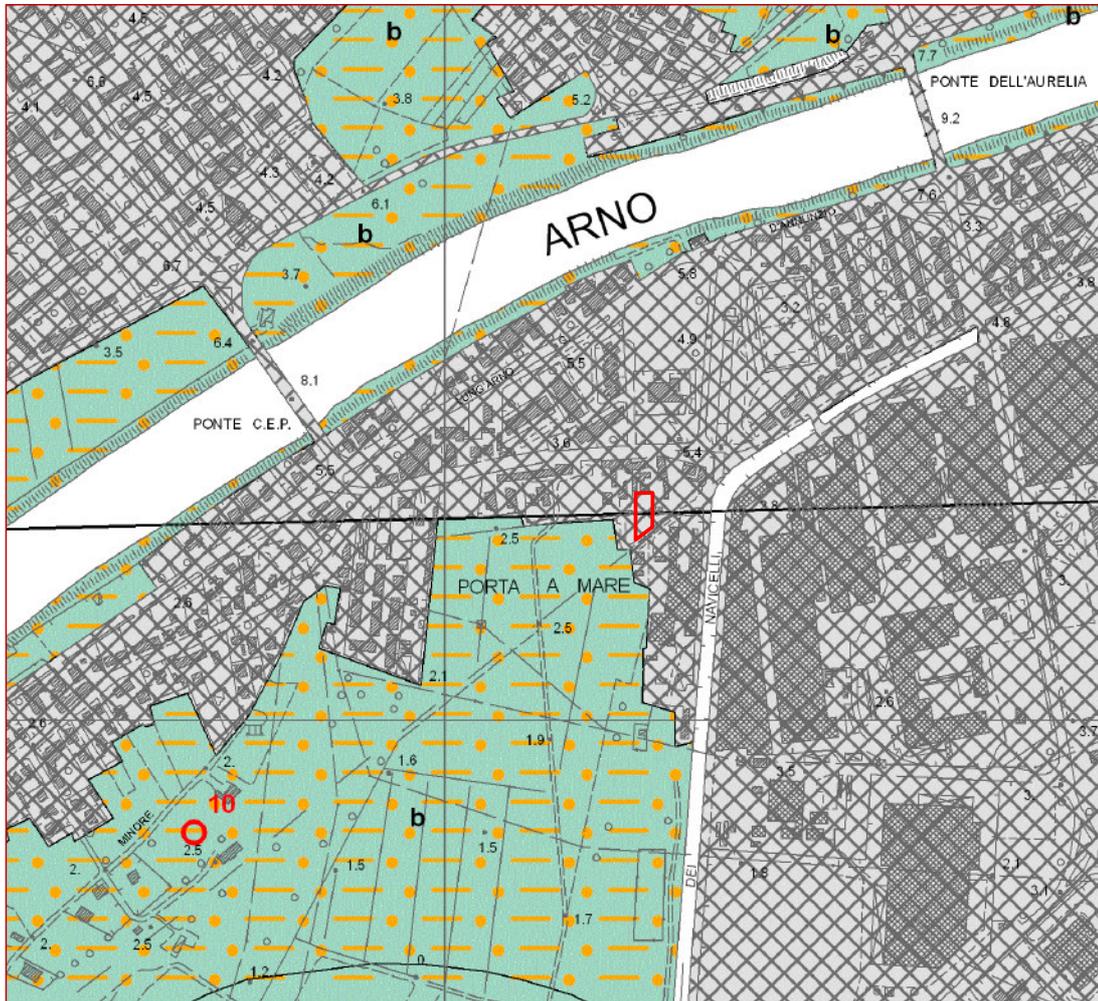
12. FIGURE E ALLEGATI



LEGENDA

-  Area oggetto di piano attuativo
-  Pozzo
-  Prove penetrometriche statiche disponibili analizzate
-  Indagine MASW

Fig. 1 Indagini geognostiche e sismiche disponibili analizzate e ubicazione area di intervento



LEGENDA

FORME E STRUTTURE ANTROPICHE



Struttura antropica che impedisce l'osservazione degli elementi geologici o che ha profondamente modificato le caratteristiche del terreno.
(Vasta area urbanizzata)

DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI



Depositi alluvionali attuali - Sabbie e limi - b



Depositi alluvionali attuali- Limi e argille prevalenti - b



Area oggetto di piano attuativo

CARTA GEOLOGICA DELLA TOSCANA

1:10.000

Sezione 273050 - PISA



D.G.P.T.A.
Servizio Geologico
Regionale



Università di Pisa
Dipartimento di Scienze della Terra
via Santa Maria 53 - 56126 Pisa

Coordinatori scientifici:
Prof. Rodolfo Carosi*
Prof. Piero Carlo Pertusati*

Edizione Agosto 2006

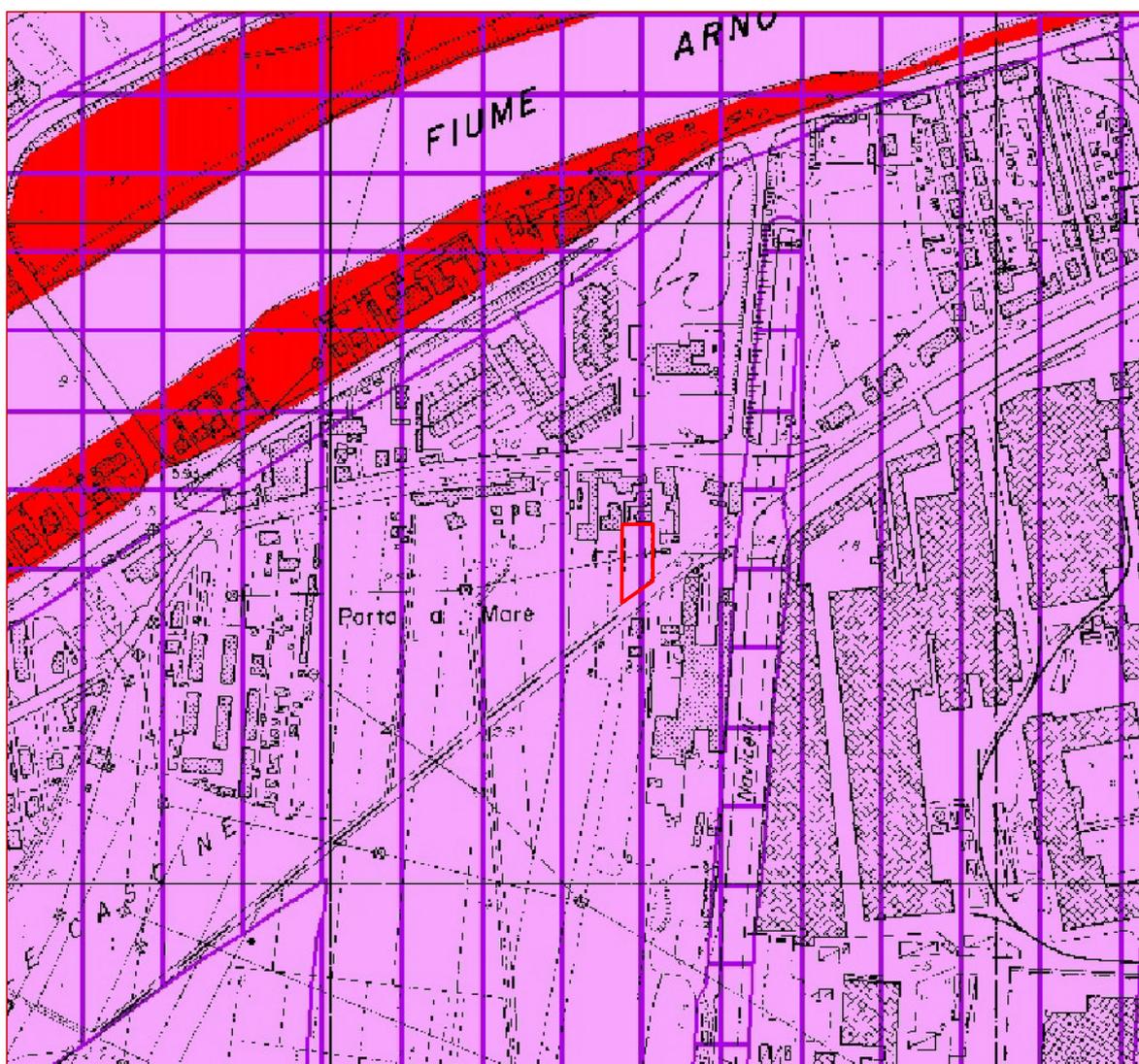
Direzione del rilevamento:
Dott.ssa Chiara Montomoli*

Rilevatori:
Dott. Andrea Ciampalini*

Informatizzazione, Banca Dati e Allestimento Cartografico:
Dott. Andrea Ciampalini*
Supervisione Dott. Geol. Eugenio Trumpy**

* Dipartimento di Scienze della Terra - Università di Pisa
** Consulente DST

Fig. 2 Carta Geologica (da CARG)



LEGENDA

- 
Classe 3a - PERICOLOSITÀ MEDIO-BASSA: zone in cui il tetto delle argille compressibili è posto a profondità maggiori di 2 m. dal p.c..

- 
Ambito B - Aree poste a quote altimetriche inferiori a 2 m. rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza il ciglio di sponda. Il suo limite misurato perpendicolarmente dall'asse del corso d'acqua non supera la distanza massima di 300 ml dal piede esterno dell'argine o dal ciglio di sponda. (D.C.R. 230/94 art. 5 comma 1).
 Nelle fasce di territorio inserite in ambito B le classi di pericolosità sono state assegnate in maniera indipendente dalla presenza dell'ambito, applicando quindi sia la 94/85 che la 230/94, il tutto in continuità sostanziale con le zone immediatamente esterne all'ambito.



Area oggetto di piano attuativo



COMUNE DI PISA

PIANO STRUTTURALE

(Approvato con deliberazione del Consiglio Comunale N°103 del 2 ottobre 1998)

Elaborato quadro conoscitivo **B.2.2**

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ

Scala 1:20.000

Fig. 3 Carta pericolosità geologica e ubicazione area d'intervento

estratta da P.S. del Comune di Pisa

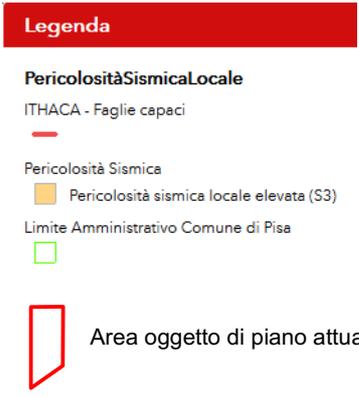
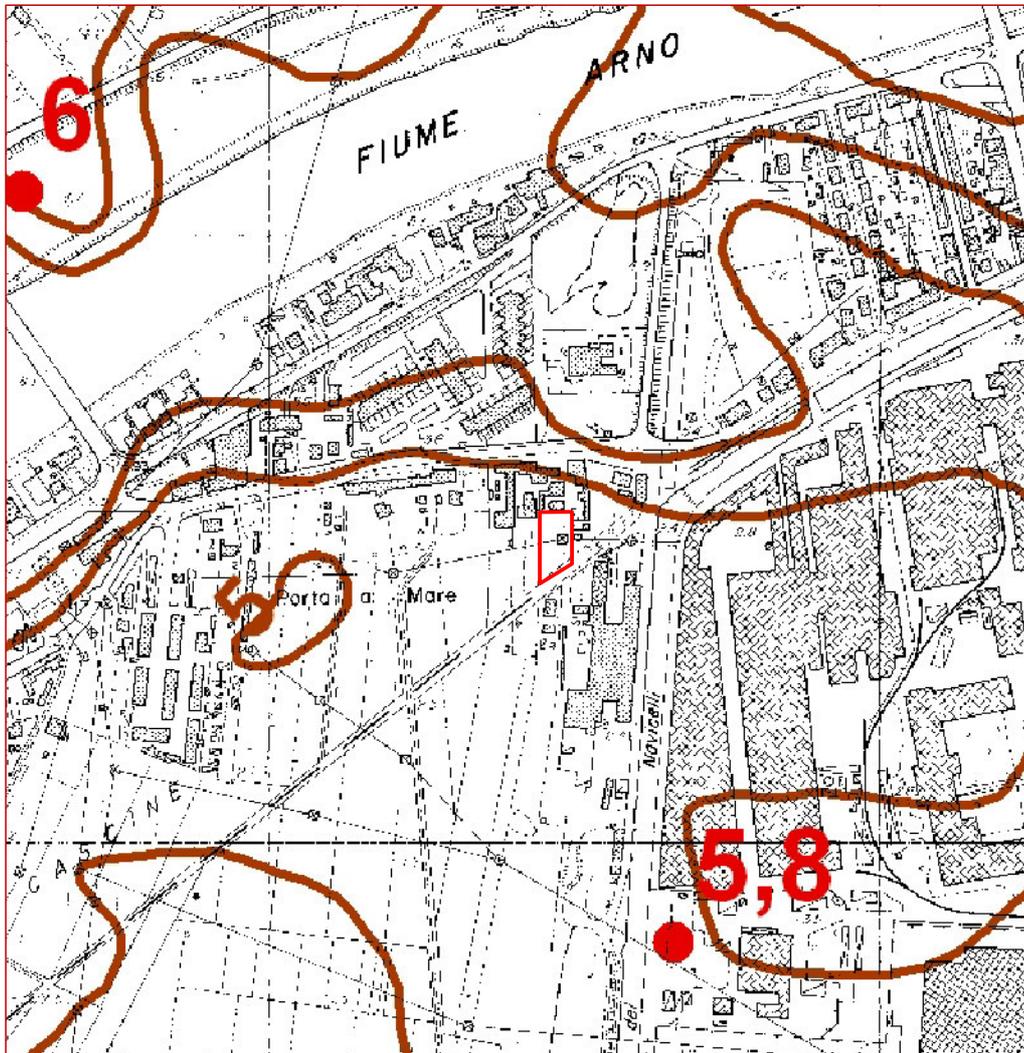


Fig. 4 Carta della pericolosità sismica locale e ubicazione comparto interessato

Da Studio di Microzonazione sismica di Livello 1 del Comune di Pisa



LEGENDA

- Isopache dei terreni argilloso-limosi superficiali preconsolidati con intercalazioni di lenti sabbiose
- Punti di controllo con indicazione della profondità del tetto delle argille compressibili (metri dal p.c.)
- Aree di affioramento o sub affioramento delle argille plastiche compressibili
- ▭ Area oggetto di piano attuativo



COMUNE DI PISA

PIANO STRUTTURALE
(Approvato con deliberazione del Consiglio Comunale N°103 del 2 ottobre 1998)

Elaborato quadro conoscitivo **B.2.2**
CARTA DELLA PROFONDITA' DEL TETTO DELLE
ARGILLE COMPRESSIBILI
Scala 1:20.000

Fig. 5 Carta della profondità del tetto delle argille compressibili e ubicazione area d'intervento.
estratta da P.S. del Comune di Pisa



LEGENDA VINCOLI SOVRAORDINATI - VINCOLI CONFORMATIVI

- Casa Circondariale
- Parco antenne Tirrenia
- ZONA PORTUALE INTERNA
- ex tramvia PISA-TIRRENA - Invariante PS

Industria a incidente rilevante

zona di danno

- Zona 1 - IMPATTO: interna allo stabilimento
- Zona 2 - DANNO: raggio 100 m
- Zona 3 - ATTENZIONE: raggio 500 m

Aree percorse da fuoco

- area incendio
- Zona di rispetto - 50 metri

Fascia di Rispetto Elettrodotti

- DPA_Pisa2018

Fascia di rispetto Aeroporto - Altezze

fasce di vincolo

- Area Aeroportuale
- 300 m dal confine
- cono di volo - da 0 a 300 m dal confine
- cono di volo - da 300 a 600 m dal confine
- cono di volo - da 600 a 900 m dal confine
- no decreto

Vincolo di Rischio Aeroportuale

- Zona A
- Zona B
- Zona C
- Zona D

SITI INQUINATI 2018

- in anagrafe

LEGENDA VINCOLI SOVRAORDINATI - VINCOLI ESTRATTI DA GEOSCOPIO

Vincolo paesaggistico art. 136

- D.M. 26/03/1990
- D.M. 12/06/1956
- D.M. 3/03/1960
- D.M. 14/11/1962
- D.M. 10/09/1957
- D.M. 24/03/1958
- D.M. 2/03/1960
- D.M. 10/04/1952
- D.M. 12/11/1962
- D.M. 17/07/1985
- D.M. 28/11/1953 - D.M. 24/03/1958
- D.M. 19/05/1964

Vincolo paesaggistico art. 142

- lett. a - terreni costieri marì
- lett. b - terreni contermini laghi
- lett. c - corsi d'acqua
- lett. f - parchi
- lett. g - boschi
- lett. i - zone umide

Vincolo archeologico parte II

- D.M. 05/07/2006
- D.M. 10/04/1986
- D.M. 18/09/1930
- D.M. 23/03/2005
- D.M. 29/06/1993

Vincolo architettonico parte II

- immobile vincolato

Sito Uesco

- Sito UNESCO
- Buffer Sito UNESCO

Reticolo Idraulico LR 79/2012

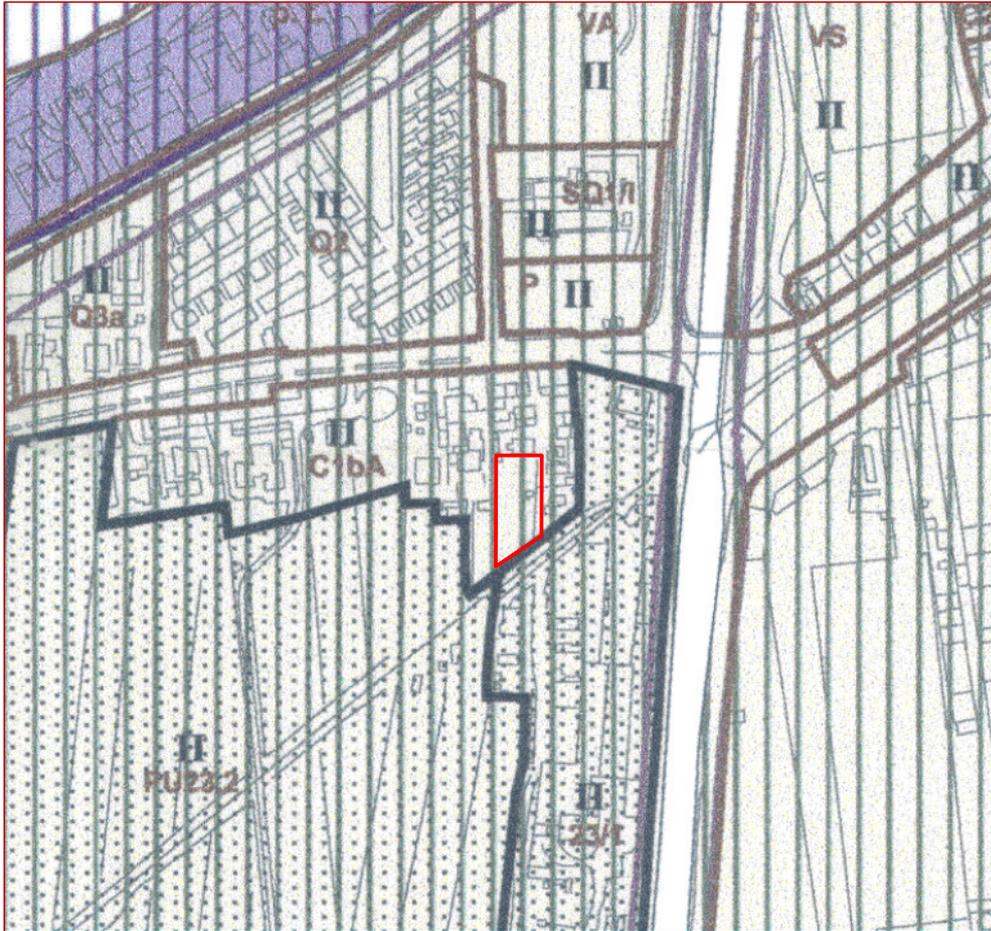
- Reticolo Idraulico
- Tombato
- Altro reticolo

Vincolo Idrogeologico per Decreto

- DM 02 aprile 1969

Area oggetto di piano attuativo

Fig. 6 Carta dei vincoli sovraordinati da Geoscopio Regione Toscana



LEGENDA

FATTIBILITA' GEOLOGICA (D.C.R. 94/85)

II

Classe 2 - Fattibilità con normali vincoli da precisare in sede di progetto

Equivale a livelli di rischio basso. Non sono richieste indagini di dettaglio a livello di area complessiva. Il progetto deve basarsi su di un'apposita indagine geotecnica/idraulica mirata alla soluzione dei problemi evidenziati dal Piano strutturale del Comune di Pisa. La relazione geologica e la relazione geotecnica/idraulica possono formare un unico elaborato nel quale la ricostruzione geologica del sito e la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo debbono essere reciprocamente coerenti: la relazione geotecnica/idraulica deve fare esplicito riferimento alla relazione geologica e viceversa



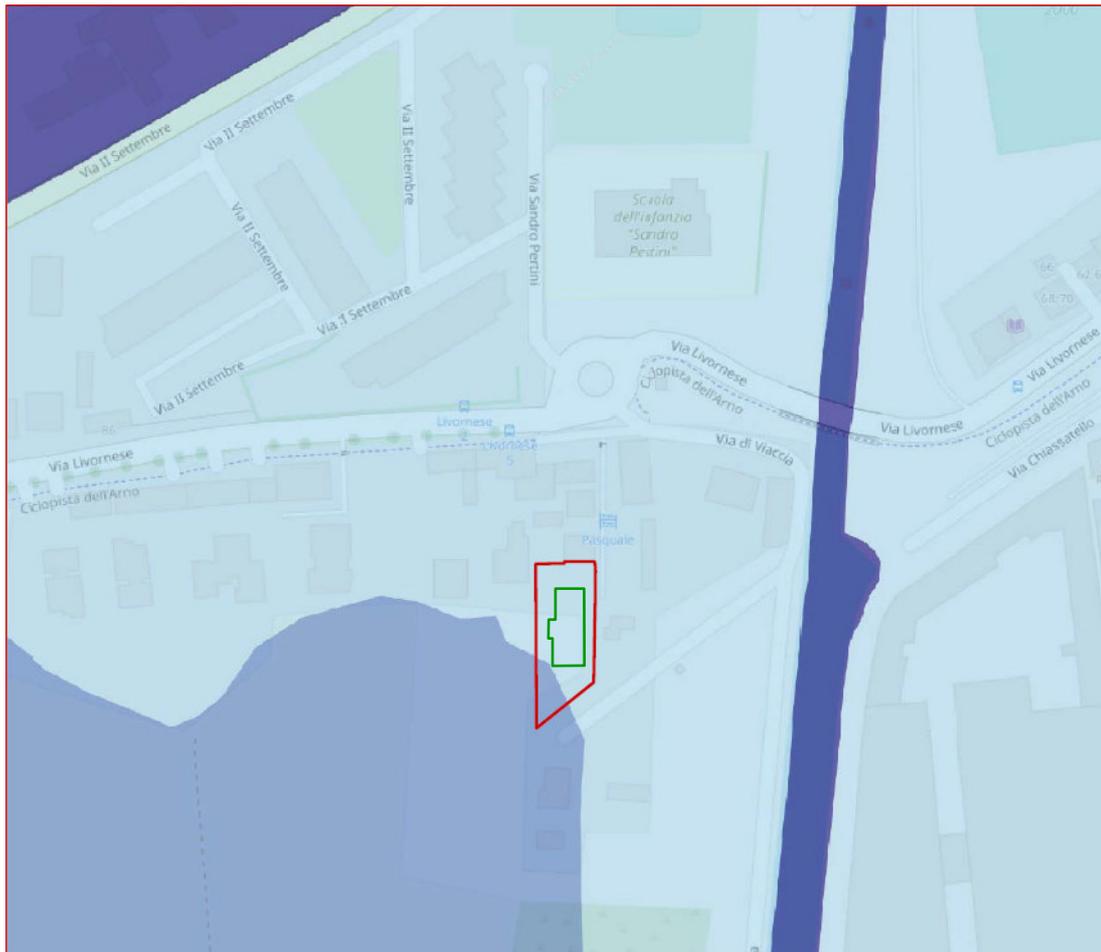
Perimetrazione dell'ambito "B" (D.C.R. 230/94 e art.77 del P.I.T.)



Area oggetto di piano attuativo



Fig. 7 Stralcio carta della fattibilità, da R.U. Comune di Pisa



ESTRATTO PGRA | 1:2000

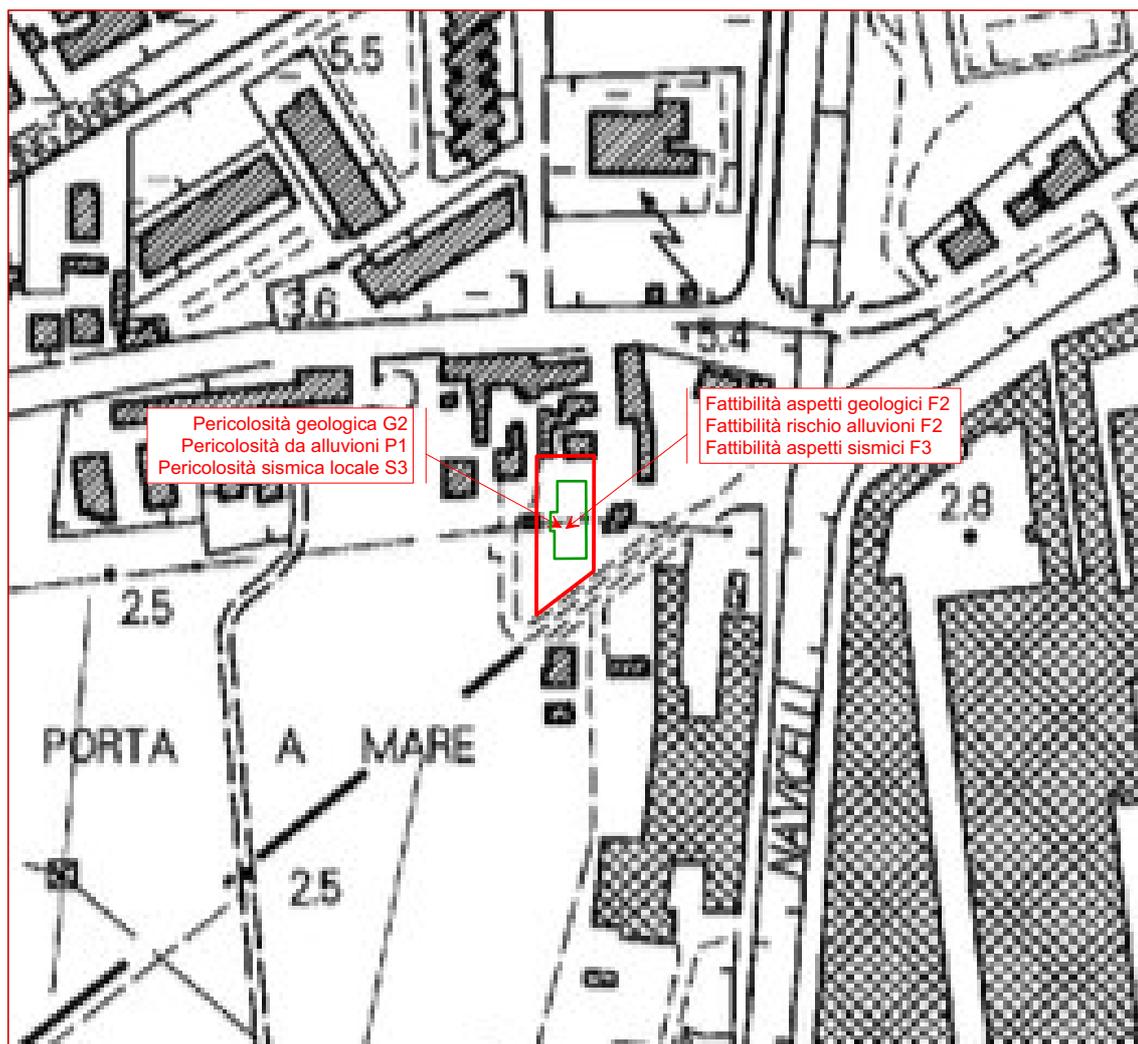
ESTRATTO LEGENDA PGRA

- pericolosità_alluvioni_fluviali
- 1 - pericolosità bassa
 - 2 - pericolosità media
 - 3 - pericolosità alta

 Area oggetto di piano attuativo

 Ingombro fabbricato di progetto

Fig. 8 Carta di pericolosità idraulica da alluvioni fluviali e ubicazione area d'intervento



LEGENDA

 Area oggetto di piano attuativo

 Ingombro fabbricato di progetto

Fig. 9 Ubicazione piano attuativo e assegnazione classi di pericolosità e fattibilità conformi al DPGR 5/R 2020



COMUNE DI PISA

Loc. La Vettola - Via Livornese

PROSPEZIONE SISMICA M.A.S.W.

(Multichannel Analysis of Surface Waves)

PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMOSTRATIGRAFICA DEI TERRENI ED IL CALCOLO DEL PARAMETRO VS30



Committente: GEOPIU' Studio di Geologia - Dott. Geol. Lorenzo Mannella

RELAZIONE TECNICA

Gennaio 2019



Il Tecnico

Dott. Geol. Elena Parri

Studio Geologico: via San Giovanni Battista, 112 - 56028 San Miniato (PI)
e-mail: geol.elenaparri@libero.it



1- PREMESSA

Per conto dello studio Geopiù e su incarico del Geol. Lorenzo Mannella, in data 25/01/2019 in loc. La Vettola in via Livornese nel Comune di Pisa, 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) per la definizione del parametro **VS_{seq}**.

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 esmi; D.M 14.09.2005; D.M 14.01.2008; D.M 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni*)).

Nei capitoli successivi verranno descritte le modalità d'esecuzione della misura sperimentale e l'interpretazione geofisica della stessa.

Nelle figg. 1a e 1b si riporta l'ubicazione della prospezione sismica eseguita.



Fig. 1a

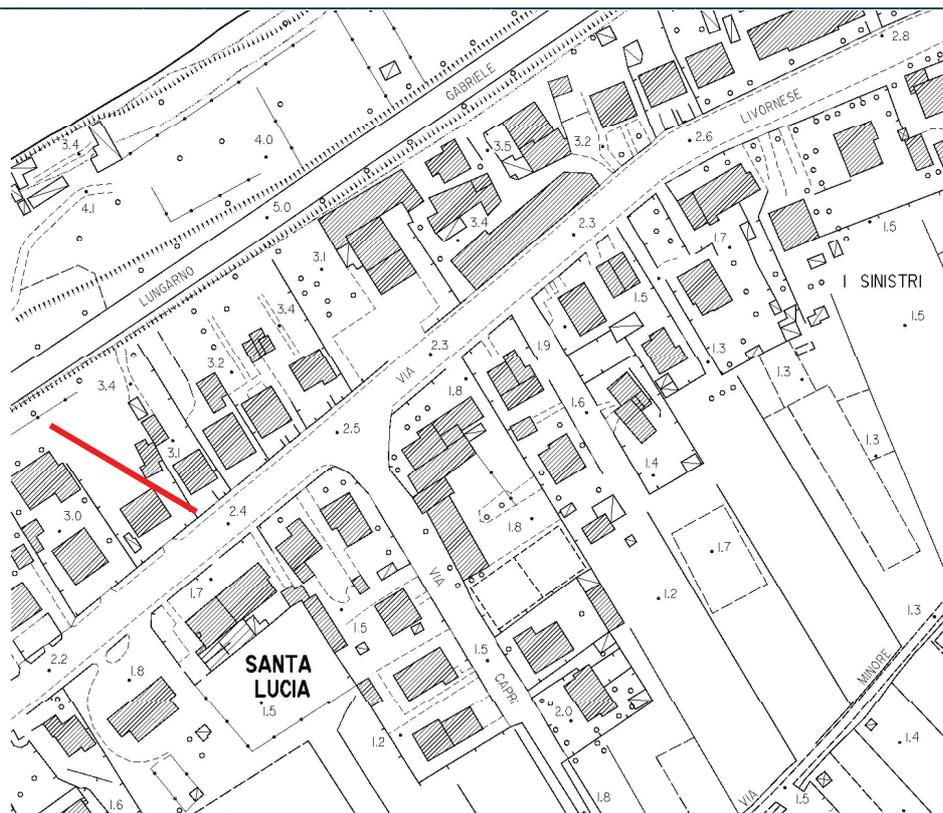


Fig. 1b

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.

Studio Geologico: via San Giovanni Battista, 112 - 56028 San Miniato (PI)

e-mail: geol.elenaparri@libero.it



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 ν 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 4 m dal primo geofono.

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita secondo un array lineare da 24 geofoni di lunghezza di 46 m con spaziatura intergeofonica pari a 2.0 m (vedi foto seguenti).



Stendimento geofoni



Sismografo

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).

Caratteristiche tecniche:

- Risoluzione: 24 bit
- Numero canali: 24
- Campioni per canale : 20.000
- Campionamento : da 80 a 13.500 c/s
- Analisi del rumore ambientale pre-acquisizione
- Test geofoni automatico
- Funzioni Trigger e Pre-Trigger
- Filtri settabili da software

- Alimentazione: power box esterno 12V
- Valigia in copolimeri di polypropylene
- Temperatura di funzionamento da 0 a 60°C
- Interfaccia USB su pannello interno
- Connettore per cavo sismico 1-12
- Connettore per cavo sismico 13-24
- Dimensioni: 30 x 22,5 x 13,2 cm.

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 MASW

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

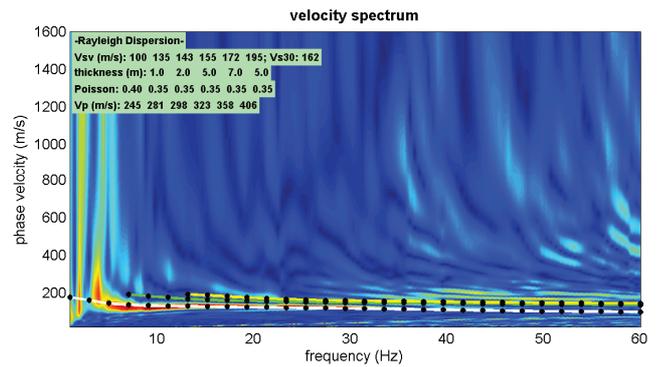
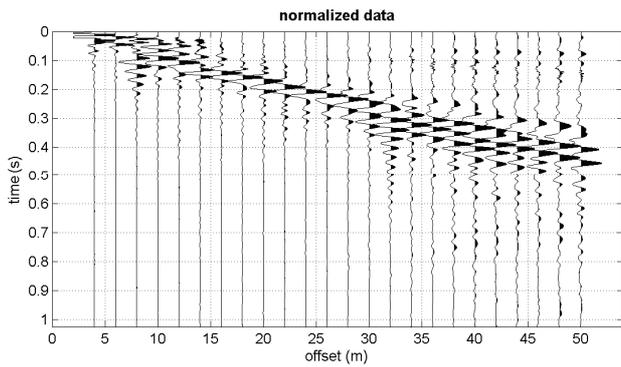
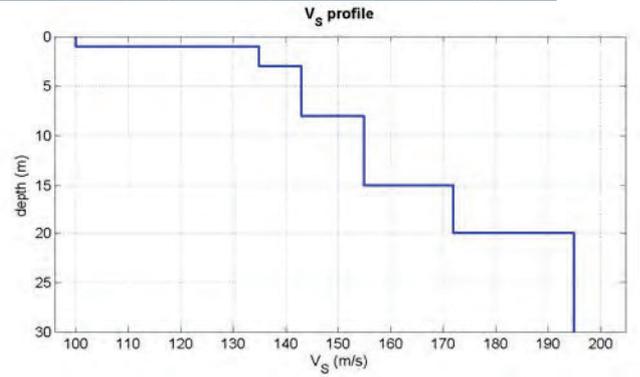


Fig. 2

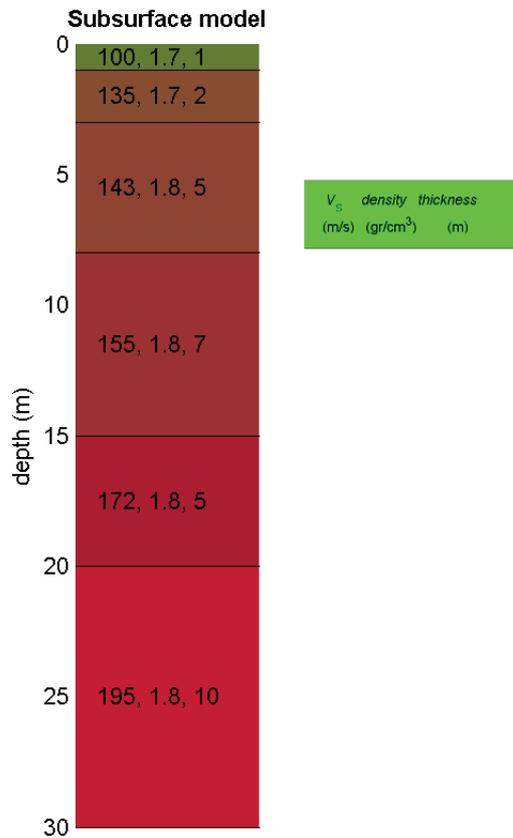


Fig. 3



Nelle tabelle seguenti sono riassunti i principali parametri desunti dall'indagine effettuata.

SISMOSTRATO N.	PROFONDITA' DELLA BASE (m)	SPESSORE DELLO STRATO (m)		Vs (m/sec)		
1	1.0	1.0		100		
2	3.0	2.0		135		
3	8.0	5.0		143		
4	15.0	7.0		155		
5	20.0	5.0		172		
6				195		
MEAN MODEL						
Approximate values for Vp, density, Shear modulus						
Sismostrato n.	1	2	3	4	5	6
Vp (m/s)	245	281	298	323	358	406
Density (gr/cm ³)	1.71	1.75	1.76	1.78	1.81	1.84
Shear modulus (MPa)	17	32	36	43	53	70

4 - CALCOLO DEL PARAMETRO $V_{S,eq}$

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 del D.M. 17 gennaio 2018 (Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni). In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità VS per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2 delle NTC 2018.

I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche (per i terreni a grana grossa) e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

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

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.



Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Anmassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 del D.M. 17 gennaio 2018 (Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni”).

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

In base ai risultati dell'indagine sismica eseguita il valore medio di V_{s30} è risultato pari a **162m/sec.**

Tale parametro dovrà 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 (piano di posa delle fondazioni), così da potere determinare l'effettiva categoria di sottosuolo. A tale proposito, si ritiene opportuno ricordare quanto sia necessario avere a disposizione altre informazioni complementari sulla natura e sul comportamento geotecnico del suolo.

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, si 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.

San Miniato (PI), gennaio 2019



Il Tecnico

Dott. Geol. Elena Parri



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: DOTT. MANNELLA
Località: PISA
Cantiere: LA VETTOLLA
Data: 24/1/19
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 cm²; At=20 cm²; Am=150 cm²
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/cmq)
=====	a	argilla	Fs	Attrito laterale unitario (Kg/cmq)
====~	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
			$m_v$	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: 24/1/19

Committente: DOTT. MANNELLA

Località: PISA

Cantiere: LA VETTOLLA

Profondità massima: 15,0 m dal p. c.

Quota piano camp.: m

Quota falda: 1,8 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 _v [cmq/t]			
0,2				71	1,80	0,04	-	-	-	-	-	non ril.	
0,4				111	1,80	0,07	-	-	-	-	-	non ril.	
0,6	11,1	0,13	83	161	1,66	0,11	37	43	-	29,9	=====	ss	
0,8	9,3	0,33	28	203	1,86	0,14	-	-	0,36	24,5	====~==	al	
1	6,3	0,53	12	183	1,49	0,17	-	-	0,24	50,1	#####	aot	
1,2	7,3	0,40	18	213	1,76	0,21	-	-	0,28	28,9	=====	a	
1,4	9,3	0,47	20	213	1,86	0,24	-	-	0,36	24,5	=====	a	
1,6	9,3	0,40	23	253	1,86	0,28	-	-	0,36	24,5	=====	a	
1,8	16,4	0,33	49	304	1,68	0,30	34	34	-	20,3	=====	ss	
2	20,4	0,40	51	384	1,70	0,31	35	40	-	16,3	=====	sm	
2,2	23,4	0,20	117	404	1,72	0,32	35	44	-	14,3	=====	sm	
2,4	15,4	0,53	29	454	1,91	0,34	-	-	0,60	19,6	====~==	al	
2,6	10,4	0,33	31	594	1,90	0,36	-	-	0,40	22,9	====~==	al	
2,8	18,5	0,20	93	295	1,69	0,37	33	33	-	18,0	=====	ss	
3	3,5	0,53	7	305	1,47	0,38	-	-	0,13	80,2	#####	aot	
3,2	3,5	0,40	9	325	1,47	0,39	-	-	0,13	80,2	#####	aot	
3,4	14,5	0,20	73	405	1,67	0,41	31	22	-	23,0	=====	ss	
3,6	15,5	0,67	23	495	1,91	0,42	-	-	0,60	19,5	=====	a	
3,8	16,7	0,60	28	597	1,91	0,44	-	-	0,65	19,4	====~==	al	
4	19,7	0,27	74	627	1,70	0,46	32	30	-	17,0	=====	ss	
4,2	9,7	0,60	16	787	1,88	0,47	-	-	0,37	23,9	=====	a	
4,4	22,7	0,47	49	947	1,71	0,49	33	33	-	14,7	=====	sm	
4,6	20,7	0,93	22	1027	1,92	0,51	-	-	0,81	19,4	=====	a	
4,8	17,8	0,80	22	1148	1,92	0,53	-	-	0,69	19,4	=====	a	
5	12,8	0,73	17	1388	1,91	0,54	-	-	0,49	20,7	=====	a	
5,2	11,8	0,73	16	1478	1,90	0,56	-	-	0,45	21,4	=====	a	
5,4	12,8	0,60	21	1578	1,91	0,58	-	-	0,49	20,7	=====	a	
5,6	14,8	0,80	18	1798	1,91	0,60	-	-	0,57	19,7	=====	a	
5,8	15,9	0,73	22	1899	1,91	0,62	-	-	0,61	19,5	=====	a	
6	14,9	0,67	22	1929	1,91	0,63	-	-	0,57	19,7	=====	a	
6,2	12,9	0,60	22	1969	1,91	0,65	-	-	0,49	20,6	=====	a	
6,4	12,9	0,47	28	1969	1,91	0,67	-	-	0,49	20,6	====~==	al	
6,6	8,9	0,53	17	2009	1,85	0,69	-	-	0,33	25,1	=====	a	
6,8	7,0	0,40	18	2060	1,75	0,70	-	-	0,25	29,6	=====	a	
7	9,0	0,40	23	2040	1,85	0,72	-	-	0,33	24,9	=====	a	
7,2	12,0	0,67	18	2070	1,90	0,74	-	-	0,45	21,2	=====	a	
7,4	6,0	0,33	18	2110	1,70	0,75	-	-	0,21	33,2	=====	a	
7,6	6,0	0,27	23	2160	1,70	0,77	-	-	0,21	33,2	=====	a	
7,8	5,2	0,33	16	2162	1,48	0,78	-	-	0,18	58,1	#####	aot	
8	7,2	0,33	22	2132	1,76	0,79	-	-	0,26	29,2	=====	a	
8,2	7,2	0,27	27	2132	1,76	0,81	-	-	0,25	29,2	=====	a	
8,4	7,2	0,33	22	2222	1,76	0,82	-	-	0,25	29,2	=====	a	
8,6	28,2	0,20	141	2492	1,74	0,84	31	29	-	11,8	=====	sm	
8,8	29,3	0,20	147	2583	1,75	0,85	31	30	-	11,4	=====	sm	
9	21,3	0,87	25	2673	1,93	0,87	-	-	0,82	18,8	====~==	al	
9,2	34,3	0,53	64	2563	1,77	0,88	32	34	-	9,7	=====	sm	
9,4	14,3	0,47	31	2503	1,91	0,90	-	-	0,54	19,9	====~==	al	
9,6	6,3	0,60	11	2343	1,49	0,91	-	-	0,22	49,9	#####	aot	
9,8	5,4	0,27	20	2314	1,67	0,93	-	-	0,18	36,2	=====	a	
10	5,4	0,20	27	2304	1,67	0,94	-	-	0,18	36,2	=====	a	



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

Prova numero: 1

Data: 24/1/19

Committente: DOTT. MANNELLA

Località: PISA

Cantiere: LA VETTOLLA

Profondità massima: 15,0 m dal p. c.

Quota piano camp.: m

Quota falda: 1,8 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 _v [cmq/t]			
10,2	5,4	0,27	20	2274	1,67	0,95	-	-	0,18	36,2	=====	a	
10,4	6,4	0,27	24	2304	1,72	0,97	-	-	0,22	31,7	=====	a	
10,6	6,4	0,20	32	2354	1,72	0,98	-	-	0,22	31,7	====~	al	
10,8	6,6	0,20	33	2336	1,73	1,00	-	-	0,22	31,2	====~	al	
11	6,6	0,20	33	2356	1,73	1,01	-	-	0,22	31,2	====~	al	
11,2	5,6	0,27	21	2446	1,68	1,02	-	-	0,18	35,5	=====	a	
11,4	6,6	0,20	33	2486	1,73	1,04	-	-	0,22	31,2	====~	al	
11,6	6,6	0,27	25	2566	1,73	1,05	-	-	0,22	31,2	=====	a	
11,8	5,7	0,27	21	2267	1,68	1,07	-	-	0,18	34,8	=====	a	
12	5,7	0,27	21	2637	1,68	1,08	-	-	0,18	34,8	=====	a	
12,2	5,7	0,27	21	2637	1,68	1,09	-	-	0,18	34,8	=====	a	
12,4	6,7	0,27	25	2657	1,73	1,11	-	-	0,22	30,7	=====	a	
12,6	7,7	0,20	38	2707	1,64	1,12	-	-	0,26	26,8	~~~~~	l	
12,8	6,8	0,20	34	2698	1,74	1,14	-	-	0,23	30,3	====~	al	
13	6,8	0,20	34	2708	1,74	1,15	-	-	0,23	30,3	====~	al	
13,2	6,8	0,27	26	2748	1,74	1,17	-	-	0,23	30,3	=====	a	
13,4	7,8	0,20	39	2758	1,64	1,18	-	-	0,27	26,5	~~~~~	l	
13,6	7,8	0,20	39	2778	1,64	1,19	-	-	0,27	26,5	~~~~~	l	
13,8	8,0	0,20	40	2780	1,64	1,21	-	-	0,27	26,2	~~~~~	l	
14	8,0	0,20	40	2830	1,64	1,22	-	-	0,27	26,2	~~~~~	l	
14,2	7,0	0,20	35	2840	1,75	1,23	-	-	0,23	29,9	====~	al	
14,4	7,0	0,20	35	2820	1,75	1,25	-	-	0,23	29,9	====~	al	
14,6	8,0	0,20	40	2820	1,64	1,26	-	-	0,27	26,2	~~~~~	l	
14,8	8,1	0,20	40	2861	1,64	1,27	-	-	0,27	25,8	~~~~~	l	
15	8,1	0,20	40	2901	1,64	1,29	-	-	0,27	25,8	~~~~~	l	
15,2													
15,4													
15,6													
15,8													
16													
16,2													
16,4													
16,6													
16,8													
17													
17,2													
17,4													
17,6													
17,8													
18													
18,2													
18,4													
18,6													
18,8													
19													
19,2													
19,4													
19,6													
19,8													
20													



**GEOSERVIZI S.N.C.**

di Cosco e Spadaro

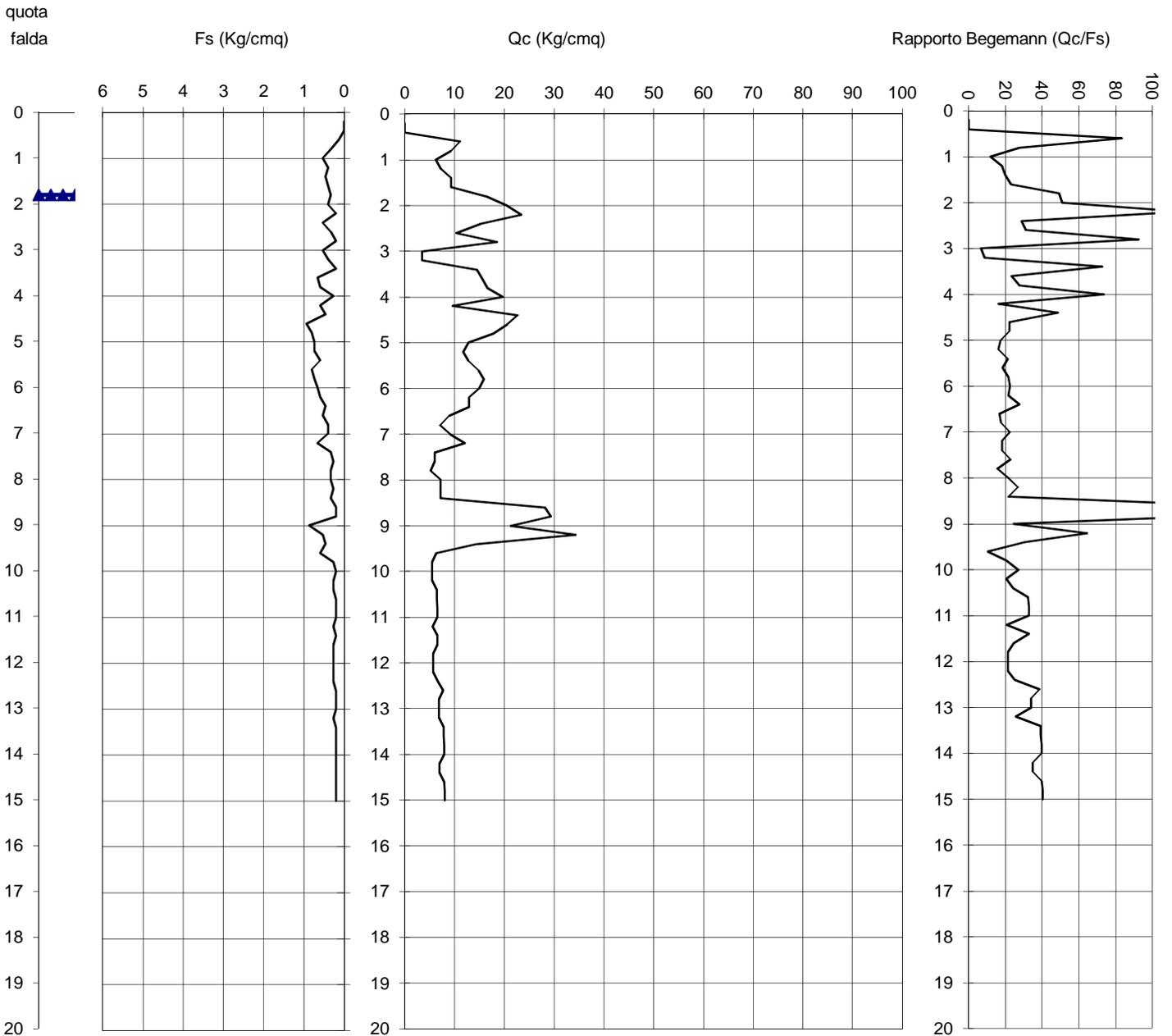
Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello(PI)

Cell. 339-1344492

Prova numero 1  
Committente DOTT. MANNELLA  
Località PISA  
Cantiere LA VETTOLLA  
Data 24/1/19

Profondità massima (m): 15

Quota falda (m dal p.c.): 1,8



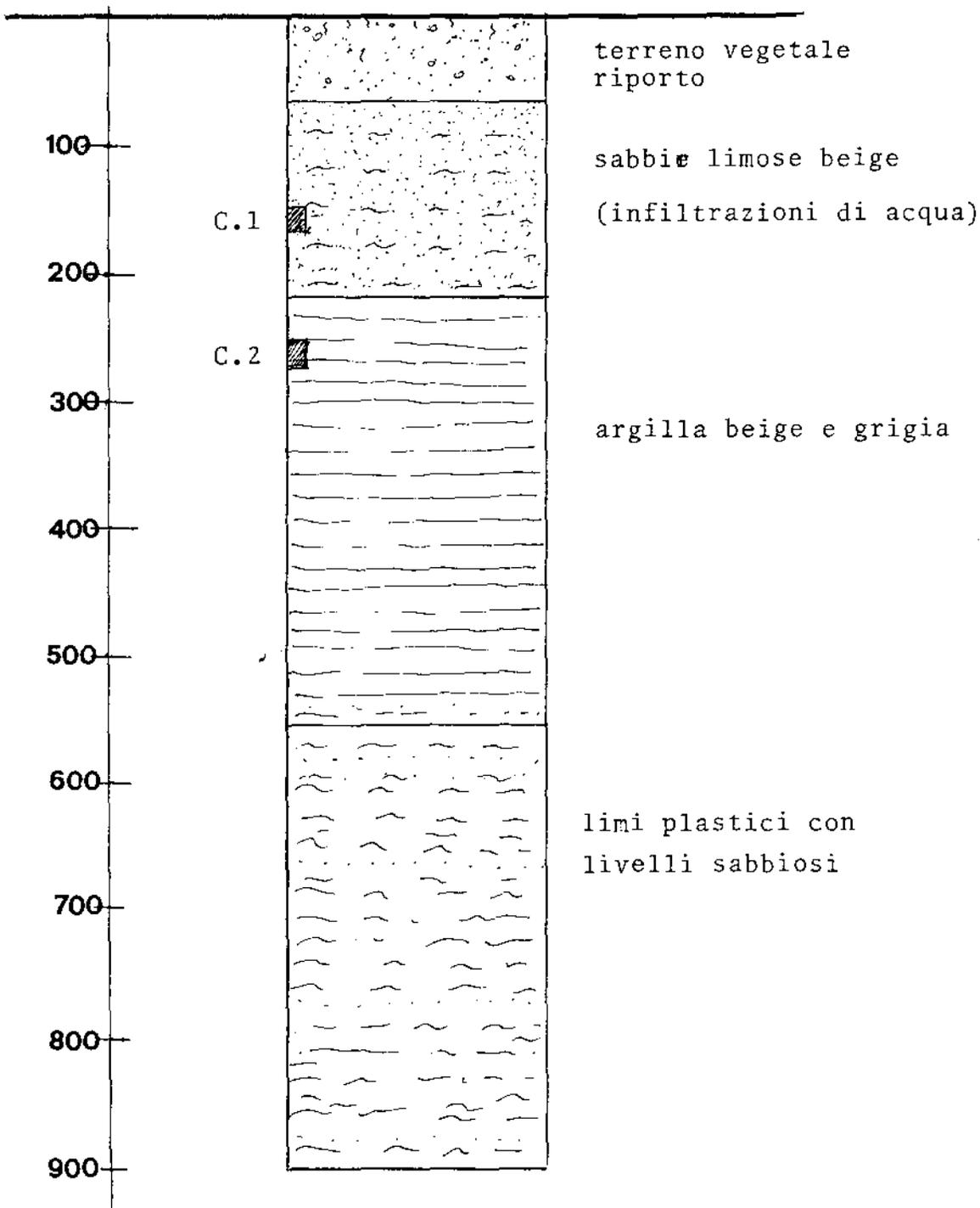
PENETROMETRO STATICO: TG 73 200 KN PAGANI

## parametri geotecnici stimati

PROFONDITA' [metri]	Qc [Kg/cmq]	Fs [Kg/cmq]	Qc/Fs	Qt [Kgr]	$\delta$ [Kg/dmc]	$\sigma_{ov}$ [Kg/cmq]	$\theta$ [gradi]	D _R [%]	c _u [Kg/cmq]	m _v [cmq/t]	Colonna Stratig.
0.2					1,80	,04	-	-	-	-	
0.4					1,80	,07	-	-	-	-	
0.6	5,1	,1	38	110	1,63	,10	-	-	,20	37,5	*****
0.8	9,3	,2	47	120	1,65	,14	-	-	,37	23,4	*****
1.0	10,3	,2	52	150	1,65	,17	34	30	-	16,7	*****
1.2	10,3	,3	39	170	1,65	,20	-	-	,40	21,8	*****
1.4	10,3	,3	39	190	1,65	,24	-	-	,40	21,8	*****
1.6	13,3	,3	40	240	1,67	,27	-	-	,52	18,8	*****
1.8	8,4	,2	42	270	1,64	,30	-	-	,32	25,1	*****
2.0	8,4	,2	42	330	1,64	,34	-	-	,32	25,1	*****
2.2	11,4	,3	43	210	1,66	,37	-	-	,44	20,4	*****
2.4	13,4	,3	40	440	1,67	,40	-	-	,52	18,7	*****
2.6	10,4	,7	16	560	1,90	,42	-	-	,40	22,9	*****
2.8	11,5	,5	25	660	1,90	,44	-	-	,44	21,7	*****
3.0	12,5	,6	21	790	1,91	,46	-	-	,48	20,9	*****
3.2	14,5	,9	17	920	1,91	,47	-	-	,56	19,8	*****
3.4	14,5	,9	17	1120	1,91	,49	-	-	,56	19,8	*****
3.6	17,5	,6	29	1250	1,92	,51	-	-	,68	19,4	*****
3.8	9,6	,7	13	1370	1,53	,52	-	-	,36	37,9	=====
4.0	8,6	,4	22	1420	1,83	,54	-	-	,32	25,7	*****
4.2	6,6	,3	20	1470	1,73	,55	-	-	,24	31,0	*****
4.4	10,6	,3	40	1510	1,65	,57	-	-	,40	21,4	*****
4.6	12,6	,5	27	1590	1,91	,58	-	-	,48	20,8	*****
4.8	8,7	,5	19	1620	1,84	,60	-	-	,32	25,5	*****
5.0	6,7	,4	17	1640	1,50	,61	-	-	,24	47,7	=====
5.2	4,7	,3	14	1670	1,48	,62	-	-	,16	62,8	=====
5.4	4,7	,3	18	1690	1,48	,63	-	-	,16	62,8	=====
5.6	6,7	,3	20	1740	1,74	,64	-	-	,24	30,7	*****
5.8	5,9	,2	30	1740	1,70	,66	-	-	,21	33,9	*****
6.0	3,9	,3	15	1720	1,47	,67	-	-	,13	73,4	=====
6.2	3,9	,1	29	1730	1,60	,68	-	-	,13	47,8	*****
6.4	4,9	,2	25	1750	1,65	,69	-	-	,17	39,4	*****
6.6	5,9	,2	30	1830	1,70	,71	-	-	,21	33,9	*****
6.8	14	,3	42	2030	1,67	,72	-	-	,53	18,3	*****
7.0	25	,5	54	2100	1,73	,73	31	28	-	13,3	*****
7.2	7	,3	21	2140	1,75	,75	-	-	,25	29,7	*****
7.4	8	,2	40	1990	1,64	,76	-	-	,29	26,0	*****
7.6	6	,3	23	2030	1,70	,78	-	-	,21	33,4	*****
7.8	8,2	,2	41	2080	1,64	,79	-	-	,30	25,6	*****
8.0	5,2	,3	16	2090	1,48	,80	-	-	,18	57,9	=====
8.2	5,2	,2	26	2120	1,66	,81	-	-	,18	37,5	*****
8.4	6,2	,1	47	2130	1,63	,82	-	-	,22	31,8	*****
8.6	4,2	,2	21	2190	1,61	,84	-	-	,13	44,8	*****
8.8	5,2	,1	39	2220	1,63	,85	-	-	,17	36,8	*****
9.0	4,2	,2	21	2300	1,61	,86	-	-	,13	44,8	*****
9.2	4,2	,3	16	2260	1,47	,87	-	-	,13	68,9	=====
9.4	5,2	,2	26	2270	1,66	,88	-	-	,17	37,5	*****
9.6	4,2	,3	16	2300	1,47	,89	-	-	,13	68,9	=====
9.8	4,2	,1	32	2350	1,61	,91	-	-	,13	44,8	*****
10.0	5,2	,2	26	2410	1,66	,92	-	-	,17	37,5	*****

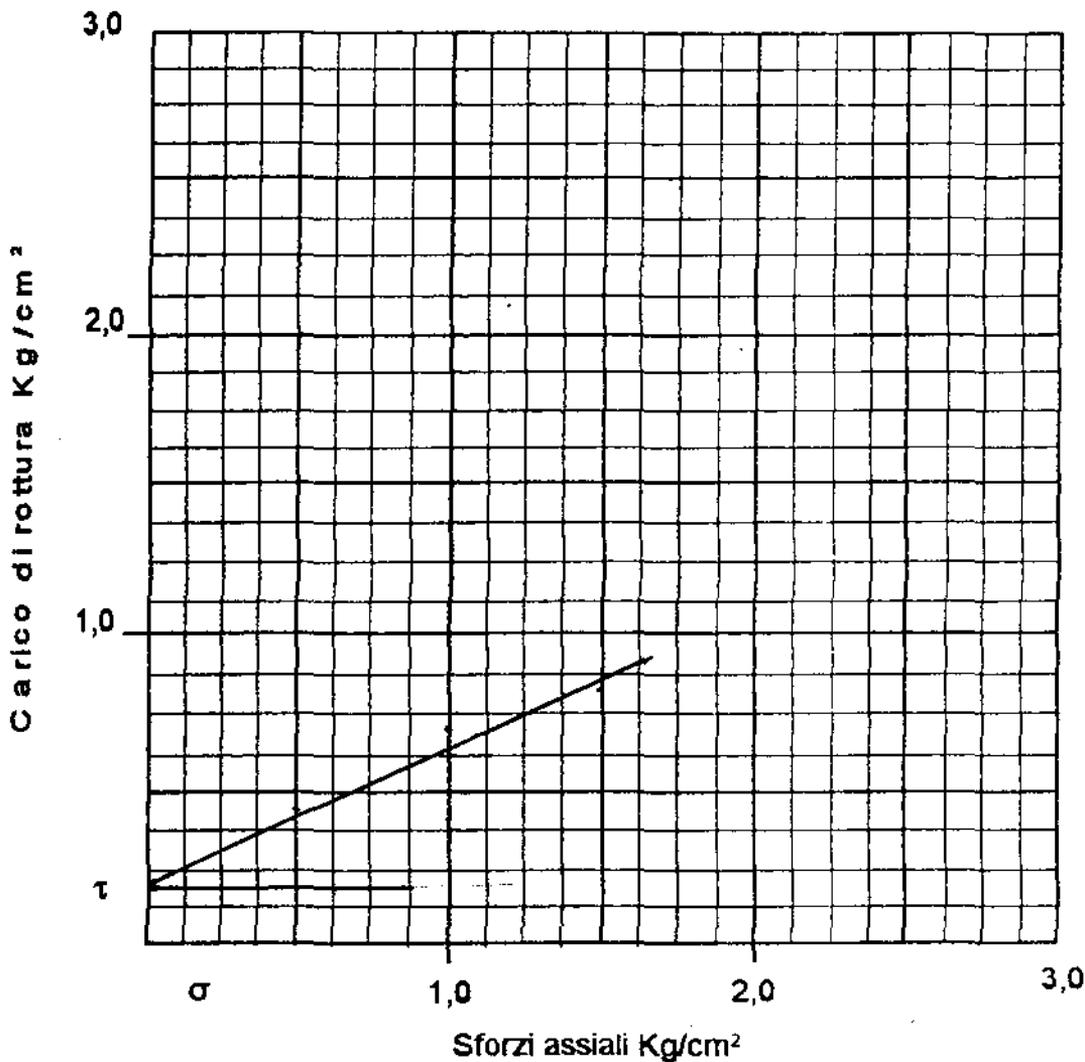
## parametri geotecnici stimati

PROFONDITA' [metri]	Qc [kg/cmq]	Fs [kg/cmq]	Qc/Fs	Qt [kgf]	$\delta$ [Kg/dmc]	$\sigma_{ov}$ [Kg/cmq]	$\theta$ [gradi]	D _R [%]	c _n [Kg/cmq]	n _v [cmq/t]	Colonna Stratig.
0.2					1,80	,04	-	-	-	-	
0.4					1,80	,07	-	-	-	-	
0.6	11,1	,3	42	150	1,66	,11	-	-	,44	20,8	=====
0.8	7,3	,3	27	180	1,77	,14	-	-	,29	28,8	=====
1.0	9,3	,3	35	220	1,87	,18	-	-	,36	24,4	=====
1.2	10,3	,5	19	260	1,90	,22	-	-	,40	23,0	=====
1.4	8,3	,5	16	340	1,51	,23	-	-	,32	41,2	=====
1.6	14,3	,3	43	290	1,67	,24	-	-	,56	18,1	=====
1.8	10,4	,5	22	350	1,90	,26	-	-	,41	22,9	=====
2.0	14,4	,3	43	450	1,67	,27	-	-	,57	18,1	=====
2.2	14,4	,5	27	490	1,91	,29	-	-	,56	19,9	=====
2.4	16,4	,5	35	510	1,68	,30	-	-	,64	17,2	=====
2.6	14,4	,5	27	640	1,91	,32	-	-	,56	19,9	=====
2.8	15,5	,7	23	790	1,91	,34	-	-	,61	19,6	=====
3.0	13,5	,8	17	990	1,91	,36	-	-	,53	20,3	=====
3.2	13,5	,9	16	1120	1,91	,38	-	-	,52	20,3	=====
3.4	9,5	,5	18	1220	1,88	,39	-	-	,36	24,1	=====
3.6	8,5	,6	14	1340	1,52	,40	-	-	,32	40,6	=====
3.8	8,6	,4	22	1420	1,83	,42	-	-	,33	25,7	=====
4.0	7,6	,5	23	1470	1,78	,44	-	-	,29	28,0	=====
4.2	6,6	,5	14	1500	1,50	,45	-	-	,25	48,2	=====
4.4	7,6	,5	16	1550	1,51	,46	-	-	,29	43,7	=====
4.6	6,6	,4	17	1620	1,50	,47	-	-	,25	48,2	=====
4.8	5,7	,4	14	1700	1,49	,48	-	-	,21	53,8	=====
5.0	5,7	,4	14	1780	1,49	,48	-	-	,21	53,8	=====
5.2	6,7	,3	20	1830	1,74	,50	-	-	,25	30,7	=====
5.4	5,7	,3	17	1850	1,49	,51	-	-	,21	53,8	=====
5.6	4,7	,3	14	1890	1,48	,52	-	-	,17	62,8	=====
5.8	4,9	,3	15	1890	1,48	,53	-	-	,17	60,7	=====
6.0	4,9	,3	18	1930	1,65	,54	-	-	,17	39,4	=====
6.2	4,9	,3	18	1970	1,65	,55	-	-	,17	39,4	=====
6.4	4,9	,3	15	2080	1,48	,56	-	-	,17	60,7	=====
6.6	9,9	,5	19	2220	1,90	,58	-	-	,37	23,5	=====
6.8	16	,3	60	2100	1,68	,60	30	17	-	16,7	=====
7.0	6	,5	11	2110	1,49	,61	-	-	,22	51,8	=====
7.2	4	,2	20	2110	1,60	,62	-	-	,14	46,8	=====
7.4	4	,2	20	2120	1,60	,63	-	-	,13	46,8	=====
7.6	5	,2	25	2130	1,65	,64	-	-	,17	38,7	=====
7.8	5,2	,2	26	2130	1,66	,66	-	-	,18	37,5	=====
8.0	4,2	,2	21	2170	1,61	,67	-	-	,14	44,8	=====
8.2	5,2	,2	26	2180	1,66	,68	-	-	,18	37,5	=====
8.4	5,2	,2	26	2210	1,66	,69	-	-	,18	37,5	=====
8.6	5,2	,2	26	2230	1,66	,71	-	-	,18	37,5	=====
8.8	5,2	,2	26	2250	1,66	,72	-	-	,18	37,5	=====
9.0	4,2	,2	21	2270	1,61	,73	-	-	,14	44,8	=====
9.2	4,2	,1	32	2280	1,61	,74	-	-	,14	44,8	=====
9.4	5,2	,1	39	2290	1,63	,76	-	-	,18	36,8	=====
9.6	5,2	,2	26	2330	1,66	,77	-	-	,18	37,5	=====
9.8	4,2	,2	21	2340	1,61	,78	-	-	,14	44,8	=====
10.0	4,2	,2	21	2350	1,61	,79	-	-	,14	44,8	=====



COMMITTENTE	ToscanaSoltravi
LOCALITA'	Pisa V.Livornese
SONDAGGIO	n. 1
CAMPIONE	-1,60 ml

$\gamma$ (Kg/dm ³ )	1,95	$\sigma$ (Kg/cm ² )	$\tau$ (Kg/cm ² )
Wn%	25,5	0,5	0,46
cu (Kg/cm ² )	0,150	1	0,68
$\varphi^\circ$	25°	1,5	0,84



COMMITTENTE	ToscanaSoltravi
LOCALITA'	Pisa V.Livornese
SONDAGGIO	n; 1
CAMPIONE	-2,50 ml

$\gamma$ (Kg/dm ³ )	1,89	$\sigma$ (Kg/cm ² )	$\tau$ (Kg/cm ² )
Wn%	32,9	1	0,68
CU (Kg/cm ² )	0,650	2	0,68
$\varphi^\circ$	2°	3	0,76

$$e^\circ = 0,88$$

