



COMUNE DI EMPOLI

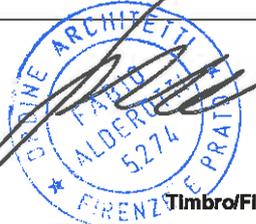
Provincia di Firenze

PIANO ATTUATIVO DI RECUPERO

ai sensi dell'art. 73 L.R. n. 2/2005

Schema Norma n. 1.2 "Ex Vitrum"

via G. Da Empoli - via Tripoli - Via Ricasoli - Via Curtatone e Montanara

<p>Progettista Architetto Fabio Alderotti Studio architettura Alderotti info@architetturaalderotti.it Piazza Antonio Gramsci n. 42 / 43 50053 Empoli (FI)</p>  <p>Timbro/Firma</p>	<p>Comune/Ente</p>
<p>Per la parte geologica Geologo Massimo Pellegrini</p> <p>Timbro/Firma</p>	
<p>Proprietà COOPERATIVA EDIFICATRICE RICASOLI - SOC. COOP. A.R.L. via Filippo Brunelleschi, 3 59100 PRATO Part. IVA 01899370975</p>  <p>Timbro/Firma</p>	

<p>Oggetto</p> <h1>RELAZIONE GEOLOGICA</h1>	<h1>RG</h1>
--	-------------

<p>Codice 20 - B - 01</p>	<p>Percorso file: LAVORO STUDIO/Cod. cliente_20_Ex Vitrum/Piano Attuativo di Recupero 2014</p>	<p>DATA Marzo 2014</p>	
<p>Consegna 1 Marzo 2014</p>	<p>Motivo PROGETTO PIANO ATTUATIVO DI RECUPERO</p>	<p>N° Protocollo</p>	<p>Ente</p>
<p>Consegna 2</p>	<p>Motivo</p>		
<p>Consegna 3</p>	<p>Motivo</p>		

Il presente disegno non potrà essere prodotto né consegnato a terzi né utilizzato per scopi diversi da quello di destinazione senza l'autorizzazione scritta di questo studio tecnico che ne detiene la proprietà, art. 99 L.22-04-41 n.633.



Expertise and Efficiency in Environmental and Engineering Consultancy Services

**COMUNE DI EMPOLI
PIANO DI RECUPERO "EX VITRUM"
INDAGINI GEOLOGICHE DI FATTIBILITA'**

Richiedente:

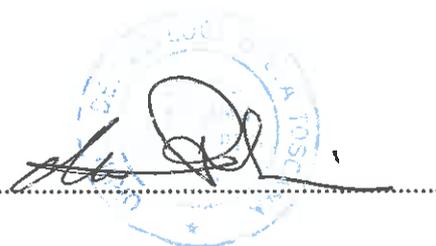
COOPERATIVA EDIFICATRICE RICASOLI A.R.L.

RELAZIONE GEOLOGICA

Marzo 2014

Emesso e rivisto da:

Dott. Geol. Massimo Pellegrini.....



INDICE

	Pagina
1. – PREMESSA	3
2. - NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
3. - PARAMETRI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI, IDROGEOLOGICI	6
3.1. - Geomorfologia e paesaggio.....	6
3.2. - Geologia.....	6
3.2.1 - Quadro stratigrafico locale.....	8
3.2. – Quadro geomorfologico	11
3.3 – Quadro idrogeologico	12
4. - QUADRO LITOTECNICO	16
4.1 – Quadro geotecnico parametrico.....	17
5. - SISMICITÀ	18
5.1. Indagini sismiche eseguite. Cenni metodologici.....	21
5.2 - Risultati	23
6. – PERICOLOSITA' DEL TERRITORIO	27
6.1. - Pericolosità Geologica-Geomorfologica.....	27
6.2. - Pericolosità Sismica Locale.....	28
6.3 - Pericolosità Idraulica.....	29
7. FATTIBILITA'	32

Annessi:

ANNESSE I – Indagini geognostiche di riferimento

ANNESSE 2 – Indagine geofisica



1. - PREMESSA

Su incarico della COOPERATIVA EDIFICATRICE RICASOLI A.R.L. di Prato, sono state eseguite indagini e valutazioni geologiche di fattibilità in relazione al Piano di Recupero dell'area "ex Vitrum", sita in via Bettino Ricasoli a Empoli.

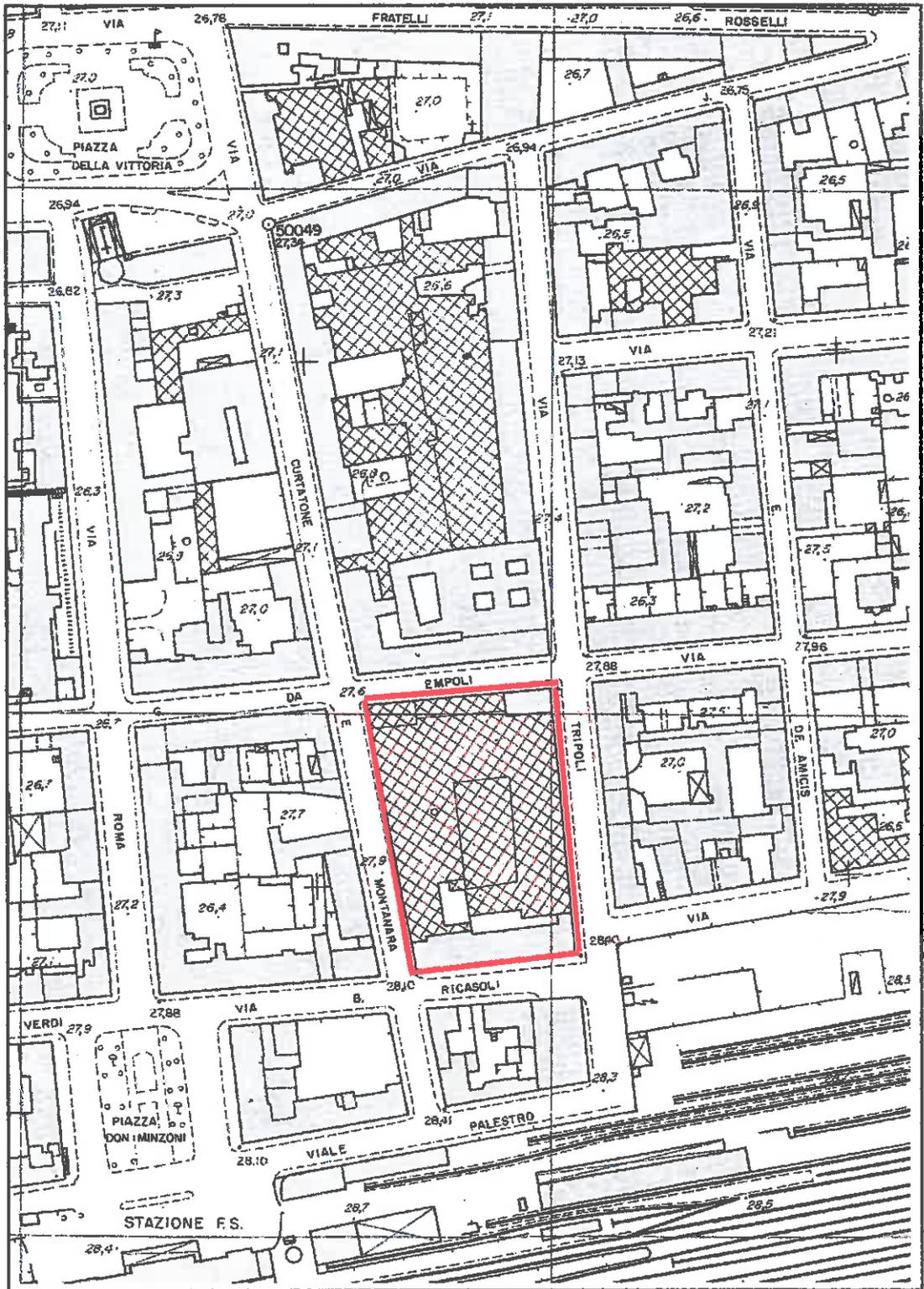
Lo scopo dell'indagine è stato quello di ricostruire il quadro geostratigrafico locale, di valutare le caratteristiche geologiche-idrogeologiche, litotecniche e sismiche dell'area di studio, allo scopo di definire i quadri di pericolosità e le condizioni di fattibilità del piano e di fornire al progettista tutte le informazioni necessarie per gli interventi. Per la ricostruzione del quadro geologico tecnico si è fatto riferimento, oltre che a indagini appositamente eseguite, anche a dati derivanti da studi effettuati su aree limitrofe o comunque non distanti da quella in esame e/o eseguite a supporto del Piano Strutturale comunale¹.

L'ubicazione dell'area interessata dal progetto è riportata nella planimetria di FIG. 1.1.

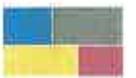
¹ - *Relazione Geologica di Fattibilità P.U.A. Area Ex Vitrum Empoli- Dott. Geol. Ilio Fedeli Novembre 2005;*
- *Comune di Empoli. Piano Strutturale - Indagini geologico-tecniche di supporto alla pianificazione urbanistica. GETAS 2012.*



FIG. 1.1 – COROGRAFIA



Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore



2. - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le norme di riferimento sono contenute in:

- P.A.I. Autorità di Bacino Fiume Arno.
- L.R. 3 gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio).
- OPCM n. 3519 del 28.04.2006.
- Deliberazione di G.R. del 19.06.2006, n. 431 – Classificazione sismica regionale.
- D.M. 14 gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- DPGR 9 luglio 2009 n. 36/R - Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della L.R. 3 gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico."
- DPGR 2 novembre 2011 n.53/R – 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.



3. - PARAMETRI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI, IDROGEOLOGICI

3.1. - Geomorfologia e paesaggio

L'area d'intervento è ubicata nel centro urbano di Empoli tra le vie G. da Empoli, Tripoli, Ricasoli, Curtatone e Montanara, ad una quota sul livello mare compresa tra 27 e 28 metri, ed è attualmente occupata da un insediamento industriale (ex Vitrum) in disuso e abbandono e in stato di avanzato degrado. L'area è pianeggiante e fa parte dell'ampia pianura alluvionale, che copre i circa 2/3 del territorio comunale di Empoli, e formatasi a seguito degli apporti sedimentari dell'Arno, dell'Elsa dei Torrenti Orme ed Ormicello e di altri corsi minori. Più in dettaglio la piana alluvionale può essere divisa in tre settori:

- Piana dell'Arno: è la più estesa e costituisce una fascia allungata Est-Ovest, compresa tra la riva sinistra idrografica del Fiume Arno ed il sistema collinare. In questa zona sono riconoscibili tracce delle divagazioni antiche dell'Arno. Un esempio è rappresentato dalla zona di Arnovecchio ad Est di Empoli dove risulta evidente la presenza dell'alveo morto del fiume, il cui percorso si è regolarizzato nei tempi storici all'altezza di Limite-Tinaia.
- Piana del Fiume Elsa: si congiunge alla piana dell'Arno in prossimità di Ponte a Elsa dopo aver seguito un andamento circa SE-NO stretto tra la riva destra idrografica dell'Elsa ed il limite occidentale delle colline.
- Piana dei Torrenti Orme e Ormicello: si congiunge anch'essa alla piana dell'Arno all'altezza di Pozzale dopo aver seguito un andamento articolato in numerose digitazioni create dalla confluenza del sistema di valli minori provenienti dalle colline.

L'area d'intervento è localizzata all'interno della Piana dell'Arno.

3.2. - Geologia



Con riferimento alla pianura si possono essenzialmente distinguere depositi alluvionali di età quaternaria, e terreni più antichi, di età pliocenica e facies marina, che costituiscono invece il substrato su cui poggiano i precedenti depositi alluvionali e che formano l'ossatura delle limitrofe zone collinari.

Le formazioni caratterizzanti il territorio comunale di Empoli, partendo dai termini più antichi, possono, quindi, essere così descritte:

Zona collinare e substrato

a) Formazioni marine plioceniche:

Argille azzurre di facies marina

Litologia: argille grigie e turchine, plastiche, con intercalazioni discontinue di sabbie fini più o meno limose che aumentano nella porzioni superiori della successione. La stratificazione è poco frequente.

Spessore: da 50 a 90 m affiorante; notevole sviluppo nel sottosuolo (Centinaia di metri).

Età: Pliocene medio - superiore.

Sabbie di facies marina

Litologia: livelli sabbiosi stratificati intercalati nelle argille (Pag). Le sabbie sono ben stratificate e presentano granulometria da media a fine. Sono debolmente cementate, poco coerenti, alternate a limi sabbiosi e sabbie limose. Nella parte orientale del settore collinare le sabbie mostrano passaggi laterali ai conglomerati.

Spessore: variabile e lenticolare. Ogni orizzonte sabbioso può comunque variare da pochi metri a oltre la decina, con bruschi ispessimenti o riduzioni.

Età: Pliocene medio - superiore.

Conglomerati

Litologia: orizzonti ciottolosi intercalati nelle argille (Pag). I ciottoli sono arrotondati, più o meno cementati ad elementi poligenici ma prevalentemente calcarei, immersi in matrice limoso-sabbiosa fine. Sono presenti alternanze metriche con banchi di sabbia.

Spessore: variabile, gli orizzonti presentano lo stesso comportamento descritto per le sabbie plioceniche di cui sono il passaggio laterale di facies.

Età: Pliocene medio - superiore.



b) Formazioni quaternarie continentali

Conglomerati, sabbie e limi fluvio-lacustri

Litologia: ghiaie e ciottoli ad elementi di Verrucano, appartenenti al ciclo alluvionale del Fiume Elsa e provenienti dagli alti tettonici di S. Gimignano e Monteriggioni con matrice sabbiosa e/o limosa.

Spessore: fino a 15 m in affioramento; superiore nel sottosuolo.

Età: Quaternario.

Sedimenti alluvionali terrazzati

Litologia: lembi di alluvioni terrazzate del ciclo alluvionale dell'Elsa costituiti da limi prevalenti con intercalati rari livelli di sabbia.

Spessore: variabile; comunque nell'ordine di una decina di metri.

Età: Olocene.

Zona di pianura

Sedimenti alluvionali

Le alluvioni attuale e recenti, non terrazzate, dell'Arno, dell'Elsa e degli affluenti minori in sinistra Arno, come già detto, formano la pianura che occupa gran parte della superficie del territorio comunale.

Come ricavabile sia in situ che dalle stratigrafie dei pozzi e dai risultati delle indagini geognostiche eseguiti nel tempo sulla piana, la natura litologica della coltre più superficiale è caratterizzata principalmente da una granulometria limoso-argillosa o limoso-sabbiosa. Anche in profondità le frazioni fini sono preponderanti rispetto agli orizzonti sabbiosi e ghiaiosi.

Spessore: variabile fino a 20-25 metri con un livello ciottoloso-ghiaioso basale, quasi sempre presente, di spessore massimo di 8-10 metri.

La ristretta area di intervento ricade in una zona caratterizzata dall'affioramento di depositi alluvionali prevalentemente limosi argillosi. Il quadro geologico locale è illustrato dalla Carta geologica di FIG. 3.1 (estratto da P.S Comune di Empoli. Getas Petrogeo s.r.l. 2012).

3.2.1 - Quadro stratigrafico locale



L'area dello stabilimento "ex Vitrum" ricade in zona caratterizzata da depositi alluvionali prevalentemente limosi e/o limosi argillosi e subordinatamente sabbiosi.

Per la ricostruzione del quadro stratigrafico locale oltre che dei dati stratigrafici recuperati relativamente al pozzo presente all'interno dello stabilimento, sono stati utilizzati i dati di due penetrometrie statiche eseguite entro l'area dell'ex Vitrum con le indagini del 2005 e di altre prove, ubicate in area limitrofa, eseguite nell'ambito di altri progetti. Si, è fatto inoltre riferimento ai dati stratigrafici del pozzo originariamente presente entro lo stabilimento e di un altro, ubicato in Via XI Febbraio, profondo 37 metri circa.

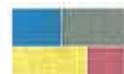
Le prove penetrometriche, spinte fino alla profondità di circa 15 m confermano la presenza di una successione di depositi alluvionali prevalentemente fini, caratterizzata da una relativa prevalenza di terreni limosi argillosi e/o limoso sabbiosi con livelli sabbiosi subordinati.

Il pozzo presente nello stabilimento conferma sostanzialmente il quadro stratigrafico ricostruito indirettamente con le penetrometrie; sinteticamente la successione dei terreni attraversati in fase di perforazione risulta la seguente:

da	a	
p.c.	-10.0 m	Limo e limo argilloso con livelletti sabbiosi e sabbie limose
-10.0 m	-15.0 m	Sabbie e sabbie limose
-15.0 m	-19.0 m	argilla limosa e limi argillosi grigi
-19.0 m	-30.0 m	Ghiaia

Un altro pozzo, ubicato lungo la vicina Via XI Febbraio, profondo invece 37 metri circa, permette una discretizzazione stratigrafica più dettagliata e spinta più in profondità:

da	a	
p.c.	-1.0 m	terreno di riporto
-1.0 m	-6.0 m	argilla sabbiosa gialla
-6.0 m	-12.0 m	argilla limosa limo sabbioso
-12.0 m	-25.0 m	limo
-25.0 m	-27.0 m	ghiaia limoso-argillosa
-27.0 m	-32.0 m	ghiaia e sabbia
-32.0 m	-34.0 m	argilla
-34.0 m	-35.0 m	ghiaia
-35.0 m	-36.5 m	argilla



Indipendentemente da una relativa differenza stratigrafica che può in parte essere dovuta alla distanza tra i due pozzi (circa 200-250 metri), in parte a differenti criteri di compilazione/ricostruzione stratigrafica, entrambi evidenziano una prevalenza di sedimenti prevalentemente coesivi, a bassa permeabilità nei primi 20-25 metri dal p.c., in cui tuttavia, almeno localmente, è presente tra i -10 e i -15 metri di profondità un livello sabbioso limoso. Depositi più grossolani da ghiaiosi a sabbiosi, talora anche caratterizzati da una matrice argillosa, si ritrovano a partire dalle suddette profondità. Il quadro geostratigrafico sopra descritto è schematicamente illustrato dalla sezione di FIG.3.2.

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

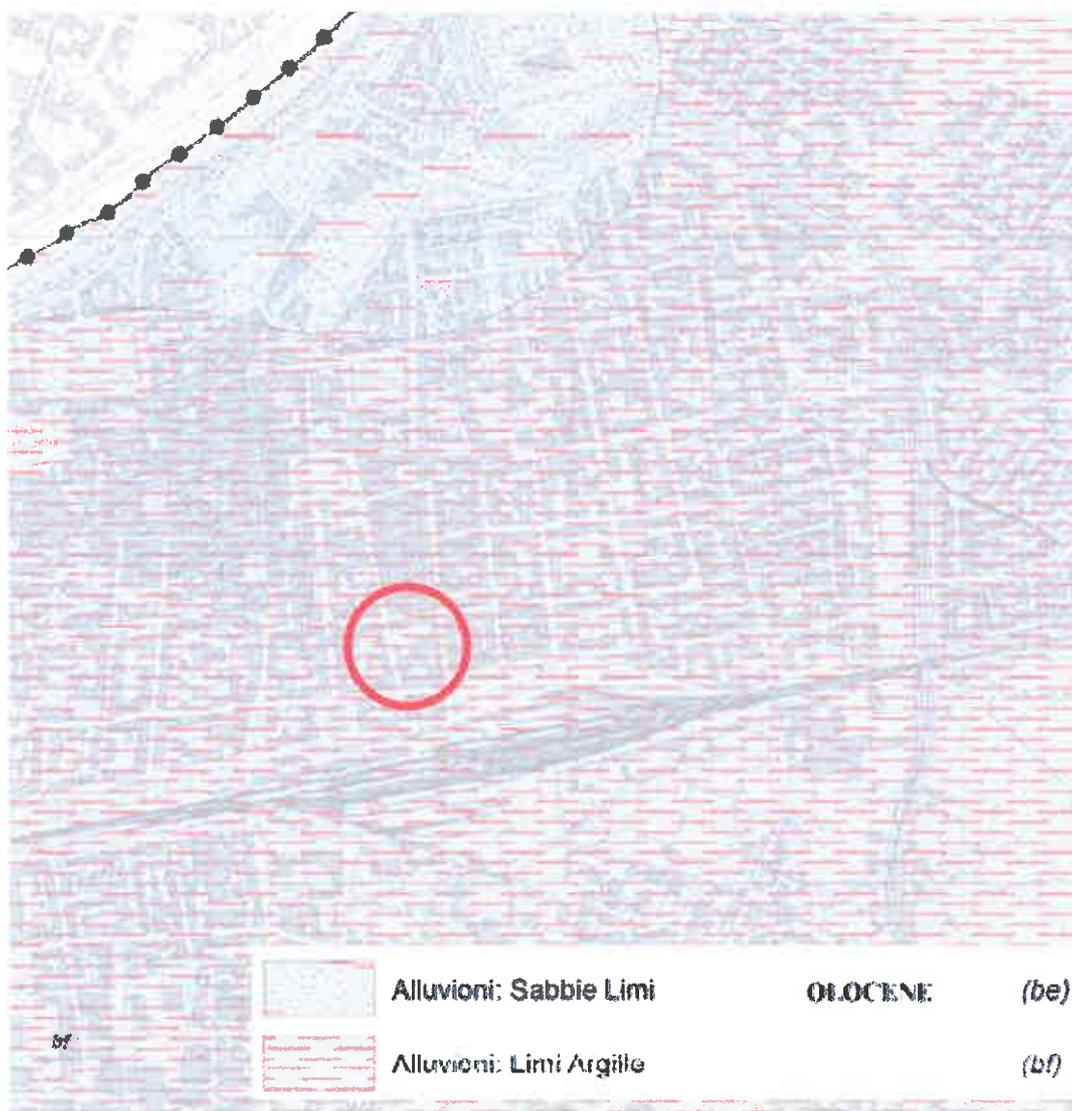


FIG. 3.1 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO

(da Indagini Geologico Tecniche di supporto al Piano Strutturale del Comune di Empoli)



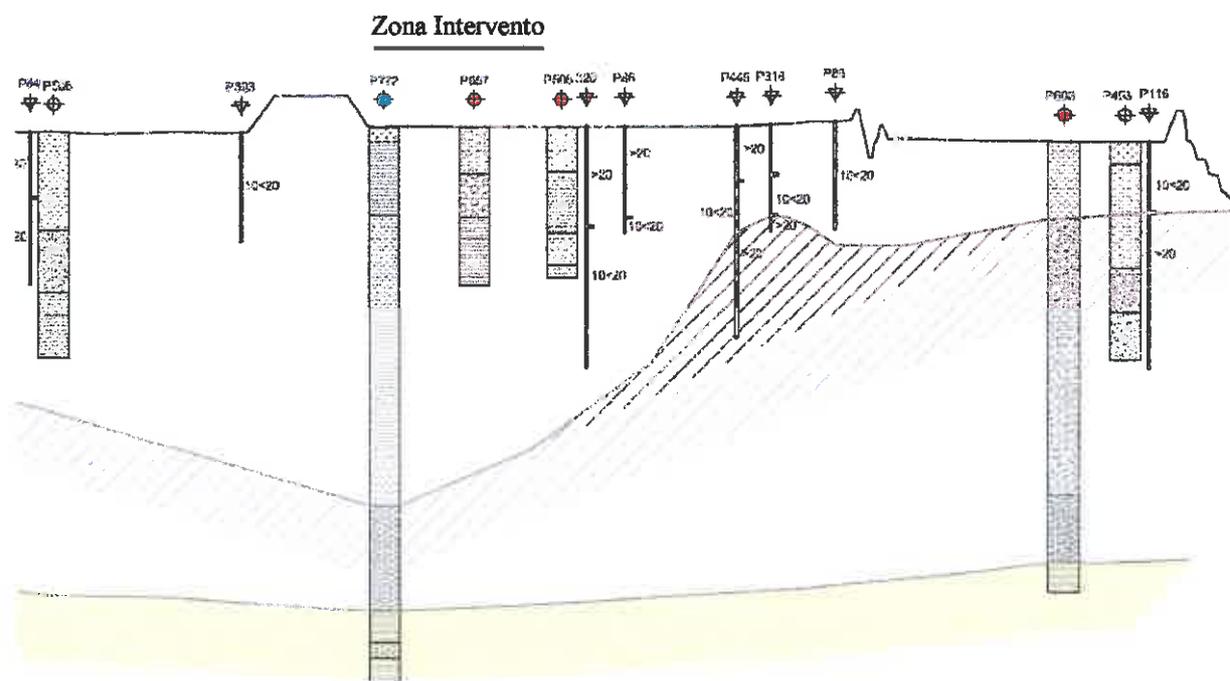


FIG. 3.2 – INQUADRAMENTO GEOSTRATIGRAFICO

(da Indagini Geologico Tecniche di supporto al Piano Strutturale del Comune di Empoli)

3.2. – Quadro geomorfologico

Il quadro geomorfologico locale non presenta particolarità di rilievo. L'area interessata dal Piano di Recupero, è pressoché piana e senza particolarità geomorfologiche di rilievo, con dislivelli tra punto e punto meno che decimetri che.

L'area si trova ad una quota sul livello mare di circa 27,5+28,0 m

La zona interessata dal piano non ricade in aree soggette al Vincolo Idrogeologico ai sensi della L.R. 39/2000 e del R.D. 3267/1923.

Come emerge dalla Carta di pericolosità Geomorfologica a supporto del Piano Strutturale del comune di Empoli, l'area non ricade in zona caratterizzata da processi geomorfici attivi ed è compresa in Classe G.2 a Pericolosità Media secondo la L.R. 53/R.



3.3 – Quadro idrogeologico

La caratterizzazione morfologica e geologica tra zona collinare e zona di pianura del territorio comunale di Empoli, riflette anche una differenziazione nelle caratteristiche idrogeologiche dei due ambienti. Si possono infatti distinguere due sistemi acquiferi:

- a) Sistema degli acquiferi collinari
- b) Sistema degli acquiferi di pianura

L'area di intervento, come detto, ricade nel contesto di pianura.

Sistema degli acquiferi di pianura

Hanno sede nei terreni delle alluvioni attuali e recenti a granulometria grossolana e media (ghiaie e sabbie), affioranti in alcuni settori della pianura. Nella Carta Idrogeologica di Fig. 3.3 (estratta da P.S. Comune di Empoli - rete di controllo Acque relativa al Giugno 2002) le classi di permeabilità individuate sono:

Permeabilità Nulla: In questa classe sono compresi i sedimenti alluvionali argillosi.

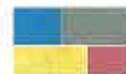
Permeabilità Media: A questa classe sono associate i terreni sabbioso-limosi

Permeabilità Alta: In questa classe sono compresi i litotipi prevalentemente ghiaioso-ciottolosi in matrice sabbioso-argillosa.

La presenza in superficie di terreni di una delle classi prima elencate, condiziona chiaramente l'infiltrazione dell'acqua meteorica nel sottosuolo che, con i corsi d'acqua principali, contribuisce ad alimentare gli acquiferi sotterranei. Da studi eseguiti nel tempo sulla piana, è noto che il sistema alluvionale è caratterizzato da due acquiferi principali:

-Acquifero A1 (superiore)

E' essenzialmente un livello sabbioso, localmente ciottoloso, lenticolare e di spessore variabile entro 15 metri dal piano campagna. E' generalmente freatico, ma localmente può assumere caratteristiche di confinamento. L'alimentazione è determinata oltre che dall'infiltrazione diretta della pioggia anche dalla ricarica da parte dei corsi d'acqua (Arno, Elsa, Orme e rii minori) e dagli apporti degli acquiferi di collina. E' bene sviluppato nei tratti dell'antico corso



dei fiumi (zona Arnovecchio), dove prevalgono i depositi più grossolani. Da questo acquifero attingono i numerosi pozzi agricoli ad anelli e a sterro della pianura ed i pozzi più superficiali delle centrali acquedottistiche di Corniola, Farfalla e Serravalle-Arnovecchio.

-Acquifero A2 (inferiore)

E' l'acquifero principale della piana, sia per continuità che per spessore. E' legato ad un livello ciottoloso-ghiaioso presente alla base del ciclo sedimentario alluvionale. Il tetto della falda si trova tra i 10 e i 20 metri dal p.c.; lo spessore è estremamente variabile fino ad un massimo di 10 metri. E' separato dall'acquifero A1 da un setto argilloso continuo che ne determina il confinamento. I due acquiferi vengono a contatto per vie laterali nelle fasce pedecollinari.

L'alimentazione è assicurata dalla rete idrografica, dall'infiltrazione diretta di pioggia, dai livelli permeabili dei fianchi delle colline plioceniche quando sono in contatto con il materasso alluvionale. A questo acquifero attingono la maggior parte dei pozzi delle centrali acquedottistiche.

Oltre ai suddetti acquiferi, nei primi metri dal p.c. e specie dove l'acquifero A1 è assente e/o poco sviluppato, possono essere presenti limitate lenti acquifere.

Il quadro piezometrico del settore della piana in studio è illustrato dalla Carta Idrogeologica di Fig. 3.3 (estratta da P.S. Comune di Empoli - rete di controllo Acque relativa al Giugno 2002).

Il quadro piezometrico della pianura ha un andamento irregolare per la presenza di alcuni minimi piezometrici in corrispondenza delle centrali acquedottistiche e di punti di attingimento industriale che alterano la naturale geometria della falda.; un minimo molto sviluppato, legato oltre che ai prelievi acquedottistici anche all'assetto strutturale dei depositi alluvionali, è presente nella zona di Castelluccio. Nelle rimanenti aree la geometria naturale della superficie piezometrica rileva un deflusso sotterraneo verso l'Arno.

Localmente (zona "ex Vitrum"), il livello piezometrico risulta attestato tra quota 16 e 17 metri sul l.m., con una soggiacenza media dal piano campagna nell'ordine dei 11-12 metri. Mediamente la falda mostra un flusso orientato verso l'Arno con direzioni Sud Est-Nord Ovest. Le escursioni stagionali della falda, rilevate su base sperimentale e riferite a circa dieci anni di misure sulla rete di controllo, è mediamente di 2 - 3 metri.

Le lenti acquifere più superficiali e l'acquifero A1 sono quelle che possono maggiormente interferire con la fascia di profondità interessata da fondazioni e dalle escavazioni relative, nei casi in cui il livello statico sia prossimo al p.c.. In questi casi la presenza della falda può



condizionare il comportamento meccanico dei terreni ai fini costruttivi. Man mano che la profondità della falda aumenta si avrà una interferenza minore sulla stabilità delle costruzioni. Nei periodi di morbida un innalzamento del livello di falda si può tradurre in un peggioramento delle caratteristiche meccaniche dei terreni di natura coesiva.

Piezometri a tubo aperto in PVC messi in opera nei fori delle penetrometrie eseguite in area "ex Vitrum", non hanno rilevato la presenza di una falda superficiale mentre, come rilevano sia il pozzo dello stabilimento ed anche il log stratigrafico dell'altro pozzo presente in Via XI Febbraio, è presente una importante falda confinata in corrispondenza dell'orizzonte ghiaioso posto oltre i 20-25 metri di profondità (Acquifero A2). Nel pozzo presente all'interno dello stabilimento, nel Giugno 2002 da tecnici Publiambiente, è stato rilevato un livello di falda a circa 15,5 metri dal p.c..

Gli studi sulla piezometria della piana di Empoli indicano un livello piezometrico più elevato, posto a circa 11-12 m dal p.c.. Ciò significa una falda confinata con risalienza di oltre una atmosfera e mezza. La differenza di livello rilevata nel pozzo rispetto ai dati derivati dal quadro più generale della piana (rete Acque), può essere imputabile allo stato di abbandono del pozzo che forse aveva la parte filtrante/drenante in parte occlusa e richiedeva probabilmente tempi di recupero più lunghi, dopo la fase di spurgo eseguita per il prelievo dei campioni. La misura del livello potrebbe quindi essere stata eseguita ancora in una fase di recupero di livello e/o comunque potrebbe essere legata ad una fase stagionale più penalizzante con falda più depressa (rilievo effettuato nel mese di giugno 2002), rispetto alle misure del 1996.

La distribuzione delle varie formazioni per classi di permeabilità è illustrata dalla carta di FIG.

3.3.

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore



Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

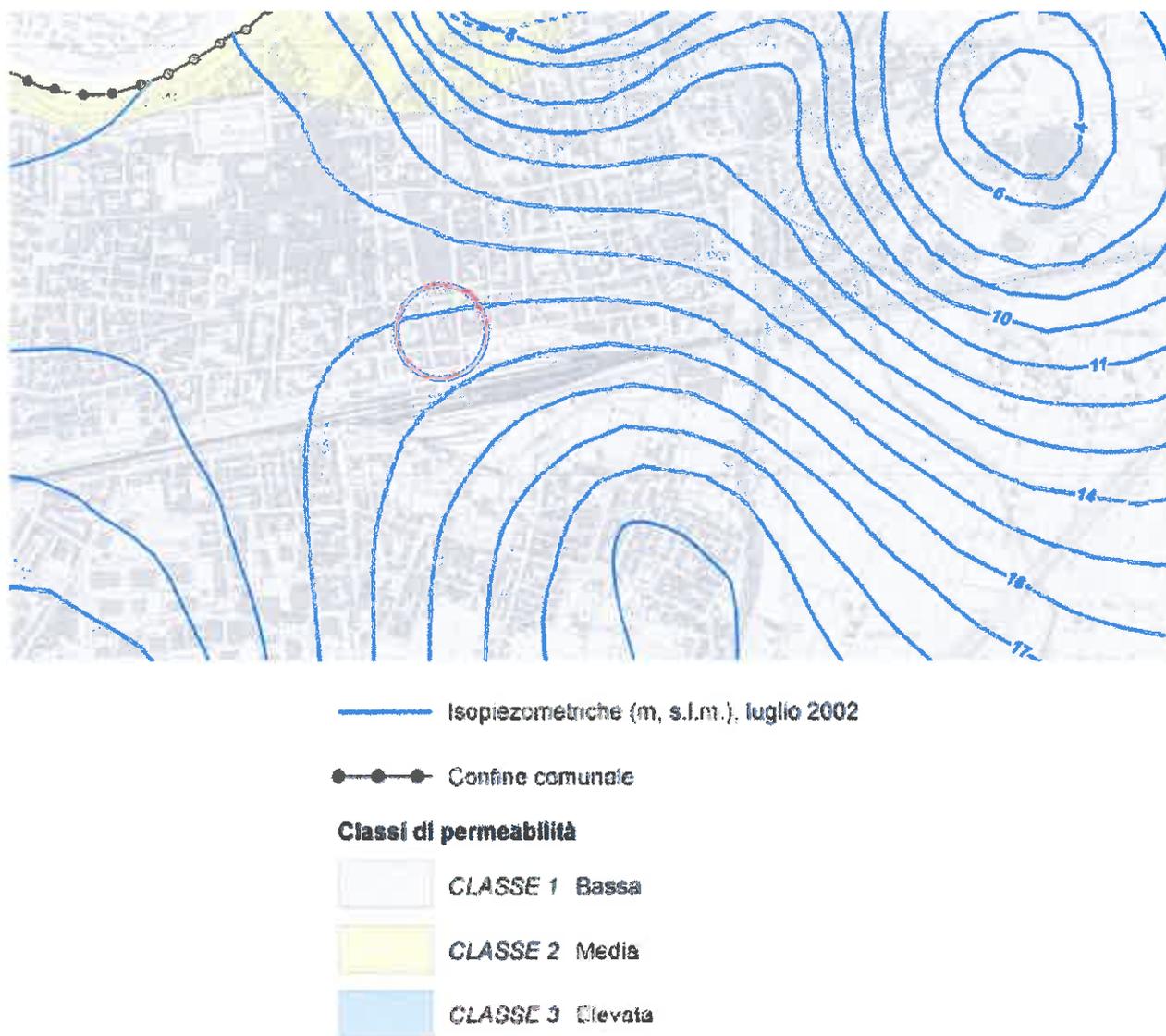


FIG. 3.3 – CARTA IDROGEOLOGICA

(Estratto da Indagini Geologico Tecniche di supporto al P. S. del Comune di Empoli)



4. - QUADRO LITOTECNICO

Sotto il profilo litotecnico le formazioni che caratterizzano il quadro geologico dell'area interessata dal Piano di Recupero, tenuto conto delle indagini a supporto del P.S., FIG. 4.1 e della granulometria dei sedimenti e del loro grado di addensamento, possono essere accorpate in una unica classe litotecnica: terreni alluvionali da limosi argillosi a limoso sabbiosi, con caratteristiche geotecniche discrete.

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

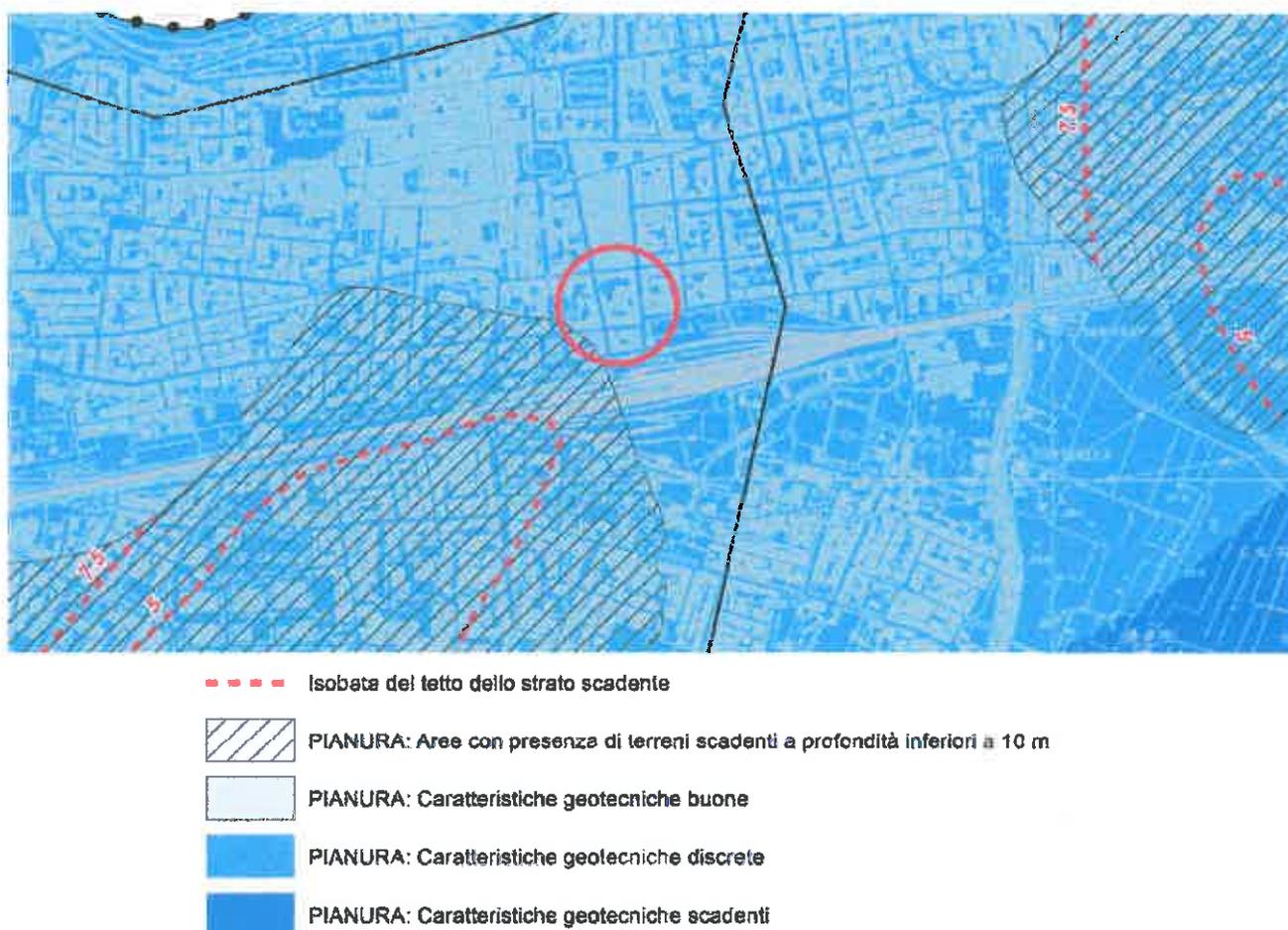
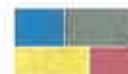


FIG. 4.1 – CARTA LITOTECNICA

(Estratto da Indagini Geologico Tecniche di supporto al P. S. del Comune di Empoli)



4.1 – Quadro geotecnico parametrico

Il quadro parametrico è stato ricostruito tenendo conto dei dati emersi dalle precedenti indagini (Fedeli 2005), in particolare dei risultati di 2 prove penetrometrie statiche CPT eseguite nell'area dello stabilimento e delle stratigrafie note sull'area.

Le prove penetrometrie statiche (CPT): hanno raggiunto profondità variabili dai 10 ai 15 metri dal p.c.. La resistenza all'infissione R_p , superato uno strato di terreno di riporto di spessore metrico, varia dai 15 kg/cmq dei primi 8-9 metri dal p.c. ad oltre 20-30 kg/cmq a maggiori profondità.

Le suddette indagini evidenziano quindi un quadro sostanzialmente caratterizzato da una minore consistenza del deposito limoso argilloso nei primi 8÷9 metri dal piano campagna e una tendenza all'aumento con la profondità.

Prendendo quindi come riferimento il modello locale ricostruito sulla base delle penetrometrie, si può ricostruire il seguente quadro geotecnico-parametrico:

da	a	Litologia
0	-8÷-9 m	ORIZZONTE A – limi argillosi e limi sabbiosi. Deposito da poco consistente a poco addensato $C_u = 0,3+0,6$ kg/cmq $\phi = 27^\circ \div 28^\circ$ $\gamma_{sat} = 1.85$ t/m ³
-8÷-9 m	<-15m	ORIZZONTE B – limi sabbiosi e sabbie fini limose. Deposito da moderatamente compatto a addensato. $C_u = 0,6+0,8$ kg/cmq $\phi' = 30^\circ \div 35^\circ$ - $D_r > 50\%$ $\gamma_{sat} = 1.90$ t/m ³



5. - SISMICITÀ

Il territorio comunale di Empoli ricade in Zona 3 di sismicità. In base ai dati reperibili su terremoti verificatisi nei comuni toscani, la massima intensità macrosismica osservata per il comune di Empoli risulta non superiore alla magnitudo 7.

In base al rapporto "Zonazione sismogenetica ZS9 – App. 2 al Rapporto Conclusivo a cura di C. Meletti e G. Valensise (2004) Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20.03.03 n. 3274) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, il territorio ricadrebbe all'interno della Zona sismogenetica 916 per la quale è stata definita una magnitudo massima di 4,6.

Nell'area interessata dall'intervento non si riconoscono elementi di possibile amplificazione delle onde sismiche né d'altra parte, alla luce delle non elevate accelerazioni e della composizione granulometrica-litologica prevalente dei depositi più superficiali, s'intravede potenziale predisposizione a fenomeni di liquefazione.

La compressibilità dei depositi limo-argillosi superficiali, poco permeabili, fa sì che la dissipazione delle pressioni interstiziali avvenga in tempi sicuramente più lunghi rispetto alla breve durata di un sisma e per tanto, l'evento sismico non produrrà incrementi significativi in termini di eventuali cedimenti su strutture. Tale conclusione può essere estesa anche ai depositi più sabbiosi, seppur dotati di maggiore permeabilità rispetto ai precedenti; infatti anche se in essi la dissipazione delle pressioni interstiziali avviene in tempi più rapidi, anche in questo caso, essi risulteranno più lunghi rispetto alla durata dell'eventuale sisma.

In linea generale, come è stato dimostrato (Carrol, 1963), nei terreni prevalentemente coesivi, l'azione sismica non produce variazioni negative sostanziali in termini di diminuzione delle caratteristiche di resistenza al taglio.

Dall'analisi e dalla valutazione integrata di quanto emerge dall'acquisizione delle conoscenze relative agli elementi esistenti di tipo geologico-litotecnico, geomorfologico e delle indagini geofisiche, geotecniche e geognostiche, a disposizione e/o appositamente eseguite (Analisi



microtremori), possono essere definite le aree ove potenzialmente soggette a effetti locali o di sito. Tale valutazione viene rappresentata attraverso uno studio di Microzonazione Sismica di 1° Livello, secondo i criteri definiti dal D.P.G.R. Toscana n° 53/R del 25 Ottobre 2011, ed in particolare nell'All. A della delibera di G.R.T. n. 261 del 18 Aprile 2011 "Redazione delle specifiche tecniche regionali per la Microzonazione Sismica", che ha interamente recepito le linee guida degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (Gruppo di lavoro MS, 2008).

La cartografia da produrre a supporto della microzonazione è costituita dalla Carta delle MOPS (Microzonazione Omogenea in Prospettiva Sismica), FIG. 5.1, da realizzare in corrispondenza delle aree urbane e/o di possibile espansione urbanistica ritenute significative. Secondo la carta MOPS prodotta a supporto del Regolamento Urbanistico del comune di Empoli l'area interessata dal Piano di Recupero ricade in zona a **Pericolosità Sismica Media S2**, FIG.5.2.

Nell'area non si rilevano elementi di possibile amplificazione dell'onda sismica. La presenza di una significativa componente fine limosa nei depositi granulari superficiali, rende molto remota la possibilità di moti di filtrazione tali da indurre a possibili fenomeni di liquefazione.

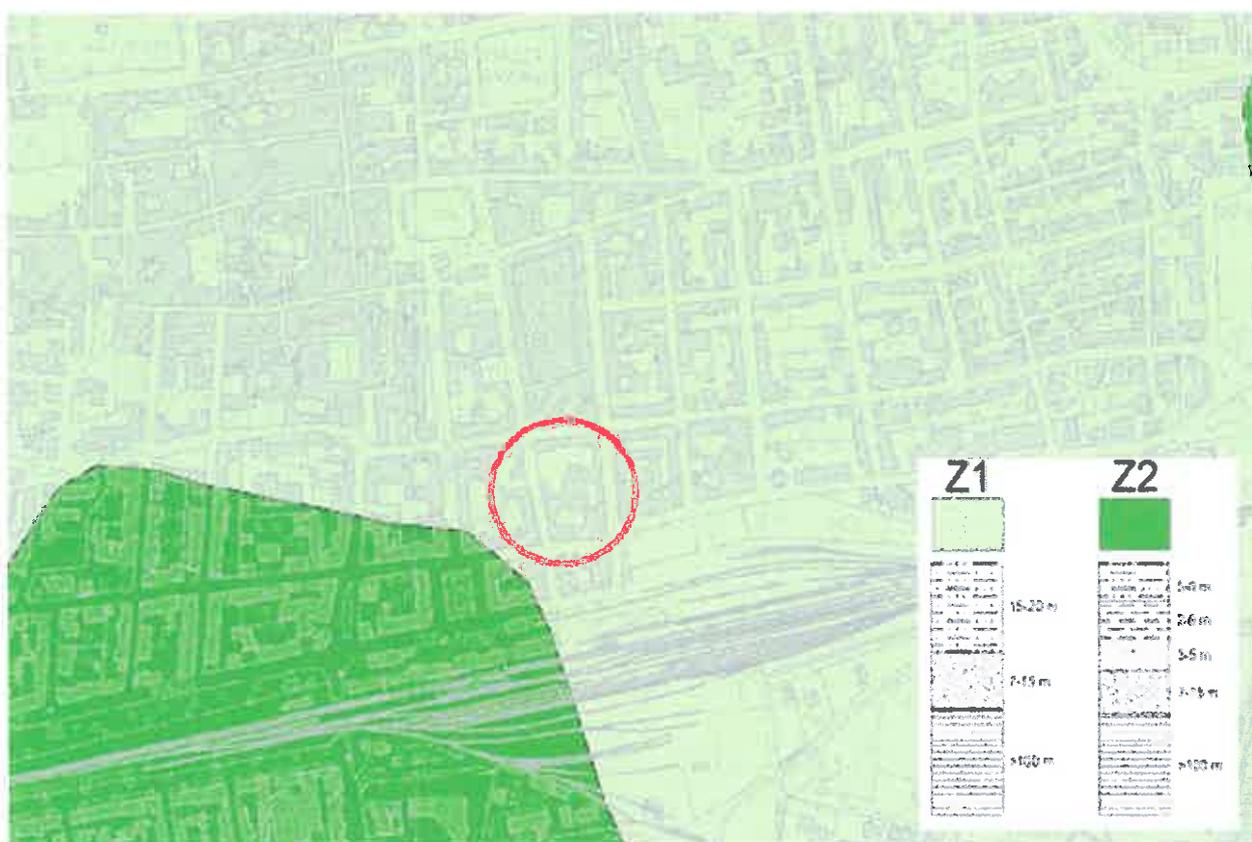


FIG. 5.1 – CARTA M.O.P.S.

(Estratto da Indagini Geologico Tecniche di supporto al P. S. del Comune di Empoli)



Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

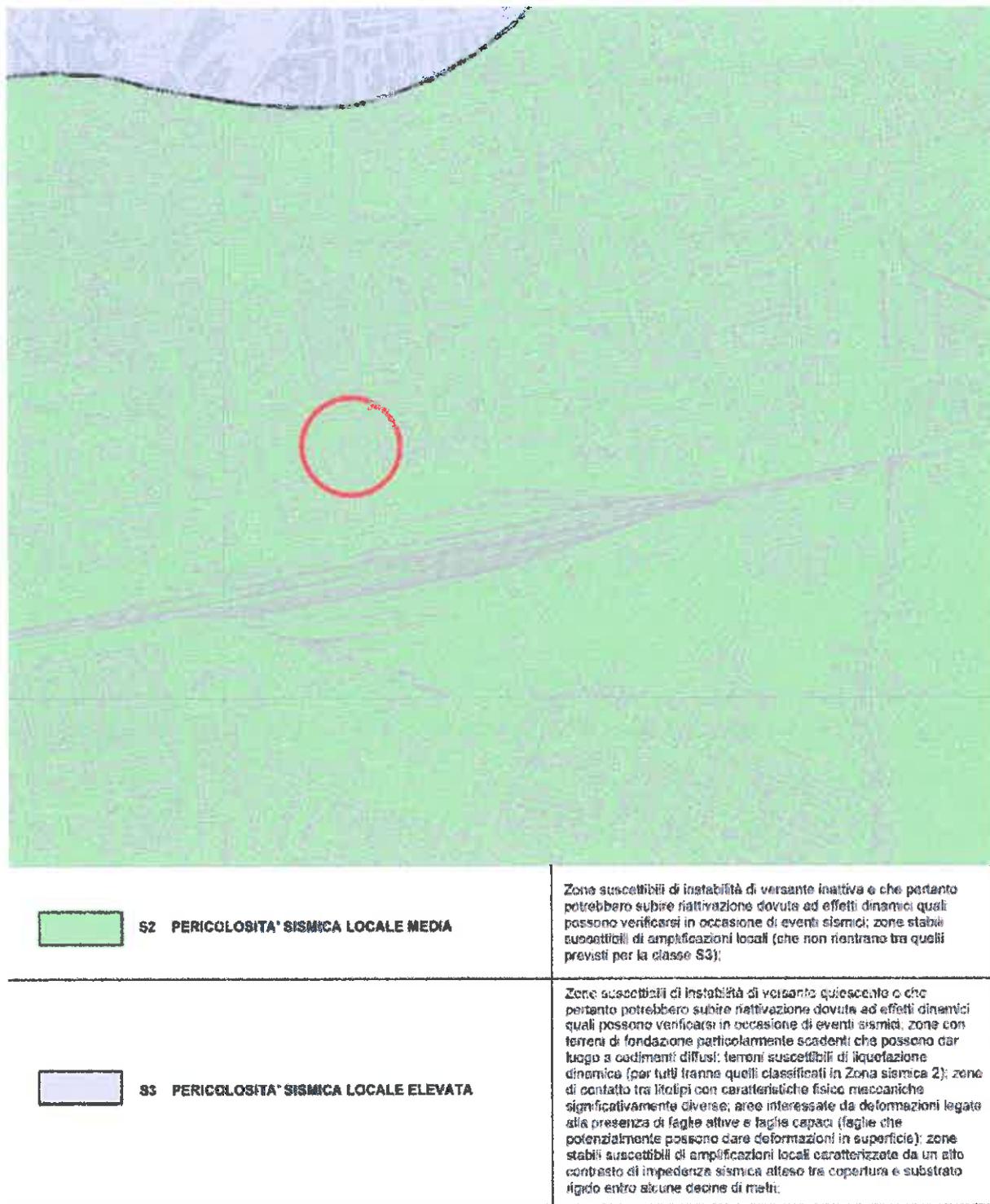


FIG. 5.2 – CARTA PERICOLOSITA' SISMICA

(Estratto da Indagini Geologico Tecniche di supporto al P. S. del Comune di Empoli)



5.1. Indagini sismiche eseguite. Cenni metodologici

La modellazione sismica locale del sottosuolo è stata ottenuta attraverso un'indagine appositamente eseguita in particolare per mezzo di un MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) e di un'analisi di tipo passivo attraverso misura di microtremori. L'ubicazione dell'indagine eseguita è riportata in FIG.5.3. I risultati dell'indagine sono riportati in Annesso 2.



FIG. 5.3 -- UBICAZIONE INDAGINI SISMICHE

a) La metodologia MASW permette di ricavare le velocità di propagazione delle onde trasversali o di taglio S (onde di corpo) nel sottosuolo sfruttando le onde di superficie e, più precisamente, le onde di Rayleigh. In un semispazio omogeneo la velocità di propagazione di tali onde non dipende dalla frequenza ovvero "non si disperdono"; in presenza di una superficie libera una particella interessata da un'onda di Rayleigh mostra un moto ellittico retrogrado (in senso antiorario).

L'impiego delle onde di superficie, in particolare quelle di Rayleigh, è giustificato dal fatto che esse impiegano gran parte dell'energia necessaria alla generazione e propagazione delle onde di corpo.

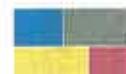


La propagazione delle onde di Rayleigh, è influenzata dalla densità dei materiali attraversati e dalla velocità delle onde P ma, soprattutto, è funzione della velocità delle onde S. Al variare in senso verticale delle caratteristiche meccaniche dei terreni e, quindi, in presenza di un semispazio omogeneo stratificato, varia la velocità di propagazione di ciascuna delle componenti di frequenza di tale onda superficiale; a ognuna di queste velocità, dette "di fase", corrisponde una differente lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa caratteristica viene detta "dispersione". La dispersione può essere quindi definita come "la deformazione di un treno d'onda dovuta ad una variazione di velocità di propagazione al variare della frequenza" ("La Metodologia MASW per la determinazione delle VS30" G. Del Moro e P. Gabrielli, Geofluid 2006). La dispersione delle onde superficiali, essendo intrinsecamente dipendente dalle caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati, permette di studiarne le proprietà elastiche, giungendo alla realizzazione di un profilo verticale di velocità di propagazione delle onde di taglio S ed evidenziando eventuali zone di inversione di velocità.

Operativamente il metodo MASW permette in genere di investigare una profondità di 30 mt con una lunghezza dello stendimento a partire già da 23-24 mt ovvero utilizzando n°24 geofoni con passo di 1 mt a seconda del software utilizzato per l'inversione e, soprattutto, in funzione di come si propagano le onde superficiali nel terreno.

La fase di campagna necessaria per l'acquisizione del segnale sismico richiede la realizzazione di uno stendimento costituito da 24 geofoni verticali da 4.5 Hz e quindi particolarmente sensibili alle basse frequenze, opportunamente spazati. Per la realizzazione delle onde di compressione viene utilizzata una sorgente costituita da una mazza battente da 8 kg munita di interruttore inerziale come starter e piastra in alluminio.

b) Il microtremore "rumore sismico" è presente ovunque sulla superficie della terra ed è generato dai fenomeni ambientali e dall'attività antropica. L'analisi delle misure di rumore sismico possono essere condotte in tre modi: Rapporti spettrali; Spettri di Fourier; Rapporti spettrali H/V. Il metodo più usato e più affidabile è quello dei rapporti spettrali H/V che consiste nella misura dei rapporti degli spettri di Fourier nel piano orizzontale e della componente verticale. Il metodo è stato introdotto nei primi anni '70 da scienziati giapponesi tra cui Nogoshi e Igarashi (1971) e Shiono et al. (1979) e poi ripreso nel 1989 da Nakamura. Il metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) mira all'individuazione di possibili fenomeni di risonanza sismica e delle relative frequenze e si basa sulla misura dei rapporti medi fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali e della componente verticale del rumore sismico ambientale. In presenza di forti contrasti di impedenza sismica nel sottosuolo (ad esempio in corrispondenze del passaggio fra litologie caratterizzate da velocità delle onde sismiche molto differenti) la funzione H/V, che rappresenta i rapporti spettrali medi in



funzione della frequenza, presenta dei massimi che corrispondono con le frequenze di risonanza. Esiste poi una proporzionalità (non lineare) fra l'ampiezza dei massimi della funzione H/V e l'entità del contrasto di impedenza sismica. La frequenza di risonanza fornisce indicazioni sul rapporto fra la velocità delle onde S dello strato al tetto del bedrock sismico e la profondità di quest'ultimo:

$$f_0 = n * V_s / (4H)$$

dove:

f_0 = frequenza di risonanza

V_s = velocità delle onde S della copertura

H = spessore della copertura/profondità bedrock

n = 1,3,5,.....

La strumentazione impiegata per l'indagine è stata un tomografo TROMINO prodotto dalla Micromed (serial no. TRZ-0195/01-12) ed i dati sono stati analizzati con il software dedicato GRILLA. Le misure per essere statisticamente rappresentative del fenomeno analizzato devono avere una durata paragonabile alla frequenza di indagine presunta nel sito d'interesse. In questo caso è stata eseguita su finestre temporali di 40 sec e con uno smoothing triangolare al 10%..

L'indagine in campo e l'interpretazione dei dati è stata eseguita da So.Ge.T. di Lucca. Le prove sono state effettuate con cura per quanto riguarda l'accoppiamento del geofono 3D con il terreno e nella riduzione dei rumori direzionali. Il geofono è stato messo in bolla e a stretto contatto con il piano campagna ripulendo la parte superficiale evitando il contatto con parti mobili.

La qualità delle misurazioni è stata valutata sulla base della direzionalità della funzione H/V e verificando che i picchi H/V ritenuti significativi coincidano con minimi locali della componente spettrale verticale. Questa è la circostanza caratteristica di discontinuità stratigrafiche. Molte volte si osservano dei picchi alti, stretti e ben definiti sulle tre componenti attribuibili a vibrazioni concentrate attorno ad una specifica frequenza indotta da macchinari. Quando una misura viene effettuata su un substrato sismico la curva H/V non mostra massimi significativi e si livella ad ampiezze prossime a 1.

5.2 - Risultati

Il MASW è stato eseguito con uno stendimento di 24 geofoni aventi frequenza di 4,5 Hz equidistanziati 2.00 metri. Come fonte di energia elastica è stata utilizzata una mazza da 8



Kg incidente su una piastra in alluminio. L'energia prodotta ed il contenuto in frequenza dell'energizzazione sono risultati adeguati per le finalità dello studio ed il sismogramma ottenuto è risultato sempre di buona qualità. L'energizzazione è avvenuta a -1.40m dal geofono n°1 e su quest'ultimo, ottenendo un profilo di velocità spinto fino a 25-30 m di profondità rispetto al piano di campagna.

Il valore di Vs30, per l'intervallo di profondità 0-30 m, è pari a 290 m/sec, FIG. 5.4, e quindi corrisponde ad un suolo di tipo

categoria 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 Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT,30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu,30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina")

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

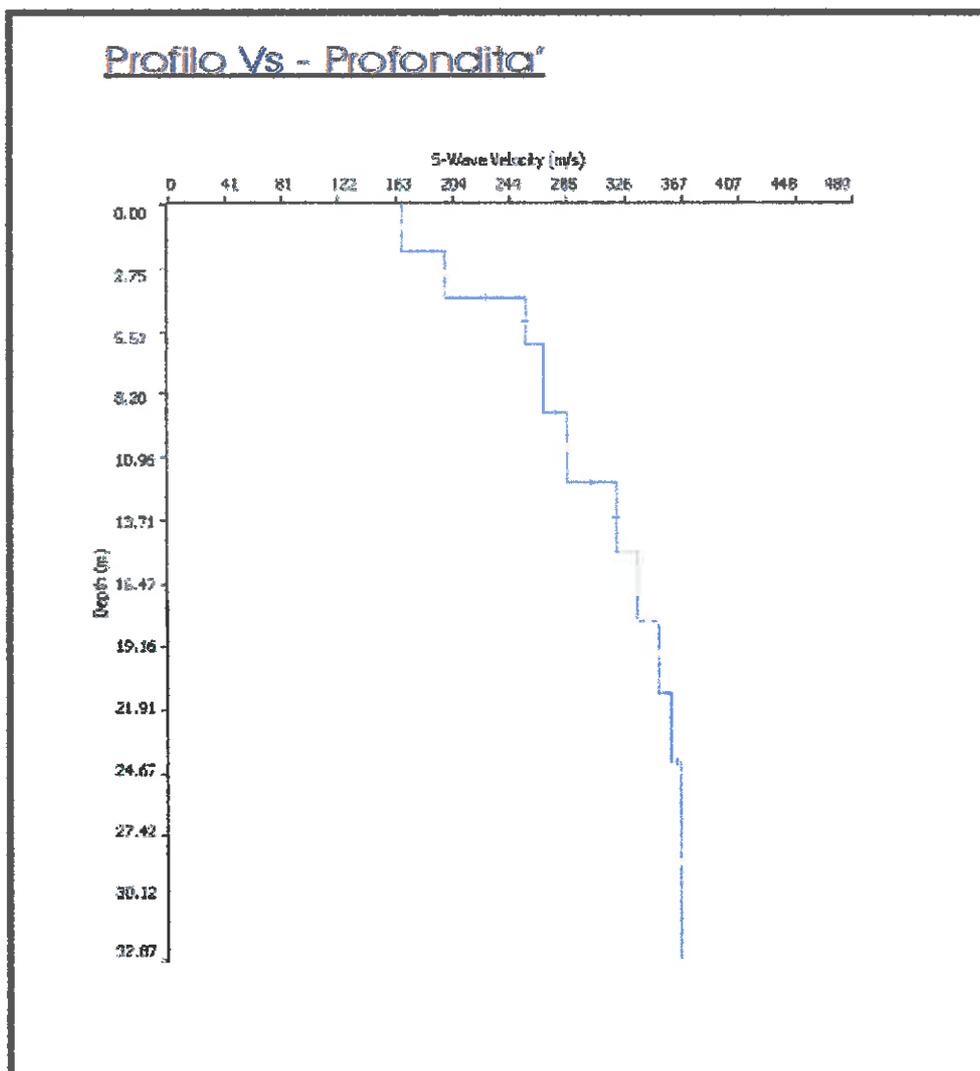


FIG. 5.4 - MASW



Per quanto riguarda la misura dei microtremori, viene riportato lo spettro di H/V, lo spettro delle singole componenti e il diagramma della direzionalità della frequenza.

L'area, come evidenziato dagli studi geologici, è caratterizzata da depositi alluvionali poggianti su un substrato pliocenico argilloso compatto.

Con riferimento al diagramma di frequenza di FIG. 5.5., si nota come il picco del rapporto H/V è a 1.25 Hz con ampiezza di circa 2.7. Entro la frequenza di circa 1.8 Hz si osservano però ulteriori picchi, o meglio una coalescenza di picchi, probabilmente riferibili a discontinuità molto ravvicinate fra loro. Si tratta in ogni caso di strati risonanti che si collocano fra 50 m e 100 m circa di profondità come stimabile ricorrendo alla formula:

$$f_0 = Vs/(4H)$$

dove:

f_0 = frequenza di risonanza

V_s = velocità delle onde S della copertura

H = spessore della copertura/profondità bedrock

La misura è chiaramente affetta da un problema di inversione dovuta all'esecuzione della misura su un substrato rigido. Nelle curve degli spettri delle singole componenti si nota, intorno a 6 Hz, un minimo nella curva relativa alla componente verticale. Si può ipotizzare che in assenza dell'inversione di velocità questo potrebbe essere un picco del rapporto H/V. Si tratterebbe eventualmente, di una discontinuità posta entro 15 m di profondità.

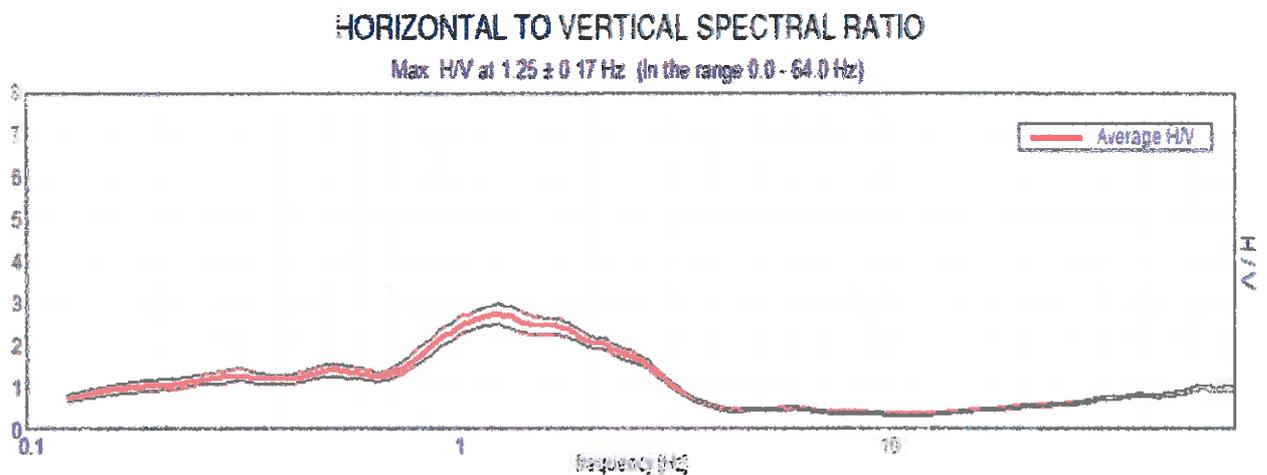


FIG. 5.5 – Diagramma di frequenza



Come detto i valori di i valori di risonanza misurati, sono compatibili con un modello geologico in cui ad uno spessore variabile intorno ai 50-100 m di sedimenti alluvionali prevalentemente limosi argillosi e subordinatamente sabbiosi, caratterizzati, come mostrano le varie indagini sismiche a rifrazione, da una velocità delle onde di taglio V_s intorno ai 180-290 m/sec, e quindi generalmente classificabili da un punto di vista sismico come terreno di categoria C, su una successione pliocenica prevalentemente argillosa più compatta, caratterizzata da velocità sismiche maggiori ($V_s=350-450$ m/sec).

Il tipo di picco rilevato, in accordo anche con indagini analoghe eseguite a supporto del Piano Strutturale, non sembra evidenziare un fenomeno di risonanza particolarmente pronunciato; quindi, pur avendo lo stesso un indubbio significato stratigrafico (passaggio litologico fra terreni a diversa velocità sismica da alluvioni a successione argillosa pliocenica), non si ritiene che esistano le premesse per attribuire una particolare significatività sotto il profilo della pericolosità sismica eventualmente derivabile. Ciò è suffragato anche dalle non elevate differenze di velocità sismiche S_h tra i due depositi.

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore



6. - PERICOLOSITA' DEL TERRITORIO

Il D.P.G.R. 53/R, Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della Legge Regionale 3 gennaio 2005, n.1 (Norme per il governo del territorio) indica i criteri che portano a definire il grado di pericolosità di un territorio sotto il profilo geologico, sismico e idraulico, che deve essere rappresentato in un apposita Carta della Pericolosità, FIG.6.1.

6.1. - Pericolosità Geologica-Geomorfologica

La pericolosità si riferisce allo stato geomorfologico dell'area (presenza o meno di processi geomorfici sia inattivi che attivi, acclività dei versanti e eventuale presenza di coperture detritiche) e fisico-litotecnico dei terreni caratterizzanti la zona ed in particolare alle loro caratteristiche di resistenza e compressibilità, che condizionano le opere in termini di carichi ammissibili e cedimenti assoluti o differenziali.

La Carta della Pericolosità Geologica, FIG. 6.1, è realizzata tenendo quindi conto della possibilità del verificarsi di eventi critici conseguenti a condizioni geologiche-geotecniche e geomorfologiche particolari.

La tabella che segue definisce i criteri generali per l'attribuzione del grado di pericolosità geologica-litotecnica e geomorfologica di un territorio così come definito dal D.P.G.R. 53/R.

Tenuto conto dei quadri geomorfologico e geolitotecnico locali e delle perimetrazione del P.A.I., il Piano di Recupero viene a ricadere, ai sensi del D.P.G.R. 53/R, in zona classificabile a **Pericolosità geologica-geomorfologica bassa G.2.**



Classe	Pericolosità	Caratteristiche
G.1	BASSA	Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfologici.
G.2	MEDIA	Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%.
G.3	ELEVATA	Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con indizi di instabilità connessi 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 inferiori al 25%.
G.4	MOLTO ELEVATA	Aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza, aree interessate da soliflussi.

Tab. 6.1 – Classi di Pericolosità Geologica D.P.G.R. 53/R

6.2. - Pericolosità Sismica Locale

Dall'analisi e dalla valutazione integrata di quanto emerge dall'acquisizione delle conoscenze relative agli elementi esistenti di tipo geologico-litotecnico, geomorfologico e delle indagini geofisiche, geotecniche e geognostiche, appositamente eseguite (Analisi MASW e microtremori), si è eseguita una valutazione degli effetti locali o di sito ai fini della riduzione del rischio sismico. Nell'area non sono rilevabili significativi e probabili fenomeni di amplificazione stratigrafica, topografica e per morfologie sepolte. Non sono state individuate faglie e/o strutture tettoniche. Non si rilevano possibilità significative di suscettibilità alla liquefazione e/o addensamento né tanto meno di cedimenti diffusi e differenziali.

La sintesi delle informazioni derivanti dalle cartografie geologiche, geomorfologiche e dalla valutazione dei possibili effetti sismici di sito consente di valutare le condizioni di pericolosità sismica secondo le seguenti graduazioni di pericolosità, così come definito dal D.P.G.R. 53/R.



Classe	Pericolosità	Caratteristiche
S1	PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE BASSA	Zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata e dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica
S2	PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE MEDIA	Zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe S3)
S3	ELEVATA	Zone suscettibili di instabilità di versante quiescente e che pertanto potrebbero subire 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 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 dare deformazioni in superficie); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri;
S4	MOLTO ELEVATA	Zone suscettibili di instabilità di versante attiva e che pertanto potrebbero subire un accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; terreni suscettibili di liquefazione dinamica in comuni classificati in Zona Sismica 2;

Tab. 6.2 – Classi di Pericolosità Sismica

Alla luce del quadro conoscitivo evidenziato l'area interessata dal Piano di Recupero può essere classificata a **Pericolosità sismica media S2**.

6.3 - Pericolosità Idraulica

La pericolosità idraulica del territorio comunale trae origine principale dalla eventualità che questa sia invasa dalle acque fuoriuscite dalla rete idrografica per insufficiente capacità di smaltimento delle portate in transito nella stessa.

Di seguito, in tabella, tenuto conto delle direttive della D.P.G.R. 53/R si riportano i criteri che portano a definire il grado di pericolosità idraulica di un territorio.



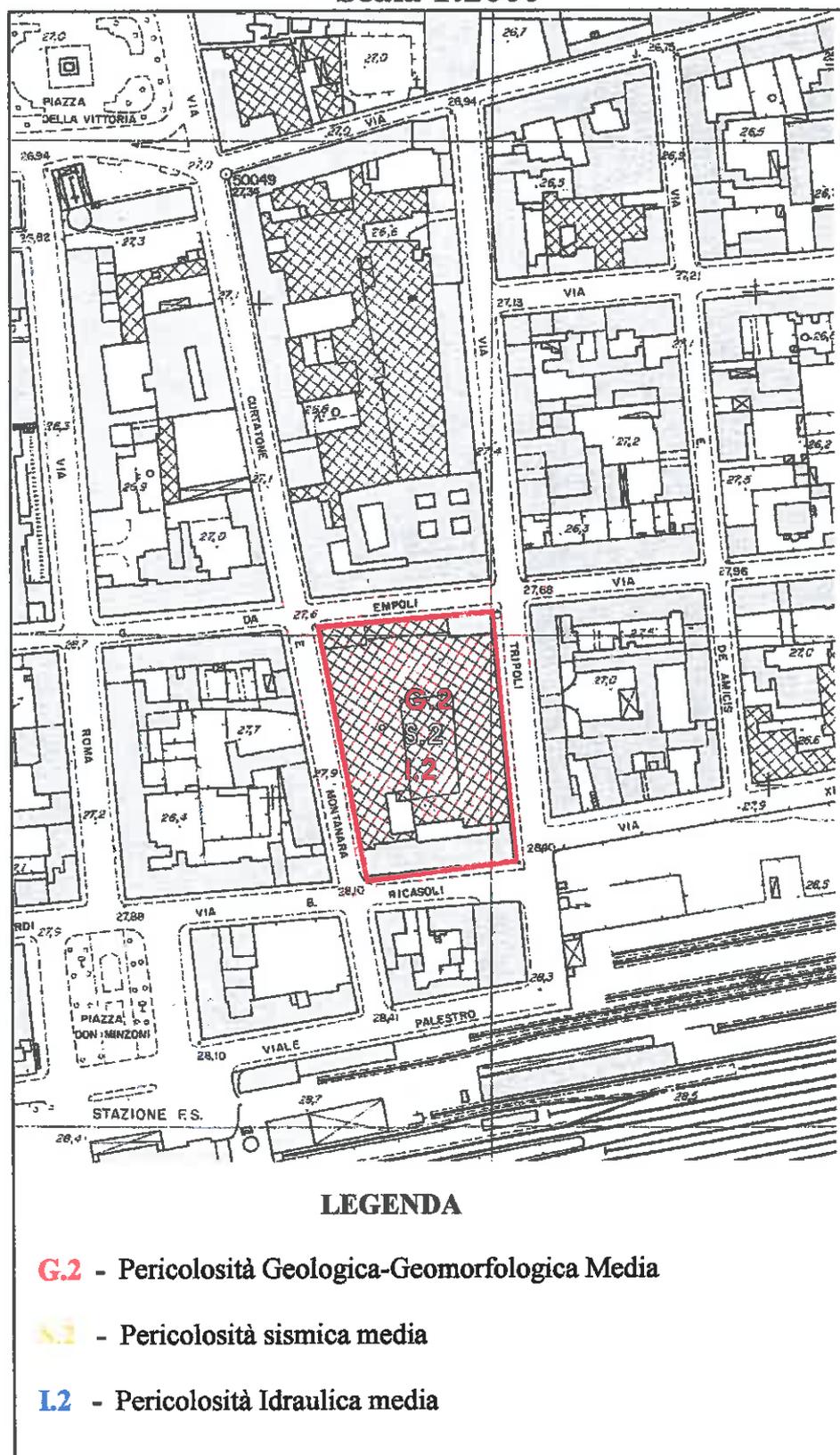
Classe	Pericolosità	Caratteristiche
I.1	BASSA	Aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni: a) non vi sono notizie storiche di inondazioni; b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.
I.2	MEDIA	Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < Tr \leq 500$ 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 idraulici rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrono 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.
I.3	ELEVATA	Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $30 < Tr \leq 200$ anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici idraulici, rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni: a) vi sono notizie storiche di inondazioni; b) sono morfologicamente in situazione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.
I.4	MOLTO ELEVATA	Aree interessate da allagamenti per eventi con $Tr \leq 30$ 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 molto elevata le aree di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrono contestualmente le seguenti condizioni: a) vi sono notizie storiche di inondazioni; b) sono morfologicamente in situazione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

Tenuto conto del quadro locale, della posizione dell'area d'intervento in rapporto ai possibili corpi idrici più vicini e dei quadri di pericolosità del P.A.I., nonché dei recenti studi idraulici fatti eseguire dall'Amministrazione a supporto del recente Piano Strutturale che portano ad escludere condizioni di rischio per $Tr \leq 200$ anni, l'area interessata dal Piano di Recupero può essere classificata a **Pericolosità Idraulica media I.2.**



FIG. 6.1 – CARTA DELLA PERICOLOSITA'
Scala 1:2000



LEGENDA

- G.2** - Pericolosità Geologica-Geomorfologica Media
- S.2** - Pericolosità sismica media
- I.2** - Pericolosità Idraulica media

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore



7. FATTIBILITA'

Le limitazioni e le prescrizioni per le diverse classi di pericolosità che condizionano la fattibilità degli interventi sono riportate nelle disposizioni contenute nel DPGR n.53-R -Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio). In particolare, la fattibilità è espressa mediante una codifica alfanumerica di cui a seguire si riportano le definizioni delle singole classi :

Classe	Fattibilità	Caratteristiche
F1	Fattibilità senza particolari limitazioni	Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali non sono necessarie prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.
F2	Fattibilità con normali vincoli	Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.
F3	Fattibilità condizionata	Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi.
F4	Fattibilità limitata	Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali la cui attuazione è subordinata alla realizzazione di interventi di messa in sicurezza che vanno individuati e definiti in sede di redazione del medesimo regolamento urbanistico, sulla base di studi e verifiche atti a determinare gli elementi di base utili per la predisposizione della relativa progettazione.

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore



Il Piano di Recupero prevede edilizia residenziale/uffici, riqualificazione esterna con parcheggi sia esterni che seminterrati.

In particolare i criteri informativi del piano sono i seguenti:

SUL complessiva 6.300 mq di cui:

- 5.000 residenziali;
- 1.300 commerciali/direzionali

Volume complessivo 19.530 MC

Altezza max 15,50 ml

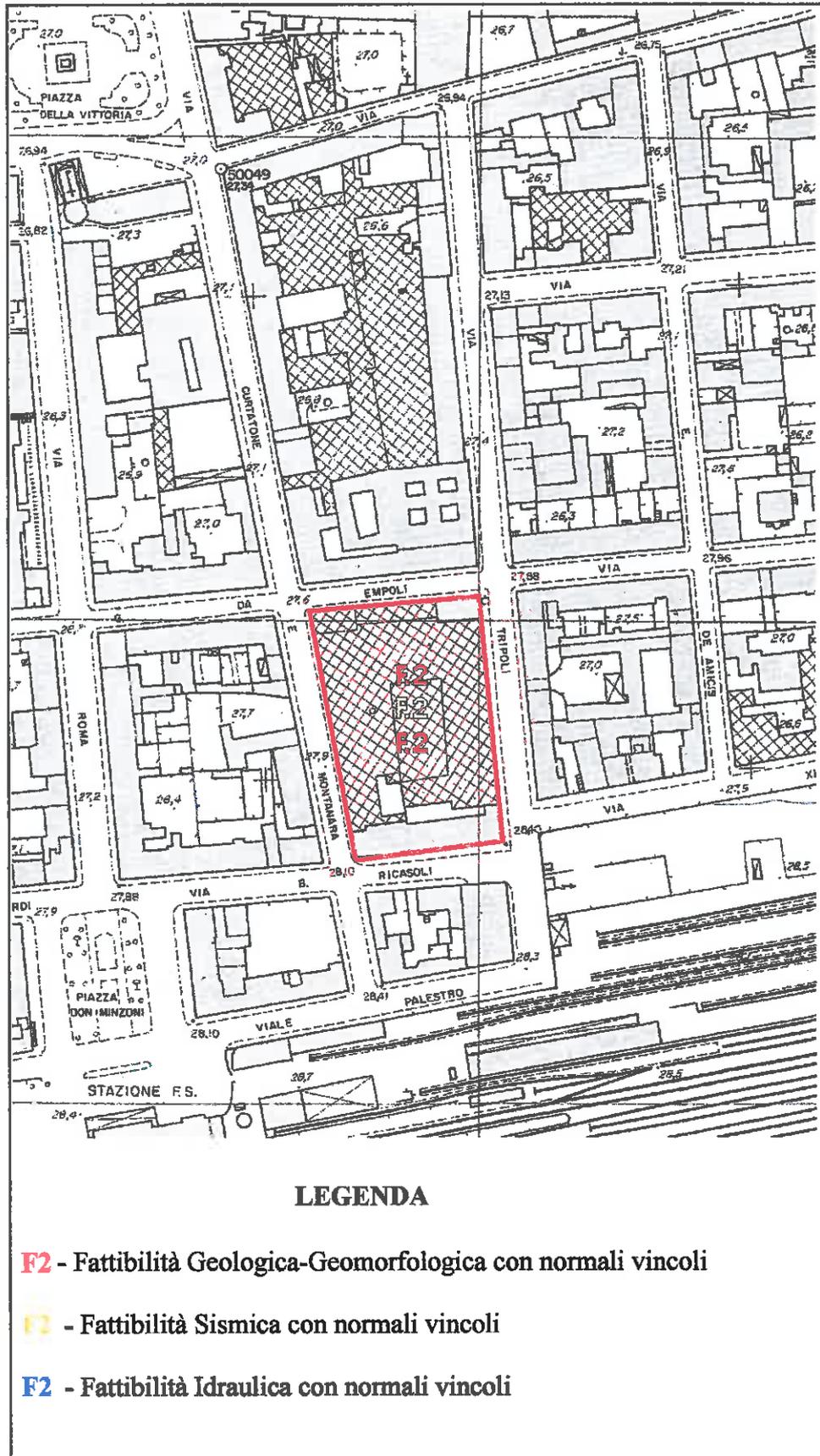
Tenuto conto di tali previsioni e del quadro di pericolosità geologica, sismica e idraulica ricostruiti, la fattibilità del Piano di recupero è la seguente, FIG. 7.1:

	Geologica	Idraulica	Sismica
PERICOLOSITA'	G.2	I.2	S.2
FATTIBILITA'	F2	F2	F2



FIG. 7.1 – CARTA DELLA FATTIBILITA'
Scala 1:2000

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore



La **Fattibilità F2**, con normali vincoli, rende invece necessario, già a livello di Piano di Recupero, indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo alla successiva attività edilizia.

In tal senso, pur avendo, attraverso le indagini sismiche eseguite, fornito un quadro esaustivo per la classificazione sismica sito specifica, si precisa che, il P. di R. prevede un edificio multipiano di ampie dimensioni e con altezza in gronda minima pari a 12 metri. Tali elementi, in base al D.P.G.R. Toscana. 36/R del 9 luglio 2009, portano a configurare una classe 3 di indagini:

classe d'indagine n.3, riferita alle opere di volume lordo inferiore a seimila metri cubi con altezza in gronda inferiore a venti metri. Con riferimento a tale classe d'indagine, la categoria di suolo di fondazione e le geometrie sepolte si determinano mediante indagini geofisiche, quali quelle sismiche a rifrazione o riflessione, eseguite nel sito oggetto di studio. La definizione dei parametri geotecnici è basata su sondaggi geognostici.

Nel caso in cui non vi sia oggettivamente la possibilità per motivi logistici (spazi limitati) di effettuare le prospezioni sismiche a rifrazione, oppure ove è stata accertata la presenza di inversioni di velocità, è possibile eseguire le altre indagini geofisiche di cui al punto precedente, oltre che le prove sismiche in foro. Si specifica che "la definizione dei parametri geotecnici" non può derivare dalla semplice esecuzione dei "sondaggi geognostici". Nei "terreni" è necessario prelevare campioni da sottoporre a prove di laboratorio, oppure eseguire prove S.P.T., oltre a quanto altro ritenuto necessario per la corretta definizione del modello geologico e geotecnico. Altre prove, ad esempio le prove penetrometriche, potranno essere comunque impiegate per validare ed estendere le conoscenze ricavate mediante i (o il) sondaggi geognostici.

Tenuto conto della citata normativa, prima del rilascio del titolo abilitativo, si dovrà quindi procedere all'esecuzione di un'indagine geognostica puntuale mirata alla definizione del quadro geotecnico parametrico locale, ovvero a confermare il quadro conoscitivo, delineato con il Piano di Recupero sulla base di dati riferiti ad indagini eseguite in area limitrofa.

Per quanto riguarda gli aspetti idraulici, come in precedenza detto l'Amministrazione comunale in occasione del recente Piano Strutturale ha fatto eseguire uno studio ad hoc per la revisione delle perimetrazioni del Pai, che ha compreso modellizzazioni idrauliche che portano ad escludere per l'area condizioni di rischio idraulico e pertanto non si ravvede alcuna necessità di ulteriori analisi e studi in merito.

Dott. Geol. Massimo Pellegrini



A N N E S S O

Indagini geognostiche di riferimento

Indagini geofisiche

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore



Rifer. EM2-04

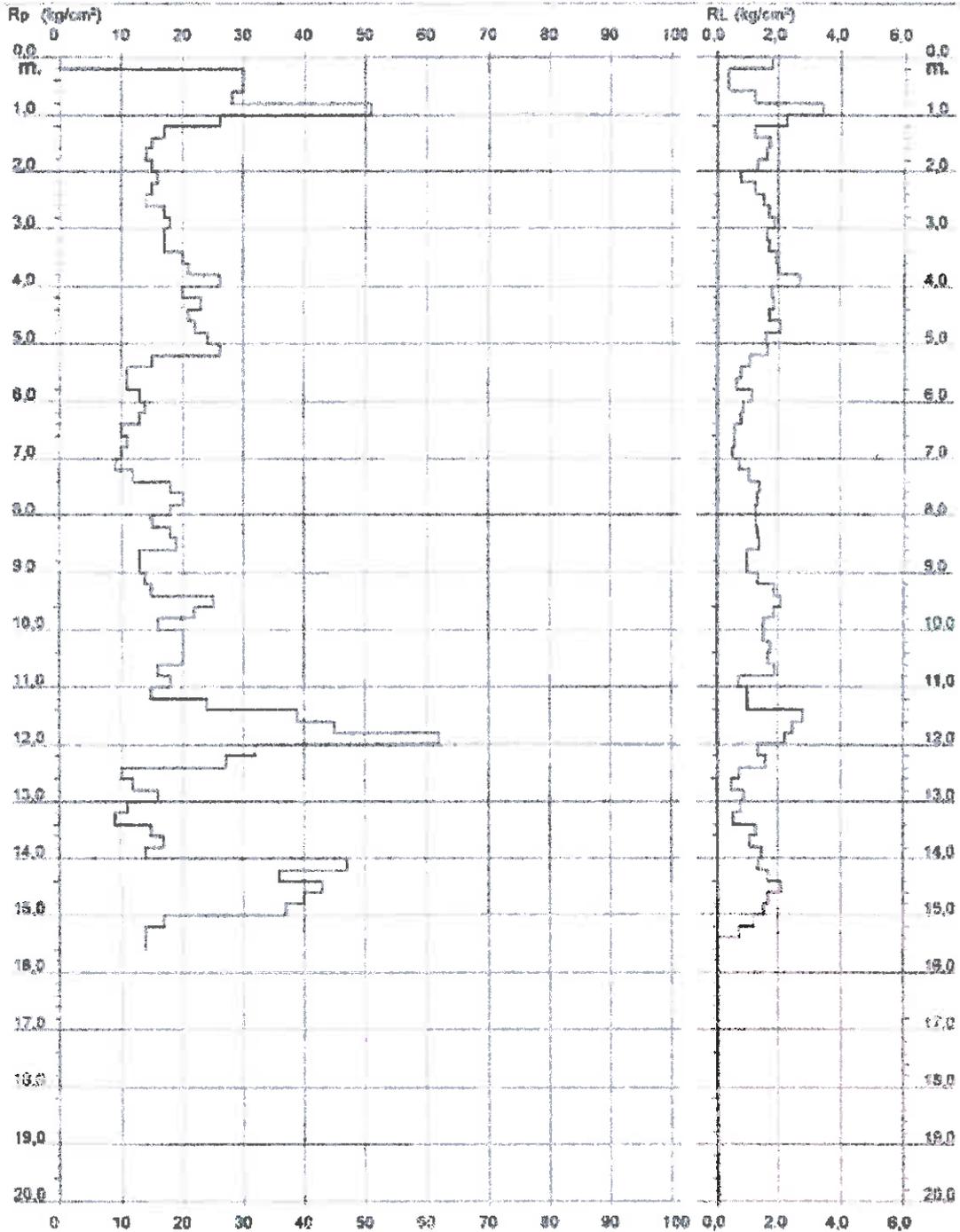
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 1

2.010490-35

- committente: **Dr Fedeli**
- lavoro: **Recupero area ex Vitrum**
- località: **Empoli**

- data: **02/03/1904**
- quota inizio: **0,0**
- prof. falda: **Falda non rilevata**
- scala vert.: **1 : 100**



Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore



Rifer. EM2-04

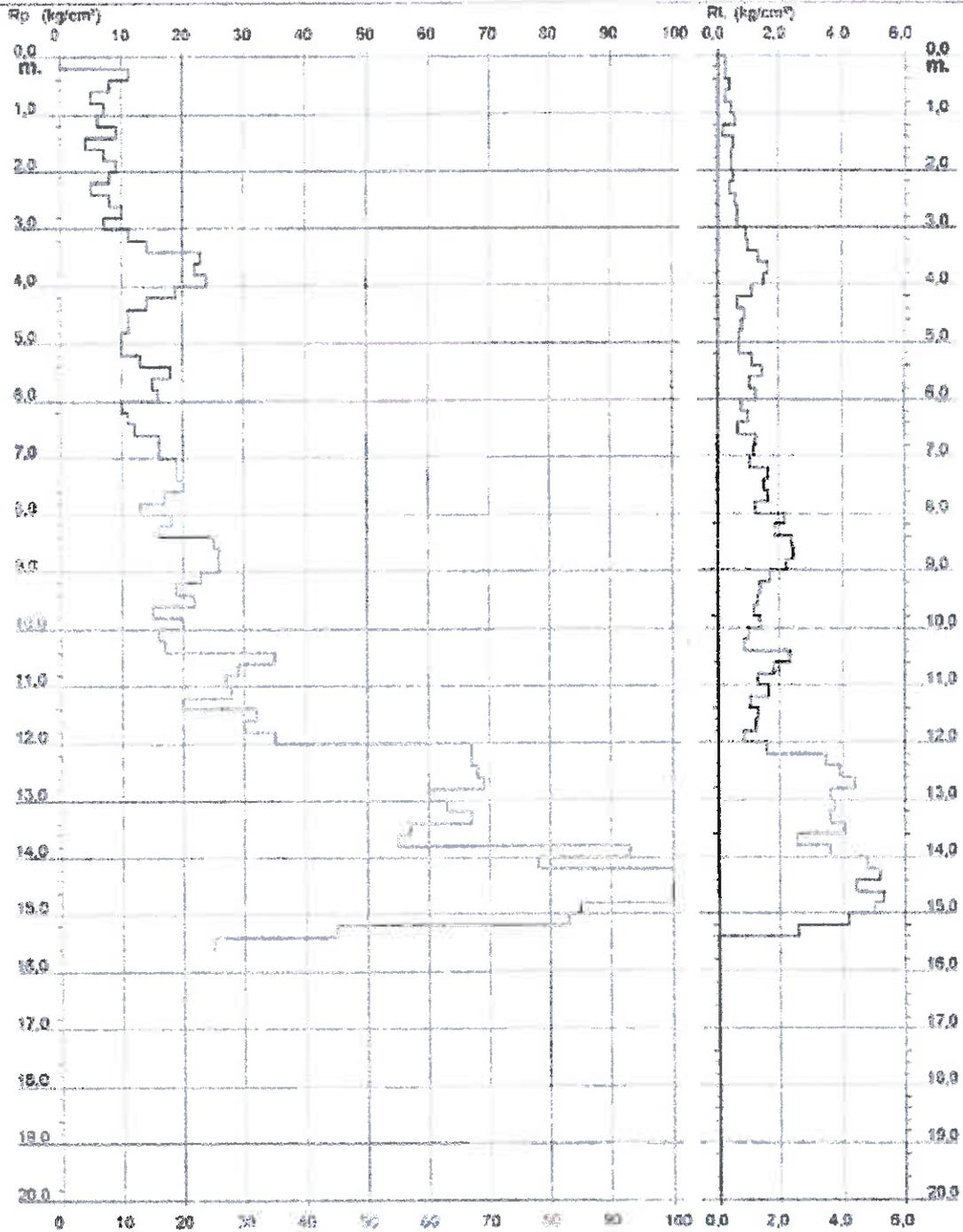
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 2

2 010486-35

- committente : Dr. Fedeli
- lavoro : Recupero area ex Vitrum
- località : Empoli

- data : 02/03/1904
- quota inizio : -1,10 m
- prof. falda : Falda non rilevata
- scale vert. : 1 : 100

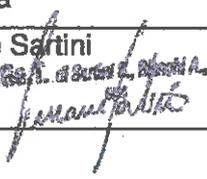


Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore





N° 03252014 – Geologo M. Pellegrini
SERVIZI INTEGRATI DI GEOFISICA PER IL TERRITORIO
Via per S. Alessio, 1733/C
55100 Lucca
P.I. 02114055466

Rapporto n° 03252014			
Committente	Dott. Geologo Massimo Pellegrini		
Tipo di indagine	Indagine Masw e HVSr		
Cantiere	Via Raffaello Sanzio, Empoli		
Data esecuzione misure	17 marzo 2014		
Data emissione rapporto	25 marzo 2014		
Redazione		Verifica	
Dott. Alessandro Bianchi <small>So.Ge.T. di Sartini S., Bianchi A. snc</small> 		Dott. Simone Sartini <small>So.Ge.T. di Sartini S., Bianchi A. snc</small> 	

1) Scopo dell'Indagine

Dietro incarico della Committenza sono state eseguite indagini geofisiche con lo scopo di caratterizzare i terreni presenti nel lotto in studio mediante il parametro Vs30.

La caratterizzazione in oggetto è stata eseguita facendo ricorso alla tecnica denominata M.A.S.W. (Multi-channel analysis of surface waves), basata sullo studio della propagazione delle onde sismiche di superficie (Onde di Rayleigh). Inoltre è stata eseguita una misura HVSR che consiste nella registrazione del cosiddetto "rumore sismico" (o "microtremore").

Oggetto della presente relazione sono i risultati a cui si è pervenuti.

2) Risultati dell'indagine MASW e definizione della Categoria di Suolo.

Ai sensi della nuova normativa antisismica nazionale (D.M. 14 Gennaio 2008 Norme Tecniche per le costruzioni) si è proceduto a determinare il parametro Vs30, che esprime la velocità media delle onde elastiche di taglio (onde S appunto) nei primi 30 metri di profondità al disotto del piano di fondazione. In particolare, per Vs30, si intende la media pesata della velocità delle onde S determinata come di seguito:

$$Vs_{30} = 30 \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

Una volta noto il valore della Vs30 è possibile collocare il terreno interessato dall'intervento all'interno di una delle categorie di suolo previste dalla legge in oggetto e riportate di seguito.

Suolo di fondazione	Vs30	N _{spt} - Cu
A <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs,30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>	> 800 m/s	
B <i>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 Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).</i>	> 360 m/s < 800 m/s	N _{spt} > 50 Cu > 250 kPa
C <i>Depositati 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 Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT,30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu,30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).</i>	> 180 m/s < 360 m/s	15 < N _{spt} < 50 70 < Cu < 250 kPa

<p style="text-align: center;">D</p> <p><i>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 $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i></p>	<p>< 180 m/s</p>	<p>$N_{spt} < 15$ $Cu < 70$ kPa</p>
<p style="text-align: center;">E</p> <p>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</p>		
<p style="text-align: center;">S₁</p> <p>Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < cu_{30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.</p>	<p>< 100 m/s</p>	
<p style="text-align: center;">S₂</p> <p>Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.</p>		

Ai fini della caratterizzazione in oggetto la velocità di propagazione delle onde sismiche può essere ottenuta per via indiretta, ovvero ricavandola da indagini geognostiche (ad esempio dal parametro N_{spt} ricavato da una prova penetrometrica standard) o per via diretta, impiegando indagini di tipo sismico (down-hole, sismica a rifrazione, MASW, cono sismico).

Questi ultimi metodi sono senz'altro più validi e corretti e quando esiste la possibilità di inversioni nel profilo di velocità il metodo MASW (Multi-channel analysis of surface waves) risulta particolarmente risolutivo. Si tratta di una tecnica di indagine piuttosto recente che sfrutta le onde di superficie di Rayleigh. Il MASW è una tecnica "multi-station" che rappresenta una evoluzione del metodo SASW e rispetto a quest'ultimo consente una determinazione senz'altro più affidabile delle proprietà del terreno. Il metodo mira ad una caratterizzazione sismica del sottosuolo basandosi sull'analisi della dispersione geometrica delle onde di superficie. Il risultato finale del processo di elaborazione è il profilo verticale delle velocità delle onde S.

I vantaggi della tecnica MASW possono essere così riassunti:

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

Tali caratteristiche ne hanno reso particolarmente indicato l'uso nel sito in oggetto.

Schematicamente il processo di analisi è il seguente:

- Creazione dello spettro FK;



N° 03252014 – Geologo M. Peligrini
SERVIZI INTEGRATI DI GEOFISICA PER IL TERRITORIO
Via per S. Alessio, 1733/C
55100 Lucca
P.I. 02114055468

- Ricerca del miglior fitting fra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione teorica;
- Profilo di velocità delle onde S;

Il sismografo utilizzato per le misure sismiche è un SUMMIT™ Compact, uno strumento della DMT (Germania), a 24 canali e dinamica del convertitore analogico digitale a 24 Bit (Tecnologia Delta Sigma).

L'acquisizione del segnale è stata eseguita su uno stendimento di 24 geofoni aventi frequenza di 4,5 Hz equidistanziati 2 metri. Come fonte di energia elastica è stata utilizzata una mazza da 8 Kg incidente su una piastra in alluminio. L'energia prodotta ed il contenuto in frequenza dell'energizzazione sono risultati adeguati per le finalità dello studio ed il sismogramma ottenuto è risultato sempre di buona qualità. In mancanza di informazioni precise il coefficiente di Poisson e la densità dei terreni sono stati assunti pari rispettivamente a 0.333 e 1800 Kg/m³.

Il valore di Vs30, per l'intervallo di profondità 0-30 m, è pari a **290 m/sec** e quindi corrisponde ad un suolo di categoria C:

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 Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT,30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu,30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).

3) Cenni teorici del metodo HVSR

Le misure in oggetto mirano alla registrazione del cosiddetto “rumore sismico” (o “microtremore”). Il rumore sismico è presente ovunque sulla superficie della terra ed è generato dai fenomeni ambientali naturali (moti ondosi oceanici, vento) e dall’attività antropica.

Negli anni sono state sviluppate diverse metodologie per lo studio dei microtremori ma fra tutte quella che ha avuto il maggior riconoscimento dalla comunità scientifica ed è pertanto la più usata ed affidabile è quella che impiega i rapporti spettrali H/V e che consiste nella misura dei rapporti degli spettri nel piano orizzontale e della componente verticale. Il metodo è stato introdotto nei primi anni '70 da scienziati giapponesi tra cui Nogoshi e Igarashi (1971) e Shiono et al. (1979) e poi ripreso e pubblicato nel 1989 da Nakamura.

Il metodo H/V o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) mira all’individuazione di possibili fenomeni di risonanza sismica e delle relative frequenze e si basa sulla misura dei rapporti medi fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali e della componente verticale del rumore sismico ambientale. In presenza di forti contrasti di impedenza sismica nel sottosuolo (ad esempio in corrispondenze del passaggio fra litologie caratterizzate da velocità delle onde sismiche molto differenti) la funzione H/V, che rappresenta i rapporti spettrali medi in funzione della frequenza, presenta dei massimi che corrispondono con le frequenze di risonanza. Esiste poi una proporzionalità (non lineare) fra l’ampiezza dei massimi della funzione H/V e l’entità del contrasto di impedenza sismica.

La frequenza di risonanza fornisce indicazioni sul rapporto fra la velocità delle onde S dello strato al tetto del bedrock sismico e la profondità di quest’ultimo:

$$f_0 = V_s / (4H)$$

dove:

f_0 = frequenza di risonanza

V_s = velocità delle onde S della copertura

H = spessore della copertura/profondità bedrock

Per l’esecuzione di misure quanto più significative possibili e di buona qualità è necessario curare in campagna due aspetti fondamentali: il posizionamento e l’accoppiamento dello strumento di acquisizione sul terreno e la scelta dei parametri di acquisizione.

Per quanto riguarda il primo aspetto in tutti i casi il tomografo è stato posizionato su terreno naturale, lontano da strutture e da fonti di rumore elettromagnetico ed è stato particolarmente curato l’accoppiamento dei puntali con il terreno scorticando la prima parte molle e vegetale evitando il contatto con parti mobili.

Per quanto riguarda la scelta dei parametri di acquisizione le misure sono state eseguite con una frequenza di campionamento di 128 HZ e su finestre temporali di 40 minuti (2400 sec). La scelta della durata della registrazione si basa sulla seguente considerazione.

Supponendo di voler osservare la risonanza di una coltre sedimentaria su un bedrock piuttosto profondo e che la frequenza di risonanza sia dell’ordine di 0,5 Hz il segnale si ripeterà con un periodo di 2 sec che rappresenta il tempo minimo di ascolto utile per l’osservazione della

frequenza attesa. A questo punto però è necessario (per garantire una adeguata risoluzione spettrale) che il segnale venga analizzato su finestre temporali almeno 10 volte maggiori del periodo di ripetizione del segnale. In questo esempio 40 sec. Infine il segnale deve essere mediato a livello statistico campionando almeno 30-40 finestre da 40 secondi (1600 sec). Per le acquisizioni in esame il segnale è stato campionato su 2400 sec.

La qualità delle misurazioni è stata valutata sulla base della direzionalità e della stazionarietà della funzione H/V e verificando che i picchi H/V ritenuti significativi coincidano con minimi locali della componente spettrale verticale. Questa è la circostanza caratteristica di discontinuità stratigrafiche. Molte volte si osservano dei picchi alti, stretti e ben definiti sulle tre componenti attribuibili a vibrazioni concentrate attorno ad una specifica frequenza dovuta rumore incoerente dovuto a transienti.

La strumentazione impiegata è un tomografo TROMINO prodotto dalla Micromed (serial no. TRZ-0195/01-12) ed i dati sono stati analizzati con il software dedicato GRILLA.

L'analisi dei dati è stata eseguita su finestre temporali di 40 sec e con uno smoothing triangolare al 10%.

Per ogni misura singola, nelle tavole allegate viene riportato:

- grafico del rapporto spettrale orizzontale su verticale
- serie temporale H/V
- direzionalità H/V
- grafico degli spettri delle singole componenti

Infine viene valutata la qualità della misura secondo le linee guida SESAME, 2005 riportando i **Criteri per una curva H/V affidabile** ed i **Criteri per un picco H/V chiaro**.

Inoltre nella tabella che segue viene riportata la Classificazione della Curva H/V (Albarellò D. & Castellaro S. (2011) – Tecniche sismiche passive indagini a stazione singola. Supplemento alla rivista Ingegneria sismica Anno XXVIII, n. 2-2011).

La Classificazione della Curva H/V avviene prendendo in considerazione tre classi di qualità:

Classe A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola

1. La forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (stazionarietà);
2. Le variazioni azimuthali di ampiezza non superano il 30% del massimo (isotropia);
3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (assenza di disturbi);
4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (plausibilità fisica);
5. i criteri di SESAME per una curva H/V attendibile (primi 3 criteri) sono verificati (robustezza statistica);
6. la misura è durata almeno 15/20 minuti (durata).

Eccezione: misure effettuate su roccia integra affiorante o in zone alluvionali fini con basamento sismico molto profondo (tipicamente > 1Km) possono non mostrare alcun picco statisticamente significativo della curva H/V nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico, a

causa dell'assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati. In questi casi, in cui la curva H/V apparirà piatta a con ampiezza circa pari a 1, il criterio 5 risulterà non verificato anche se la misura è di fatto attendibile. In questo solo caso la misura può ricadere nella classe A ma si consiglia di ripetere la misura per confermare l'effettiva assenza di massimi significativi.

Classe B: curva H/V sospetta (da "interpretare"): va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze.

1. almeno una delle condizioni della classe A non è soddisfatta, a condizione che non si rientri nell'ECCEZIONE citata per la classe A

Classe C: curva H/V scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata.

1. misura di tipo B nella quale la curva H/V mostra una ampiezza crescente al diminuire della frequenza (deriva), indice di un movimento dello strumento durante la misura;
2. misura di tipo B nella quale si evidenzia la presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di potenziale interesse.

Per le sole Classi A e B si possono definire due sottoclassi delle classi precedenti:

Tipo 1. Presenta almeno un picco "chiaro" secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza;

Tipo 2: Non presenta picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse: assenza di risonanza. Nella tabella soprastante sono riportati i valori di frequenza in corrispondenza dei quali, per ciascuna misura, si ha il picco in termini di ampiezza (A0) del rapporto H/V.

È comunque necessario valutare attentamente ciascuna misura poiché in alcuni casi possono essere presenti ulteriori picchi con ampiezza inferiore ad A0 in corrispondenza di altri valori di frequenza. Questi picchi, se correlabili a minimi locali della componente spettrale verticale sono indice di discontinuità stratigrafiche che possono rivestire una certa importanza ai fini degli effetti amplificativi locali.

Misura	Classe
HVSR1	1A

3.1) Interpretazione dei risultati

HVSR 1: il picco del rapporto H/V è a 1.25 Hz con ampiezza di circa 2.7. Entro la frequenza di circa 1.8 Hz si osservano però ulteriori picchi, o meglio una coalescenza di picchi, probabilmente riferibili a discontinuità molto ravvicinate fra loro. Si tratta in ogni caso di strati risonanti che si collocano fra 50 m e 100 m circa di profondità come stimabile ricorrendo alla formula:

$$f_0 = V_s / (4H)$$

dove:

f_0 = frequenza di risonanza

V_s = velocità delle onde S della copertura

H = spessore della copertura/profondità bedrock

La misura è chiaramente affetta da un problema di inversione dovuta all'esecuzione della misura su un substrato rigido. Nelle curve degli spettri delle singole componenti si nota, intorno a 6 Hz, un minimo nella curva relativa alla componente verticale. Si può ipotizzare che in assenza dell'inversione di velocità questo potrebbe essere un picco del rapporto H/V. Si tratterebbe eventualmente, di una discontinuità posta entro 15 m di profondità.

In Tab.1 (tratta da Albarello D. & Castellaro S. (2011) – Tecniche sismiche passive indagini a stazione singola. Supplemento alla rivista Ingegneria sismica Anno XXVIII, n. 2-2011) è riportata una correlazione fra il valore della frequenza di risonanza misurata e lo spessore delle coperture.

Tab. 1 - Abaco per la stima dello spessore delle coperture (h) a partire dai valori delle frequenze di risonanza (f_0) determinate dalle misure H/V.

F_0 (Hz)	h (m)
<1	>100
1-2	50-100
2-3	30-50
3-5	20-30
5-8	10-20
8-20	5-10
>20	<5



N° 03252014 – Geologo M. Pellegrini
SERVIZI INTEGRATI DI GEOFISICA PER IL TERRITORIO
Via per S. Alessio, 1733/C
55100 Lucca
P.I. 02114055466

In allegato 1 è riportata la scheda delle indagini HVSR.



Legendai:

— Linea Sismica

HVSR



So.Ge.T.
Società di Geofisica

Via per S. Alessio, 1733/C
05100 S. Alessio (Lazio)
P.I.C.F. 0211550468
Tel. e Fax. +39 583 05723
www.soget.it - e-mail: info@soget.it

Oggetto: Ubicazione della prova MASW

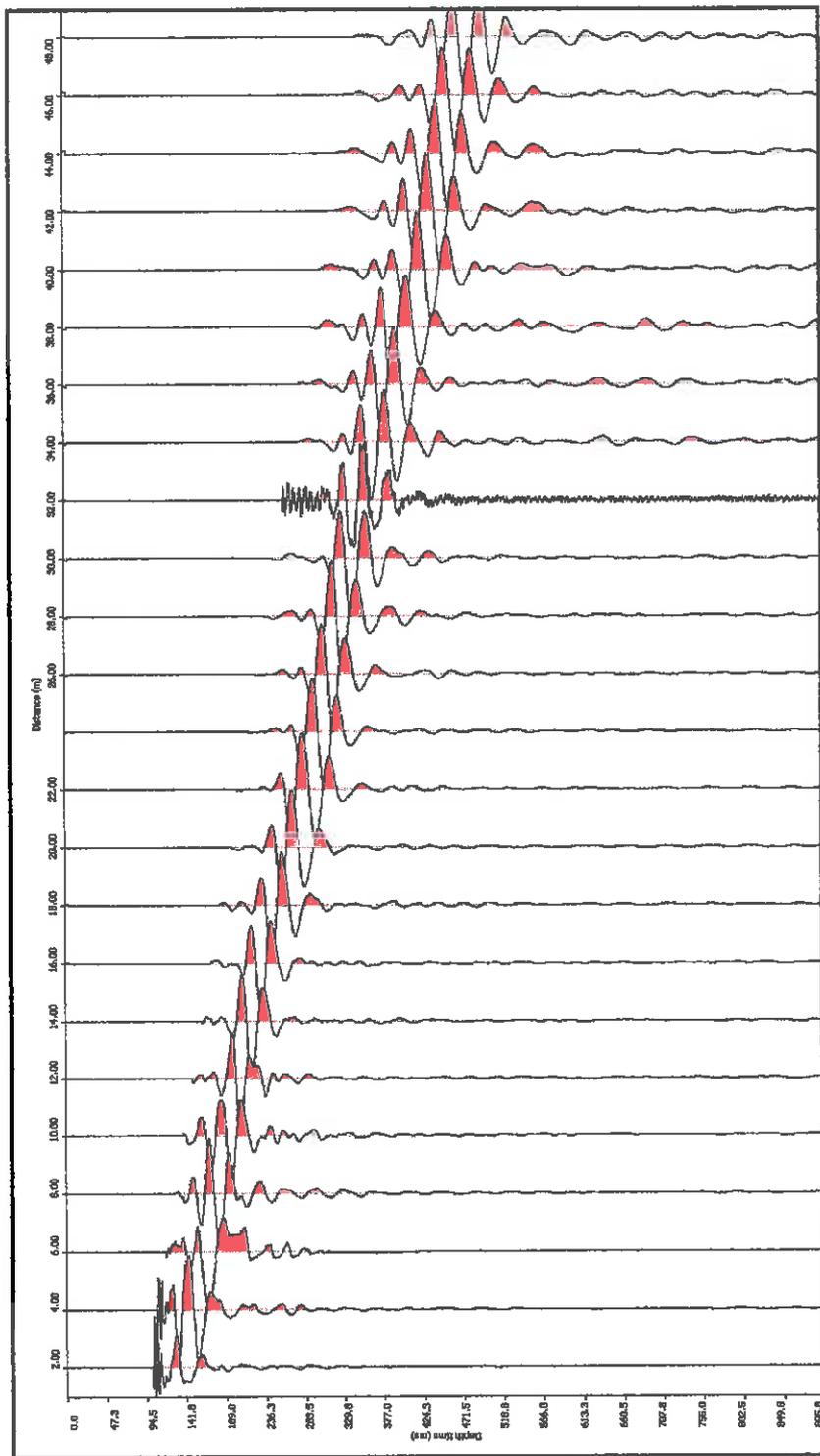
Committente: Dott. Geol. M. Pellegrini	Data: 25 marzo 2014
Colore: Rosso	
Formato: A3	TAV.
Scala: 1:1000	N° 1

So.Ge.T.
 Società di Geofisica

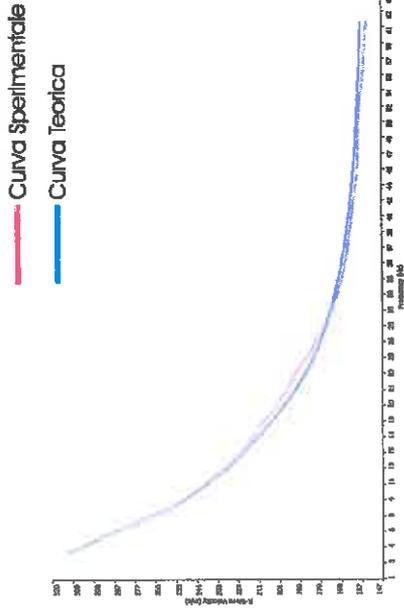
Via per S. Alessio, 1733/C
 55100 S. Alessio (Lucca)
 P.I.C.F. 02715540468
 Tel. e Fax. +39 051 067223
www.sogiet.it - e-mail: info@sogiet.it

Oggetto: Sismogramma

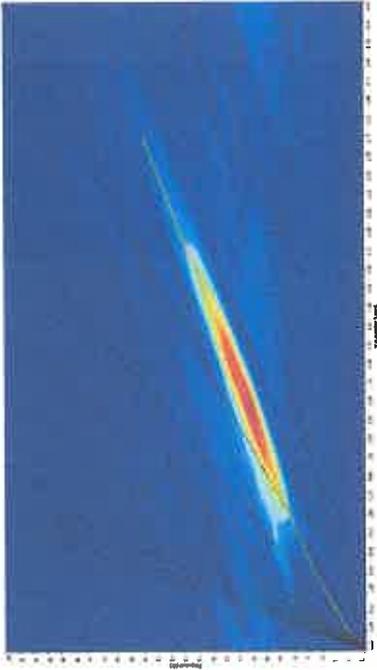
Committente: Dott. Geol. M. Pellegrini	Data: 25 marzo 2014
Comune: Empoli	TAV:
Formato: A3	via Barbaresco Empoli
N° 2	



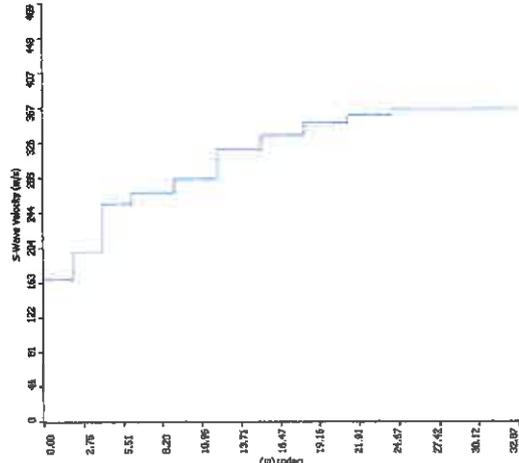
Curva di Dispersione



Spettro FK



Profilo Vs - Profondità



Layer	Thickness	Depth	Vs
Layer 1	2.01	2.01	167
Layer 2	2.01	4.03	199
Layer 3	2.01	6.04	255
Layer 4	3.02	9.07	268
Layer 5	3.02	12.09	284
Layer 6	3.02	15.11	319
Layer 7	3.02	18.13	335
Layer 8	3.02	21.15	349
Layer 9	3.02	24.18	358
Layer 10			366

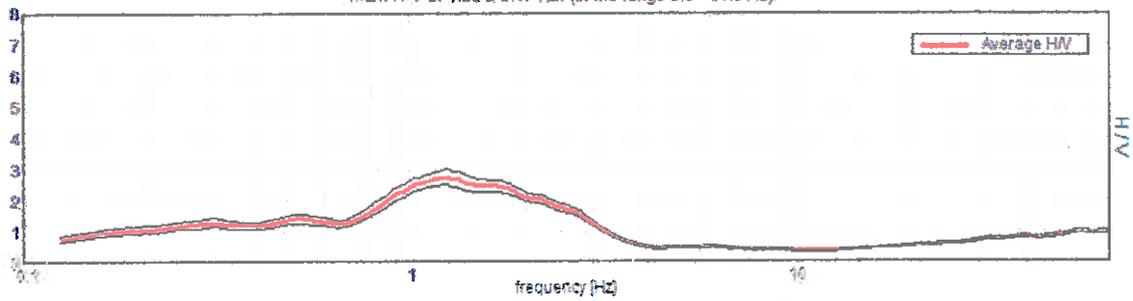
EMPOLI

Instrument: TRZ-0195/01-12
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 17/03/14 12:57:23 End recording: 17/03/14 13:37:23
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
GPS data not available

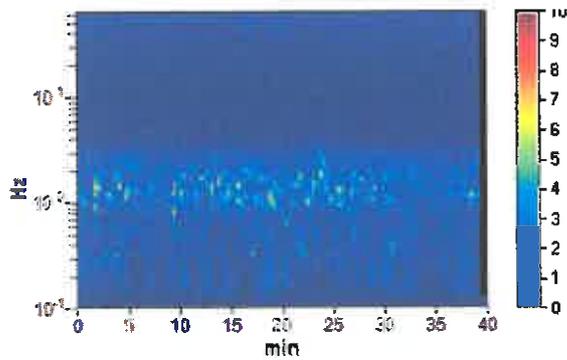
Trace length: 0h40'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

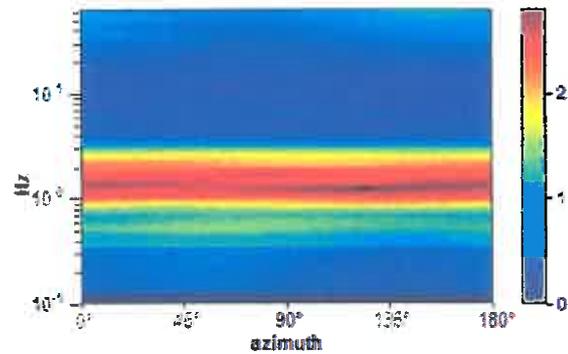
Max. H/V at: 1.25 ± 0.17 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



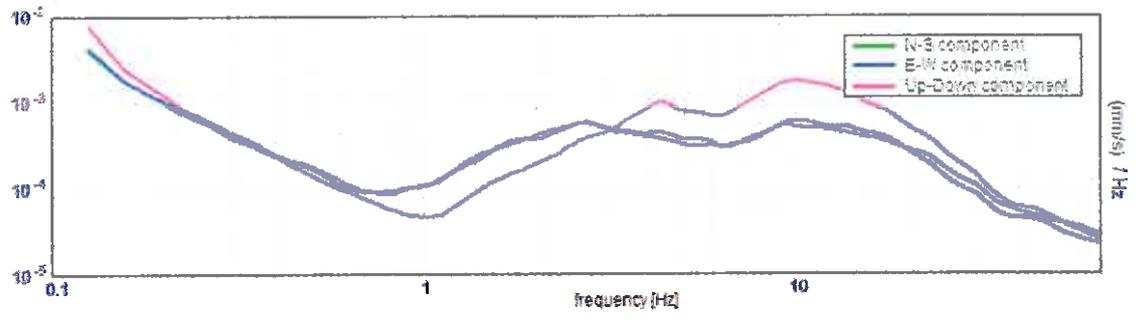
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 1.25 ± 0.17 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	$1.25 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$3000.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 61 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.719 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.875 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.75 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.13722 < 0.05$		NO
$\sigma_1 < \varepsilon(f_0)$	$0.17152 < 0.125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2603 < 1.78$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_1	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_1 < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_1 and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20