



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 CONVENZIONATO
SCHEDA NORMA 31.2 AREA POSTA IN FRAZIONE ORATOIO
VIA DELLE ARGONNE COMUNE DI PISA**

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'

Gennaio 2018

Dott. Geol. Lorenzo Mannella



INDICE

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	2
2. PREMESSA.....	2
3. CARATTERI GEOLOGICI.....	3
4. CARATTERI GEOMORFOLOGICI ED IDRAULICI.....	3
5 CARATTERI IDROGEOLOGICI.....	4
6. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITÀ DELL'AREA.....	5
7 CONSIDERAZIONI SU PERICOLOSITA' E RISCHIO IDRAULICO.....	8
8 PTC (Piano Territoriale di Coordinamento) DELLA PROVINCIA DI PISA.....	8
9. CARATTERI GEOTECNICI E STRATIGRAFICI DEI TERRENI.....	9
10. PERICOLOSITA' E FATTIBILITA' DELL'AREA SOGGETTA A PIANO DI RECUPERO, AI SENSI DEL D.P.G.R. N. 53/R DEL 25/10/2011.....	10
11. FIGURE E ALLEGATI.....	11

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. 1/2005 Norme per il governo del territorio.

D.P.G.R. n. 53/R (2011): "Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche".

Autorità di Bacino del Fiume Arno: Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) Distretto Appennino Settentrionale.

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).

2. PREMESSA

Il presente documento è di supporto al piano attuativo convenzionato di un'area posta in frazione Oratoio via delle Argonne nel Comune di Pisa (fig. 1).

Il comparto in questione presenta una superficie totale di circa 3611 mq di cui, indicativamente, 1083 mq sarà area privata ed in parte edificata mentre le porzioni restanti saranno a verde pubblico e a parcheggio pubblico;.

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, si è proceduto alla stesura del presente elaborato, ai sensi della L.R. 3 gennaio 2005 n.1 "Norme per il Governo del Territorio", facendo riferimento, a livello di quadro conoscitivo, agli studi geologici e idraulici di supporto allo strumento urbanistico comunale vigente e agli studi realizzati a supporto del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa e del Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) Distretto Appennino Settentrionale.

Nello specifico lo studio è stato realizzato ai sensi del Decreto del Presidente della Giunta Regionale n.53/R del 25 Ottobre 2011 "Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche", del Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) Distretto Appennino Settentrionale e del nuovo Piano di Indirizzo Territoriale (P.I.T. DCR 37 del 27 marzo 2015) della Regione Toscana.

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.

3. CARATTERI GEOLOGICI

L' estesa pianura alluvionale di Pisa si è originata in seguito al progressivo sprofondamento del litorale pisano-versiliese causato dall'azione distensiva di faglie dirette. La subsidenza di quest'area, collegata al sollevamento generale dei rilievi montuosi formatisi durante le fasi parossistiche del corrugamento dell'Orogenesi Appenninica, è stata controbilanciata dalla sedimentazione marina e fluvio-lacustre a partire dal Miocene superiore.

Questa attività tettonica distensiva è ben documentata fino al Pliocene medio, ma non è escluso che sia tuttora attiva, considerando l'attuale morfologia e le tendenze evolutive del territorio.

Sulla base delle considerazioni effettuate precedentemente, il sottosuolo della Pianura di Pisa può essere schematicamente suddiviso in tre parti.

Il substrato profondo: comprende le formazioni litoidi della Serie Toscana, le stesse che affiorano sui Monti Pisani a Nord di Pisa e che nella Pianura sono state ribassate dall'azione delle faglie dirette. Tra le rocce della Serie Toscana sembrano essere predominanti le formazioni carbonatiche. Ad ovest di Pisa fanno parte del substrato profondo anche le Formazioni dell'Alloctono Ligure. La profondità del tetto del substrato profondo varia da un minimo di 500 m ai piedi dei Monti Pisani fino a circa 2000 m lungo la costa. Nella zona di Pisa le isobate del tetto di questi terreni si trova alla profondità di circa 1000 m .

Il substrato intermedio: Tale substrato è costituito da sedimenti neoautoctoni la cui deposizione ha un inizio variabile da zona a zona, ma non è mai anteriore al Miocene sup. La successione inizia alla base con sabbie e conglomerati a cui seguono argille lagunari sormontate da gessi variamente alternati a strati argillosi.

Al di sopra dei gessi si ritrovano sabbie, argille e conglomerati che rappresentano la sedimentazione di un bacino senza comunicazione con i mari aperti. A questi ultimi è seguita la deposizione di argille azzurre di facies francamente marina cui seguono alternanze di argille azzurre e sabbie gialle che denotano l'alternarsi di ambienti marini più o meno profondi.

Al di sopra si ritrovano Sabbie ed Argille contenenti al loro interno fossili di *Arctica Islandica* a cui segue la sedimentazione delle sabbie di Nugola Vecchia.

Il substrato superiore: tale substrato è formato da sedimenti posteriori al Pleistocene inferiore che si sono depositi in presenza di variazioni del livello del mare e di mutazioni del regime dei fiumi il cui trasporto solido cambiava, in seguito alle variazioni del clima, sia nella sua entità che nella granulometria più o meno fine dei clasti.

L'attuale situazione geologica e stratigrafica degli strati superficiali di terreno della Pianura di Pisa è principalmente il risultato della attività di trasporto ed esondazione dell'Arno nonché delle variazioni del suo corso fluviale ed è legato agli effetti della presenza di vaste aree paludose in rapporto alle variazioni del livello marino e dei variabili equilibri della dinamica costiera. Si tratta quindi sostanzialmente di sedimenti fluvio-lacustri localizzati nella parte orientale del comune di Pisa, separati dal mare aperto da depositi eolico transizionali dei lidi e dune litoranee più ad Ovest.

L'area oggetto della presente indagine è situata su un terreno posto in località Musigliano a circa 1200 m a Nord della linea ferroviaria Pisa-Firenze. La relativa vicinanza dell'Arno ha condizionato le caratteristiche litologiche e litotecniche della zona e la presenza di una fitta serie di suoi meandri abbandonati e sepolti presenti negli intorni dell'area. Sotto il profilo geologico, nella zona d'intervento, pianeggiante, affiorano terreni di età relativamente recente datati Olocene e costituiti da depositi alluvionali in superficie prevalentemente limoso sabbiosi (vedi carta geologica Fig. 2 estratta dal Progetto CARG Regione Toscana).

4. CARATTERI GEOMORFOLOGICI ED IDRAULICI

L'area in studio si trova ad una quota altimetrica di circa 4.0-4.5 metri sul livello del mare, vicino all'ultimo meandro che l'Arno disegna prima di entrare nella città di Pisa, a circa 70 m a sud dell'argine dell'Arno ed a circa 200 m a nord della linea ferroviaria Pisa-Firenze.

Morfologicamente la zona d'intervento, si colloca nella parte centro-occidentale della pianura alluvionale del territorio comunale.

Nel complesso la pianura, nel territorio comunale, si presenta con andamento tabulare, con una modesta inclinazione in direzione della costa.

L'altimetria dell'area mostra una leggera pendenza da Nord a Sud, conseguenza della modalità di deposizione dei sedimenti alluvionali dell'Arno.

Il reticolo idrografico, parzialmente obliterato dall'urbanizzazione presente, è costituito da una serie di fossi campestri e scoline distribuiti nel settore indagato, orientati circa NE-SO, aventi il compito di effettuare il drenaggio delle acque superficiali e di recapitarle in canali collettori.

La crescente urbanizzazione dell'area sta modificando sempre più l'originario assetto morfologico, per cui i motivi di maggiore rilevanza risultano essere quelli di origine antropica, quali edifici, strade e strade di grande comunicazione.

Questi elementi rappresentano fattori talvolta condizionanti per il regolare deflusso delle acque superficiali, in un'area pressoché pianeggiante, in cui, la regimazione delle acque meteoriche è realizzata attraverso un articolato sistema di fossi campestri.

L'elemento idrografico principale che interessa il territorio Comunale è il Fiume Arno, il quale lo attraversa trasversalmente da Est verso Ovest con andamento meandriforme.

Osservando la Fig.2 è possibile notare che nell'intorno e sull'area di intervento sono presenti paleoalvei sepolti, rilevati con immagini da satellite. I paleoalvei sono generalmente caratterizzati da terreni più sabbiosi ad andamento lenticolare, alternati a sedimenti più fini limo-argillosi. In superficie possono essere presenti depositi più fini talvolta organici dovuti a locali impaludamenti verificatisi in seguito al taglio del meandro.

Dall'osservazione della tavola della Pericolosità Geomorfologica redatta nell'ambito del Piano Territoriale di Coordinamento (PTC) della Provincia di Pisa, l'area in oggetto risulta inserita in:

Pericolosità geomorfologica media, sottoclasse 3a: in 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.

Dall'osservazione della tavola della Pericolosità Geomorfologica (fig.3) redatta nell'ambito del Piano Strutturale del Comune di Pisa, l'area in oggetto risulta inserita in Pericolosità geomorfologica medio-bassa classe 3a: aree in cui il tetto delle argille compressibili è posto a profondità maggiore di 2 m da p.c..

La carta della profondità del tetto delle argille compressibili a corredo dello stesso P.S. del Comune di Pisa indica che queste sono poste a circa 7 m da p.c.

5 CARATTERI IDROGEOLOGICI

Dall'analisi della carta idrogeologica a corredo del P.S. si ricava che i depositi alluvionali più concentrati nelle fasce settentrionali e centrali del territorio comunale possono ospitare acquiferi freatici e semiconfinati più o meno connessi (sistema multistrato). La ricostruzione della geometria e dello spessore della falda acquifera più superficiale deriva da misure di livello eseguite su circa 200 pozzi nel periodo Ottobre – Novembre 1995. I pozzi misurati evidenziano una modesta profondità (mediamente 8 – 10 m dal p.c.) e sono soprattutto "romani" aperti e di grande diametro (1 – 1.2 m). la falda più superficiale tende ad assumere caratteristiche di falda freatica all'estremità Est del territorio comunale e nel settore compreso tra la linea ferroviaria PI – FI ed il fiume Arno. Viceversa, più a sud, l'acquifero risulta confinato o semiconfinato per la presenza in superficie di terreni prevalentemente argillosi.

L'Arno, nei suoi frequenti periodi di magra, costituisce un forte asse di drenaggio della falda superficiale, come confermato dai sensibili abbassamenti della superficie piezometrica nei pozzi in adiacenza al corso d'acqua.

La direzione di drenaggio dalle falde al fiume si inverte in occasione delle piene dell'Arno quando il fiume tende ad alimentare le falde acquifere circostanti.

A sud della ferrovia PI – FI si nota un generale abbassamento della superficie piezometrica, con esclusione di alcune aree ove la falda tende a risalire a livelli prossimi al p.c.

Ancora più a sud, nella fascia di territorio in cui sono dominanti i litotipi argillosi la falda freatica diventa discontinua, spesso assente, sostituita da terreni impermeabile.

Il quadro idrogeologico locale è ben conosciuto e la falda è ospitata nei livelli sabbiosi e limosi sabbiosi più superficiali e nei tratti di paleoalvei sepolti.

Il Piano Strutturale del Comune di Pisa indica, nella carta idrogeologica, che la falda nell'area oggetto di indagine risulta a circa 3.0 m da p.c.

Data la vicinanza del F. Arno e le caratteristiche specifiche in queste porzioni di pianura, tale valore può subire ampie modifiche in funzione della piovosità, arrivando fin quasi al p.c. Di tale aspetto si dovrà tenere conto nella realizzazione di vani interrati.

Il Piano Territoriale di Cordinamento della Provincia di Pisa inserisce l'area nella classe 3b media di vulnerabilità idrogeologica.

6. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITÀ DELL'AREA

Il territorio comunale di Pisa (PI) era classificato sismico ai sensi del D.M 19/03/1988, classificato con grado di sismicità $S = 9$ e quindi rientra nella Classe II,

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 con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g)	Accelerazione 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 Pisa risulta inserito nella zona sismica 2.

Con la deliberazione della Giunta Regionale Toscana n. 431 del 19 giugno 2006 viene approvata la ri-classificazione sismica del territorio regionale. In particolare l'entrata in vigore della ri-classificazione, per i 106 comuni classificati sismici in zona 3S, coincide con il giorno di entrata in vigore della legge regionale in corso di approvazione in Consiglio Regionale.

Ai sensi della suddetta deliberazione il Comune di Pisa passa dalla classificazione sismica in zona 2 a quella in zona 3s.

Con la deliberazione della Giunta Regionale Toscana n. 421 del 26 maggio 2014 viene approvata la ri-classificazione sismica del territorio regionale.

Ai sensi della suddetta deliberazione il Comune di Pisa passa nella classe sismica in zona 3.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14/01/2008 la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

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.

Le misure sismiche ottenute tramite un indagine sismica di tipo Masw, realizzata nelle vicinanze dell'area di interesse, hanno consentito di ottenere i seguenti valori:

$$V_{s30} = 161 \text{ m/s}$$

Da questo valore della velocità equivalente delle onde di taglio nei primi trenta metri il sito in esame ricade nella categoria di suolo D: "Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori 180 m/s (ovvero $15 < N_{spt30}$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70 \text{ Kpa}$ nei terreni a grana fina", come riportato nella tabella seguente:

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo a 3 m
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ 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/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ Kpa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori 180 m/s (ovvero $15 < N_{spt30}$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ Kpa nei terreni a grana fina)
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento con Vs30 > 800 m/s.
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero a $10 < c_{u30} < 20$ 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.

Per quanto riguarda le condizioni topografiche, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

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 ed inclinazione $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $i > 30^\circ$

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento Pvr:

a_g = accelerazione massima del sito;

F_o = 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.

Via	argonne	n°	
Comune	pisa	Cap	
Provincia		Cerca	
Coordinate WGS84			
Latitudine		°	
Longitudine		°	Cerca
(1)* Coordinate WGS84			
Lat. 43,694462		° Long. 10,440103	
(1)* Coordinate ED50			
Lat. 43,695428		° Long. 10,441103	
Classe dell'edificio			
II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubblici			
Vita nominale			
(Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)			
Cu = 1			
50			

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_o	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0,039	2,574	0,220
Danno (SLD)	50	0,048	2,546	0,249
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,118	2,430	0,280
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,153	2,385	0,283
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			



Calcolo dei 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
Ss *				
Amplificazione stratigrafica	1,80	1,80	1,80	1,80
Cc *				
Coeff. funz categoria	2,67	2,50	2,36	2,35
St *				
Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,014	0,017	0,051	0,066
kv	0,007	0,009	0,025	0,033
Amax [m/s²]	0,683	0,850	2,082	2,704
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

I valori Ss, amplificazione stratigrafica, ed il coefficiente Cc, coefficiente funzione della categoria, variano in funzione dei valori precedentemente calcolati F0, Tc e ag e di seguito tabellati:

Categoria sottosuolo	Ss	Cc
A	1	1
B	$1,00 < 1,40 - 0,40 F_0 ag/g \leq 1,20$	1,10 (T*c)-020
C	$1,00 < 1,70 - 0,60 F_0 ag/g \leq 1,50$	1,05 (T*c)-033
D	$0,90 < 2,40 - 1,50 F_0 ag/g \leq 1,80$	1,25 (T*c)-050
E	$1,00 < 2,00 - 1,10 F_0 ag/g \leq 1,60$	1,15 (T*c)-040

Per quanto riguarda i valori di ST, amplificazione topografica, varia in funzione delle categorie topografiche definite in precedenza e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

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

Dal valore nominale di ag (g) si passa a Amax (m/s²) attraverso la seguente formula:

$$A_{max} = ag * 9.81 * S$$

Dove

$$S = S_s * S_t$$

Per cui per SLV avremo

$$A_{max} = 2.082 \text{ m/s}^2$$

Per cui avremo per SLD

$$A_{max} = 0.850 \text{ m/s}^2$$

7 CONSIDERAZIONI SU PERICOLOSITA' E RISCHIO IDRAULICO

L'area d'intervento non rientra negli ambiti dei corsi d'acqua presenti ed inseriti nell'elenco del PIT (DCR 37 del 27 marzo 2015) rappresentati dal F. Arno con il codice PI 707.

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 P1 a pericolosità da alluvione bassa (fig.4).

La carta delle aree allagate a corredo del P.S. del Comune di Pisa pone l'area di interesse al di fuori di quelle soggette ad allagamento.

Il Piano Territoriale di Coordinamento (PTC) della Provincia di Pisa definisce per l'area in oggetto una Pericolosità idraulica media, sottoclasse 3a.

Nell'area interessata dalle opere in progetto, il sistema di deflusso delle acque superficiali, pur essendo condizionato dal livello idrico dei canali circostanti, non evidenzia carenze di drenaggio tali da provocare allagamenti o ristagni prolungati.

Alla luce di quanto esposto si ritiene che il rischio idraulico nell'area in questione sia legato essenzialmente ad episodi di piogge di notevole intensità e breve durata che possono creare locali e temporanei ristagni resi possibili dalle basse pendenze del terreno.

Al fine di evitare allagamenti dei locali posti a piano terra, sono a nostro avviso sufficienti elevazioni dei primi solai, di circa 20-30 cm rispetto al p.c., predisponendo opportune pendenze dei terreni a partire dai fabbricati in modo da drenare e convogliare le acque verso i recapiti finali. Qualora previsti scantinati, si ritiene opportuno effettuare accorgimenti tecnici atti ad impedire l'ingresso di eventuali acque ai locali interrati mediante sopraelevazione degli accessi ai locali sopra quota indicata; anche eventuali aperture, luci e prese d'aria dovranno essere posizionate sopra quota indicata o dovranno essere dotati di accorgimenti tecnici atti ad impedire l'ingresso delle acque.

L'intervento non produrrà variazioni alla pericolosità idraulica esistente nella zona e non aggraverà neanche la pericolosità ed il rischio nelle aree limitrofe

Inoltre, in fase di progettazione delle opere di urbanizzazione primaria, si consiglia di dimensionare adeguatamente gli smaltimenti delle acque pluviali e di scarico, in maniera tale da evitare, durante eventi piovosi particolarmente intensi e di breve durata, fenomeni di allagamento o intasamento del sistema di allontanamento delle acque.

8. CARATTERI GEOTECNICI E STRATIGRAFICI DEI TERRENI

Le caratteristiche geotecniche e la stratigrafia dei terreni sono stati determinati tramite l'analisi di varie prove penetrometriche statiche e dinamiche realizzate nelle vicinanze dell'area, in parte eseguite per studi precedenti ed in parte estratte dal SIT della Provincia di Pisa.

Integrando i dati ottenuti dalle prove analizzate si è potuto ricostruire la successione lito-stratigrafica e ottenere una caratterizzazione geotecnica dei terreni costituenti il substrato.

Di seguito si riporta la stratigrafia e le caratteristiche geotecniche attribuite alle litologie presenti.

da 0.00 a 0.40 metri dal p.d.c. è presente terreno vegetale;

da 0.40 a 2.40 metri dal p.d.c. si hanno argille talvolta limose o sabbiose con peso di volume γ compreso tra 1.68 e 1.90 Kg/dmc, m_v compreso tra 17.1 e 42.2 cmq/tonn e c_u compresa tra 0.3 e 0.8 Kg/cm²;

da 2.40 a 4.20 metri dal p.d.c. si hanno argille consistenti con peso di volume γ compreso tra 1.85 e 1.95 Kg/dmc, m_v compreso tra 6.8 e 13.8 cmq/tonn e c_u superiore a 1.0 Kg/cm²;

da 4.20 a 7.60 metri dal p.d.c. si hanno argille talvolta limose o sabbiose con peso di volume γ compreso tra 1.54 e 1.92 Kg/dmc, m_v compreso tra 16.7 e 33.7 cmq/tonn e c_u compresa tra 0.35 e 0.7 Kg/cm²;

da 7.60 a 10.00 metri dal p.d.c. si hanno argille e argille organiche con peso di volume γ compreso tra 1.49 e 1.80 Kg/dmc, m_v compreso tra 16.7 e 71.8 cmq/tonn e c_u compresa tra 0.1 e 0.26 Kg/cm².

9. PERICOLOSITA' E FATTIBILITA' DELL'AREA SOGGETTA A PIANO ATTUATIVO, AI SENSI DEL D.P.G.R. N. 53/R DEL 25/10/2011

In questa sede si è proceduto a riformulare le valutazioni di pericolosità ai sensi del D.P.G.R. 53R/2011 (fig. 5), sulla base dell'esame degli elementi geologici e delle indagini analizzate, caratterizzanti il sito di interesse.

Per quanto riguarda la pericolosità, si ha:

-pericolosità geologica: a seguito delle indagini analizzate, che hanno individuato depositi alluvionali, costituiti prevalentemente da sedimenti di natura coesiva, per lo più argillosi talvolta con intercalazioni di natura granulare, da moderatamente compressibili a compressibili, si definisce una pericolosità geologica elevata (**G3**): aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%.

-pericolosità idraulica: gli studi idraulici disponibili (P.T.C. – Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa e il PGRA, Piano di Gestione Rischio Alluvioni del Distretto Appennino Settentrionale, classe di pericolosità idraulica P.I.1; carta delle aree allagabili a corredo del P.S. del Comune di Pisa) hanno evidenziato che il sito in esame non risulta esposto a particolari situazioni di rischio idraulico per eventi alluvionali dell'Arno.

Pertanto per il comparto in oggetto si stabilisce una pericolosità idraulica media (**I2**): aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < TR < 500$ 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 media le aree di fondovalle per le quali ricorrano le seguenti condizioni: a) non vi sono notizie storiche di inondazioni; b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

-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. La ri-classificazione sismica del territorio regionale ai sensi della D.G.R.T. n. 878 del 08/10/2012 inserisce il Comune di Pisa nella "zona 3".

L'aggiornamento della classificazione sismica Toscana, a sei anni di distanza dall'entrata in vigore della precedente classificazione (D.G.R.T. n. 431 del 19 giugno 2006), 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 (NTC 2008) 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.

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 dalle indagini geognostiche e geofisiche analizzate, per l'area soggetta a Piano Attuativo si ottiene una pericolosità sismica locale elevata (**S3**): *zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie); zone stabili suscettibili di*

amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.

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. 53R/2011.

E' stata redatta infine un'unica cartografia (fig. 5) in cui sono riassunte le classi di fattibilità per l'area in oggetto:

Per la porzione soggetta ad edificazione privata:

-fattibilità in relazione agli aspetti geologici: in riferimento alle indagini geognostiche analizzate, l'intervento edilizio programmato assume una fattibilità **(FG3)**. La fase di progettazione esecutiva deve essere corredata da una campagna di indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche (conforme alla normativa vigente in materia di costruzioni in zone sismiche D.M. 14/01/2008 e D.P.G.R. 36/R del 09/07/2009), allo scopo di aumentare il dettaglio delle conoscenze geologiche, geotecniche e geofisiche del comparto, affinare le parametrizzazioni geotecniche dei terreni in modo da permettere la corretta scelta del tipo di fondazione, illustrandone i risultati nella relazione geotecnica di supporto al progetto esecutivo;

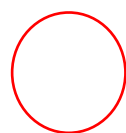
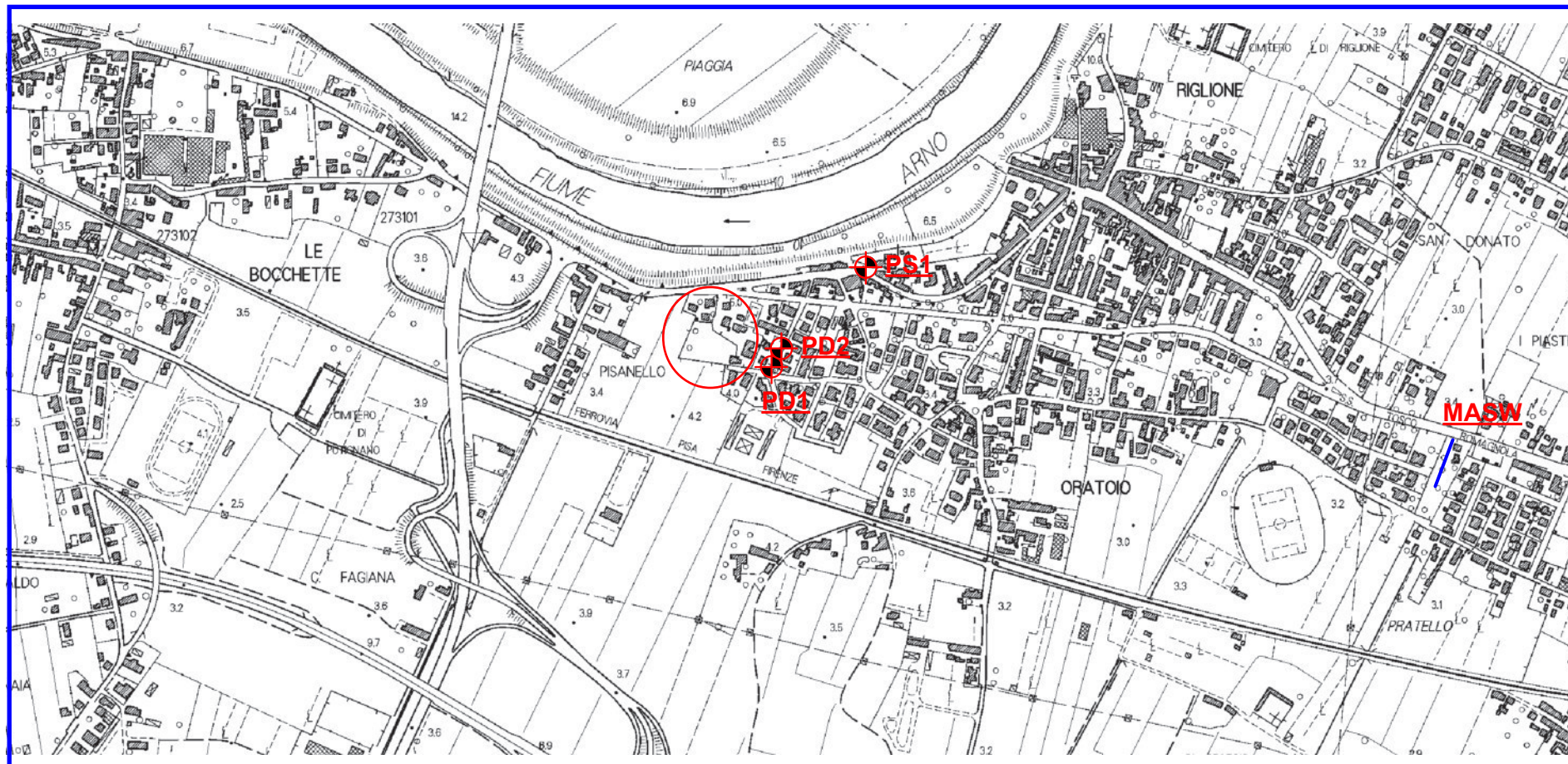
-fattibilità in relazione agli aspetti idraulici. Nell'area in oggetto la classe di pericolosità idraulica ai sensi del PAI, è P.I.1 a pericolosità moderata. La carta delle aree allagabili a corredo del P.S. del Comune di Pisa non definisce particolari problematiche per l'area.

Pertanto alla luce di quanto sopra riportato si attribuisce una fattibilità **(FI2)**;

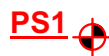
-fattibilità in relazione agli aspetti sismici: in virtù della pericolosità sismica locale S3 e della prospezione sismica MASW analizzata e realizzata nelle vicinanze si assegna una fattibilità **(FS3)**.

In fase esecutiva dovrà essere eseguita una campagna di indagini geofisica e geotecnica in conformità alla normativa vigente in materia di costruzioni in zone sismiche (D.M. 14/01/2008 e D.P.G.R. 36/R del 09/07/2009), che definisca 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, applicabili successivamente alle fasi di progettazione.

10. FIGURE E ALLEGATI



Area oggetto di indagine

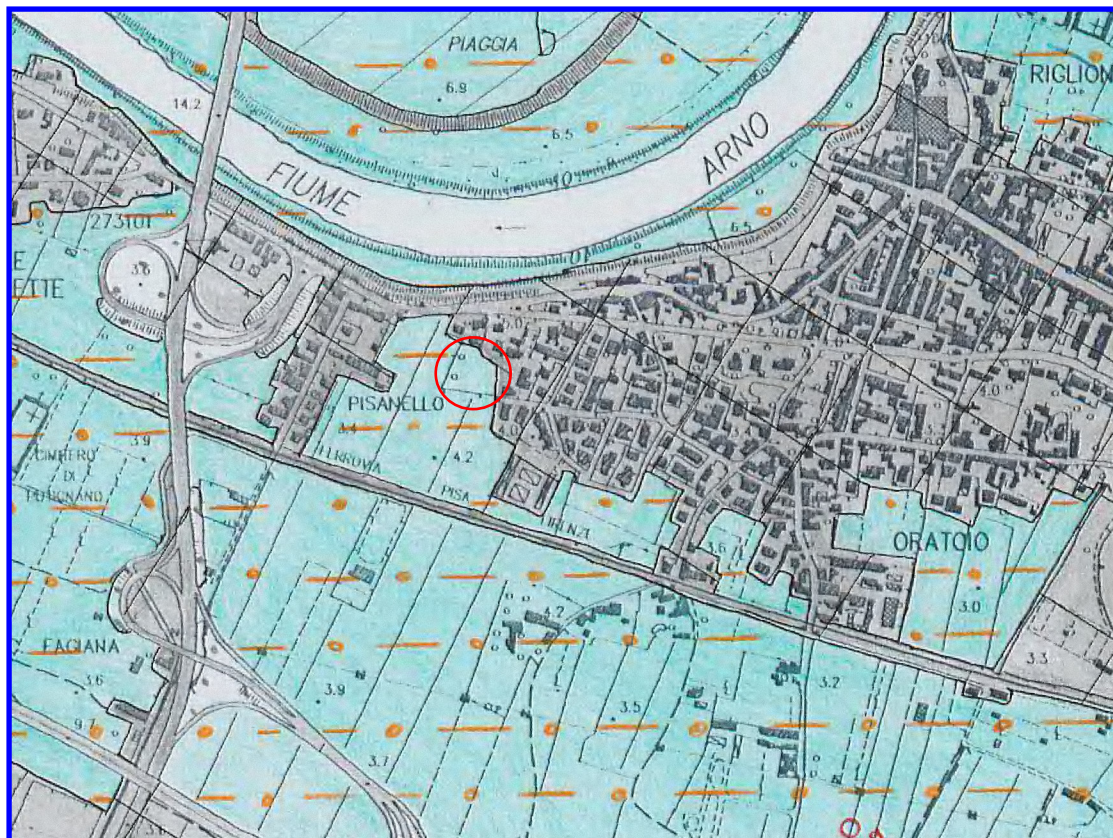


PS1 Prove penetrometriche analizzate nell'ambito del presente studio

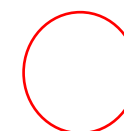
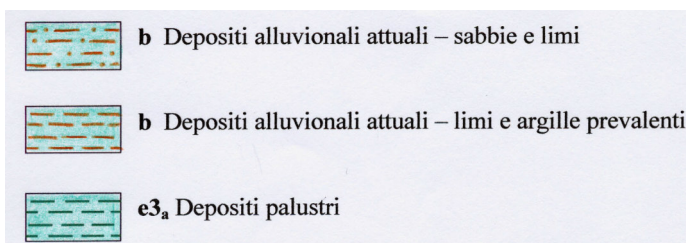
MASW

Indagine sismica analizzata nell'ambito del presente studio

Figura 1: Inquadramento area oggetto di indagine

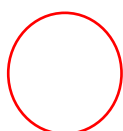


Scala 1: 10.000



Area oggetto di indagine

Figura 2: Carta geologica dell'area oggetto di indagine tratta dal progetto CARG della Regione Toscana



Area oggetto di indagine



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



Classe 4 - PERICOLOSITÀ ELEVATA: include la fascia costiera interessata da fenomeni di erosione o sedimentazione, zone poste a quote inferiori al livello del mare (minore di 0), aree non protette da opere idrauliche per le quali sussistono notizie storiche di inondazioni e sono situate a quote altimetriche inferiori a 2 m. rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza il ciglio di sponda; aree depresse permanentemente allagate.



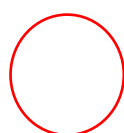
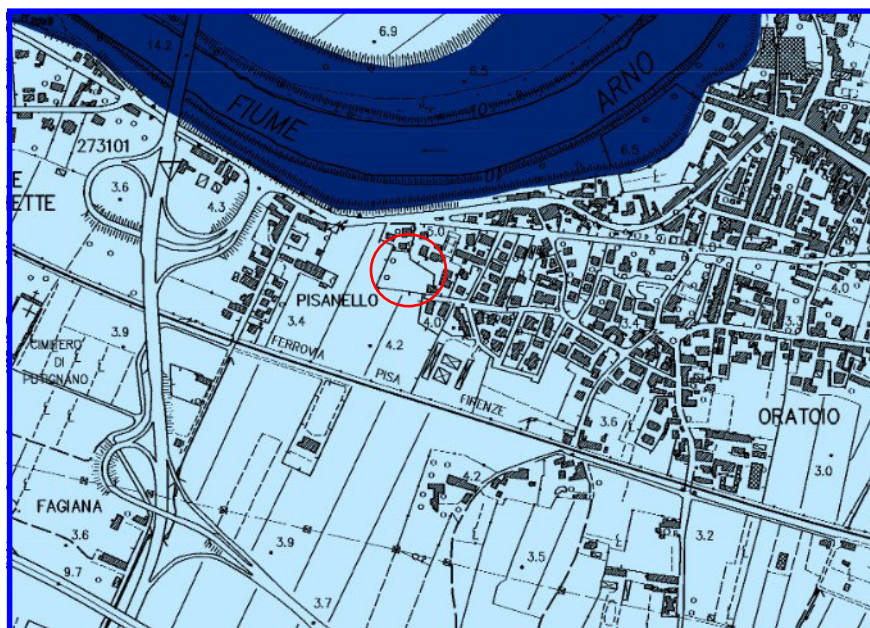
COMUNE DI PISA

PIANO STRUTTURALE

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

Elaborato quadro conoscitivo **B.2.2**
CARTA DELLA PERICOLOSITA'
Scala 1:20.000

Figura 3: Carta della Pericolosità Geomorfologica tratta dal P.S. del Comune di Pisa



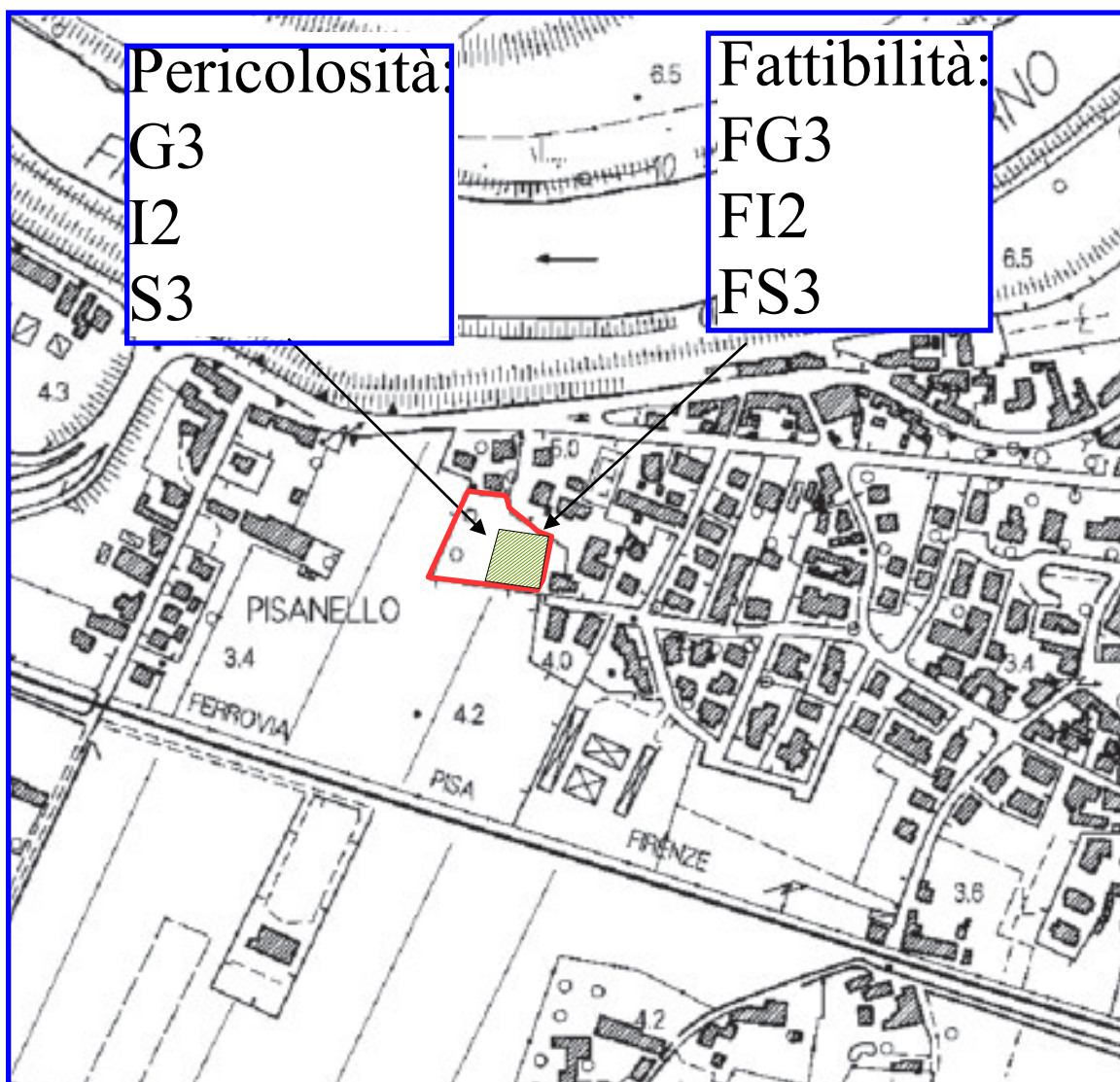
Area oggetto di indagine

P1

P2

P3

Figura 4: Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) Distretto Appennino Settentrionale



Area di Piano Attuativo



Area soggetta ad edificazione privata

Figura 5: Attribuzione classi di pericolosità e fattibilità ai sensi del D.P.G.R. 53R/2011

INDAGINE SISMICA MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Località: Montione - Cascina (PI)

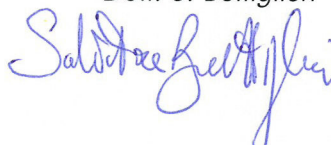
Committente: Dott. Geol. Giacomo Monticelli

RELAZIONE TECNICA

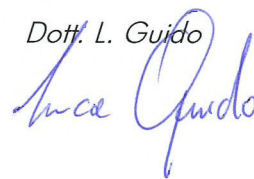
Marzo 2011

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

Dott. S. Buttiglieri



Dott. L. Guido



Indice

1 - PREMESSA	2
2 - INDAGINE GEOFISICA MASW: DESCRIZIONE DEL METODO E DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	3
2.1 - Indagini sismiche MASW	3
2.2 - Caratteristiche della strumentazione	5
3 - ELABORAZIONE DEI DATI ACQUISITI	7
4 - CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE (D.M. 14/01/2008)	9

1 – PREMESSA

In data 18/03/2011, in loc. Montione nel comune di Cascina (PI), è stata effettuata 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.

Nella foto seguente si riporta l'ubicazione della prospezione M.A.S.W. eseguita.



traccia del profilo sismico M.A.S.W.

2 - INDAGINE GEOFISICA MASW: DESCRIZIONE DEL METODO E DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

2.1 - Indagini sismiche MASW

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 MASW (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 MASW 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 MASW attivo che consente la classificazione sismica dei suoli, in quanto fornisce il profilo di velocità entro i primi 30 m di profondità.

Il metodo MASW 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 , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson ν), la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, 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.

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.

Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson ν , la densità di massa ρ e si variano lo spessore h e la velocità V_s degli strati.

Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità V_s e degli spessori h , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale. 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. Si ricordi quanto già è stato 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.

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.



sismografo

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 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 seguente).



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 MASW attiva è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico.

La sorgente è stata posta ad una distanza di 5 m circa dal primo geofono (Optimum Field Parameters of an MASW Survey", Park et al., 2005; Dal Moro, 2008).

Caratteristiche tecniche:

<ul style="list-style-type: none">- 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	<ul style="list-style-type: none">- 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 (winMASW 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 MASW 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. 1).

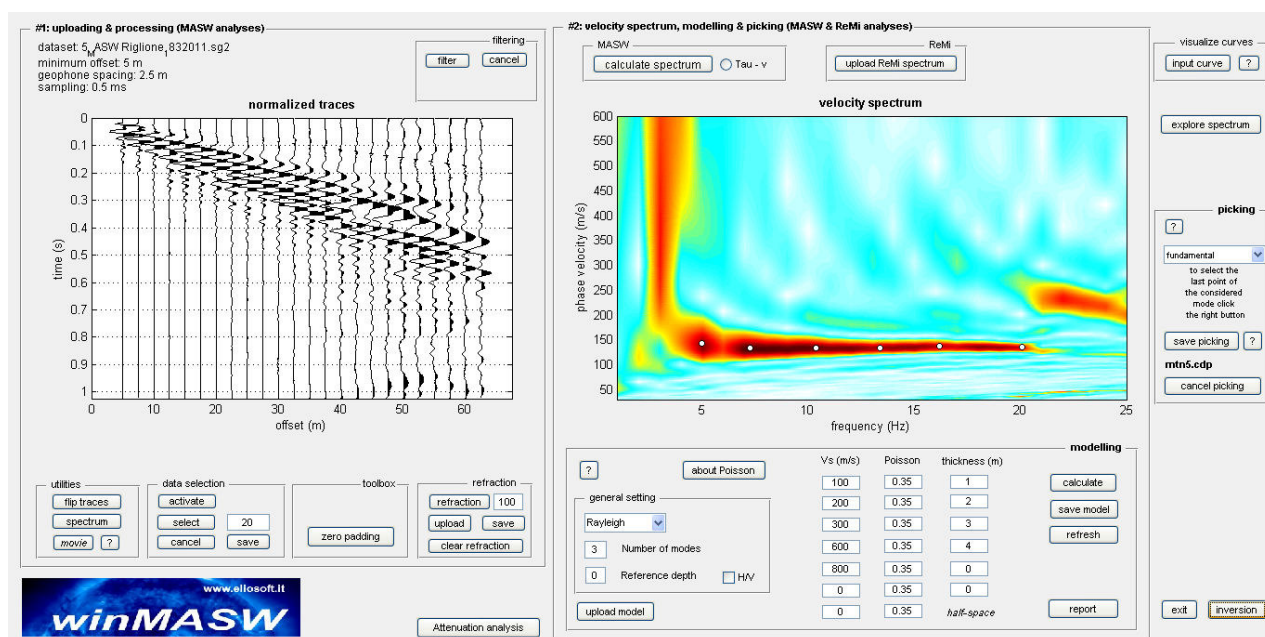


Fig. 1

- Terza fase: calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando in maniera opportuna lo spessore h , le velocità delle onde V_s e V_p , e la densità di massa ρ degli strati costituenti il modello del suolo fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato. (Figg. 2 e 3);

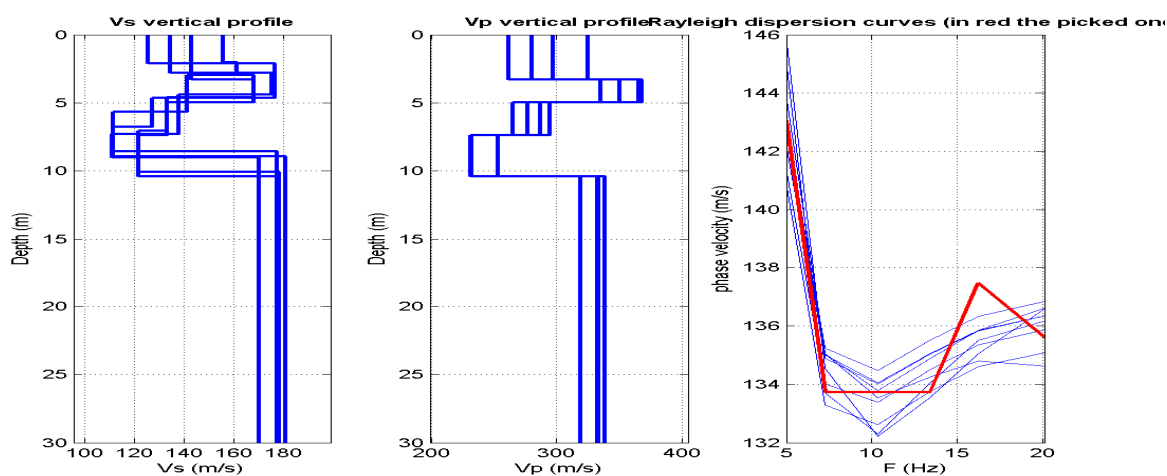


Fig. 2

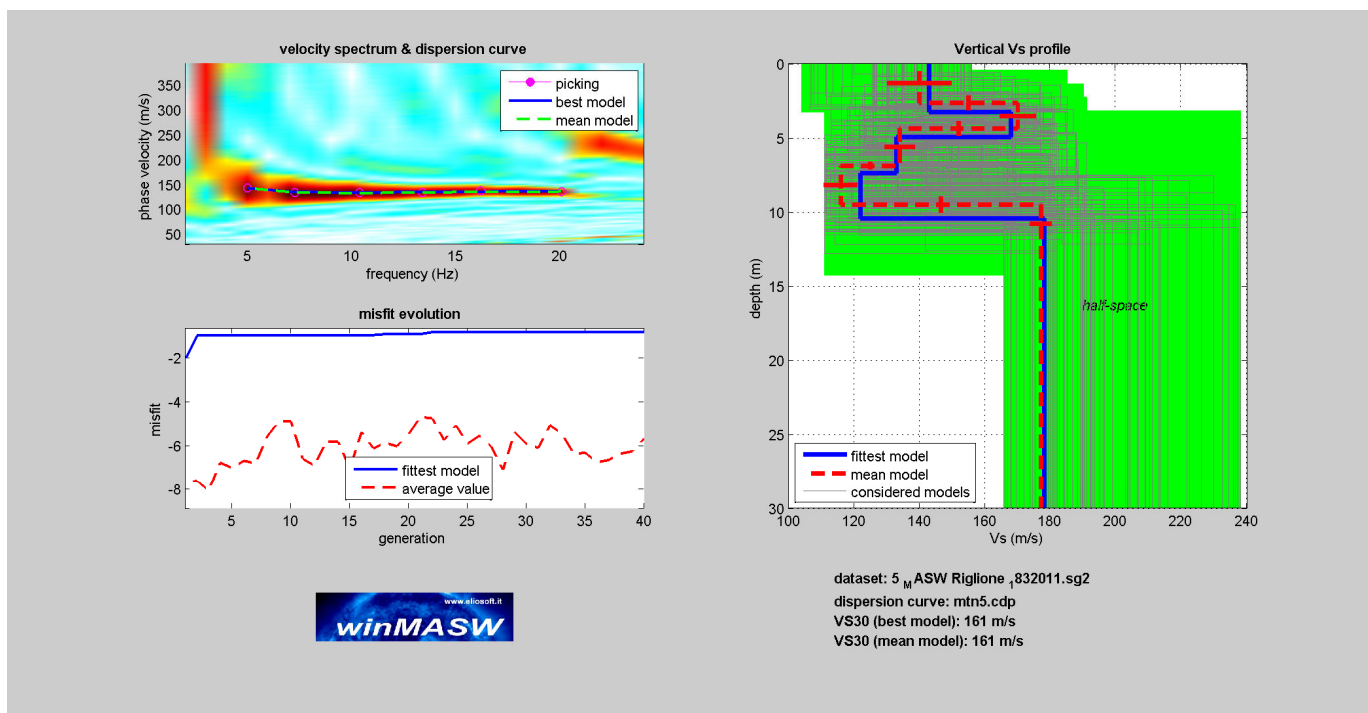


Fig. 3

4 - CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE (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 mediate, 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 si identificano le seguenti Categorie di Sottosuolo:

categoria	descrizione
A	<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	<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 $Cu_{, 30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)
C	<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 $70 \text{ kPa} < Cu_{, 30} < 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina)
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di 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} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt, 30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{, 30} < 70 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fine)
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s).
S1	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
S2	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 Vs30 attraverso la seguente formula (D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni"):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

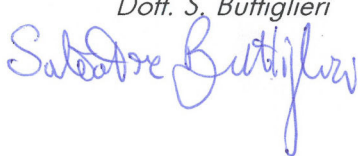
Il valore medio di Vs30 calcolato è di **161 m/sec.**

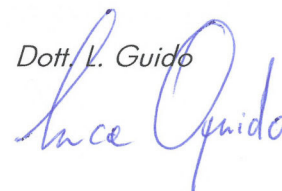
In riferimento al D.M. 14/01/2008, il terreno indagato rispetto ai valori della normativa risulta un sottosuolo di **categoria D**, ovvero si tratta di *"depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti,"* con valori di $V_{s30} < 180$ m/s.

Si precisa che il valore di Vs30 è stato valutato con riferimento al piano campagna. 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, così da potere determinare l'effettiva categoria di suolo

Pisa, Marzo 2011

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

Dott. S. Buttiglieri


Dott. L. Guido


parametri geotecnici stimati

PROFONDITA' [metri]	Rp [Kg/cmq]	Rl [Kg/cmq]	Rp/Rl	Rt [Kgf]	δ [Kg/dmc]	σ_{ov} [Kg/cmq]	ϕ [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cmq]	Mv [cmq/t]	Colonna Stratig.
0.2					1,90	,04	7	-	-	-	
0.4					1,90	,08	-	-	-	-	
0.6					1,90	,11	-	-	-	-	
0.8	21	1,3	16,6	712	1,92	,15	-	-	,83	19,0	=====
1.0	8	1,6	5	352	1,51	,18	-	-	,31	42,2	"."."."
1.2	12	,4	30	252	1,90	,22	-	-	,47	21,2	=====
1.4	15	,3	45,0	262	1,68	,25	-	-	,59	17,8	=====
1.6	10	,4	25	244	1,90	,29	-	-	,39	23,4	=====
1.8	7	,3	21	234	1,75	,33	-	-	,27	29,7	=====
2.0	17	,5	36,4	284	1,69	,36	-	-	,67	17,1	=====
2.2	20	,8	25	574	1,92	,40	-	-	,78	20	=====
2.4	36	,9	38,6	754	1,78	,44	29	-	-	9,3	=====
2.6	34	1,7	19,6	905	1,95	,47	-	-	1,34	11,8	=====
2.8	42	1,7	25,2	915	1,97	,51	-	-	1,66	9,5	=====
3.0	36	1,3	28,4	925	1,96	,55	-	-	1,42	11,1	=====
3.2	36	1,7	20,8	905	1,96	,59	-	-	1,42	11,1	=====
3.4	49	1,5	33,4	1045	1,85	,63	30	-	-	6,8	=====
3.6	32	2,7	12	1116	1,95	,67	-	-	1,25	12,5	=====
3.8	39	2	19,5	956	1,96	,71	-	-	1,53	10,3	=====
4.0	44	1,8	24,4	886	1,98	,75	-	-	1,73	9,1	=====
4.2	29	2,3	12,4	906	1,94	,79	-	-	1,13	13,8	=====
4.4	22	1,3	16,5	656	1,93	,82	-	-	,85	18,2	=====
4.6	19	1,3	14,3	757	1,92	,86	-	-	,73	19,7	=====
4.8	24	1,3	18,0	757	1,93	,90	-	-	,92	16,7	=====
5.0	20	1,3	15	717	1,92	,94	-	-	,76	20	=====
5.2	18	1,8	10	707	1,61	,97	-	-	,68	20,6	"."."."
5.4	12	1,5	8,2	757	1,55	1,00	-	-	,44	30,9	"."."."
5.6	19	,8	23,8	749	1,92	1,04	-	-	,72	19,7	=====
5.8	18	,7	24,5	759	1,92	1,08	-	-	,68	19,5	=====
6.0	19	,5	35,6	759	1,70	1,11	-	-	,72	16,7	=====
6.2	15	,8	18,8	909	1,91	1,15	-	-	,55	19,7	=====
6.4	14	,7	21	1039	1,91	1,19	-	-	,51	20,0	=====
6.6	16	,6	26,7	1000	1,91	1,23	-	-	,59	19,5	=====
6.8	11	,9	11,8	1010	1,54	1,24	-	-	,39	33,7	"."."."
7.0	10	,5	21,4	1050	1,90	1,26	-	-	,35	23,4	=====
7.2	18	,5	38,6	1160	1,69	1,27	-	-	,67	16,8	=====
7.4	15	,6	25	1200	1,91	1,29	-	-	,55	19,7	=====
7.6	17	,8	21,3	1262	1,92	1,31	-	-	,63	19,4	=====
7.8	16	,3	48,0	1242	1,68	1,32	28	2	-	16,7	=====
8.0	7	,3	21	1232	1,75	1,34	-	-	,23	29,7	=====
8.2	7	,2	35	1302	1,75	1,35	-	-	,23	29,7	=====
8.4	12	,1	90,0	1332	1,66	1,36	28	2	-	16,7	=====
8.6	6	,3	22,5	1393	1,70	1,38	-	-	,18	33,4	=====
8.8	8	,3	30	1463	1,80	1,39	-	-	,26	27,0	=====
9.0	8	,3	24	1503	1,80	1,41	-	-	,26	27,0	=====
9.2	6	,4	15	1533	1,49	1,42	-	-	,18	51,8	"."."."
9.4	4	,3	15	1593	1,47	1,43	-	-	,10	71,8	"."."."
9.6	4	,2	20	1654	1,60	1,44	-	-	,10	46,8	=====
9.8	5	,2	25	1704	1,65	1,45	-	-	,14	38,7	=====
10.0	8	,2	40	1754	1,64	1,47	-	-	,26	26,0	=====
10.2	12	,3	36,0	1744	1,66	1,48	-	-	,42	19,8	=====
10.4	10	,5	18,8	1744	1,90	1,50	-	-	,34	23,4	=====
10.6	8	,5	17,1	1874	1,80	1,51	-	-	,26	27,0	=====
10.8	14	,4	35	2014	1,67	1,53	-	-	,50	18,3	=====
11.0	20	,6	33,3	2124	1,70	1,54	-	-	,74	16,7	=====
11.2	17	,9	18,2	2224	1,92	1,56	-	-	,62	19,4	=====

