



CITTÀ DI
ASSISI
SERAPHICA CIVITAS

Comune di Assisi

**Settore Gestione e Valorizzazione
del Paesaggio e del Territorio**
Ufficio Urbanistica, Autorizzazioni
Paesaggistiche e Progetti Strategici

Sindaco e Assessore Politiche
Urbanistiche e Paesaggistiche

Prof. Ing. Stefania Proietti

Settore Gestione e Valorizzazione
del Paesaggio e del Territorio

Dirigente

Ing. Matteo Castigliengo

Redazione:

Ufficio Urbanistica, Autorizzazioni
Paesaggistiche e Progetti Strategici

Responsabile dell'Ufficio

Arch. Alessandra Guidotti

Istruttori tecnici

Geom. Raffaele Cariani

Geom. Giuseppe Rossi

Aspetti geologici

Geol. Giorgio Leoni

Aspetti ambientali - VAS

Arch. Virna Venarucci

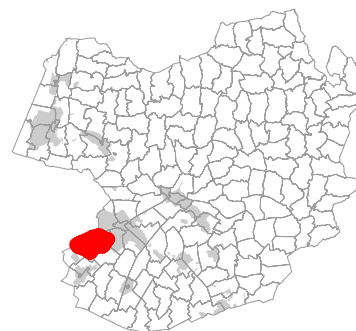
LOCALIZZAZIONE

Comune di Assisi - Santa Maria degli Angeli

OGGETTO:

**Piano Attuativo di iniziativa Pubblica
in variante al PRG-PO ex art. 53 LR 1/2015**

"Completamento della Zona Industriale di
Santa Maria degli Angeli già oggetto di P.P.E."



NOME ELABORATO:

**RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA
DI SUPPORTO**

REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICA	DISEGNATO	CONTR.	VISTO
0	__/__/__	Adozione	__/__/__	__/__/__	__/__/__
1	__/__/__	Approvazione	__/__/__	__/__/__	__/__/__
2	__/__/__	//	__/__/__	__/__/__	__/__/__
3	__/__/__	//	__/__/__	__/__/__	__/__/__
4	__/__/__	//	__/__/__	__/__/__	__/__/__

COD. DOCUMENTO:

DATA

SCALA:

Luglio 2024



PROVINCIA DI PERUGIA
COMUNE DI ASSISI



RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA DI SUPPORTO

(Redatta ai sensi del DPR 328/01 - art. 41, D.M. 17 gennaio 2018 e Circ. n. 7 del 21-01-2019)

PROGETTO DI VARIANTE URBANISTICA ZONA INDUSTRIALE DI SANTA MARIA DEGLI ANGELI – NUOVA PIANIFICAZIONE

**DIRIGENTE DEI SETTORI
INFRASTRUTTURE E
GESTIONE TERRITORIO:**
Arch. Bruno Mario Broccolo

TECNICO INCARICATO:
Dott. Geol. Giorgio Leoni

DATA: novembre 2021

SCALA: Varie



Collaboratori:

LOCALITA': ZONA INDUSTRIALE S. M. degli ANGELI
COMMITTENTE: COMUNE DI ASSISI (PG)

STUDIO GEOLOGICO-GEOTECNICO-AMBIENTALE

Dott. Geol. Giorgio Leoni

P.I. 02344070541 – e-mail geostudio.leoni@alice.it

Vicolo delle Conservette n. 12
06036 MONTEFALCO (PG)
Tel./fax 0742/378657-347/3561957

Via A. De Gasperi n. 28
06125 Perugia
Tel. 347/3561957

INDICE

1. PREMESSA	5
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO	11
2.1 - Contesto geologico di riferimento	11
2.2 - Geomorfologia dell'Area	14
2.3 - Dati sulla franosità storica	14
2.4 - Idrogeologia dell'Area	14
2.5 - Geologia Ambientale e Tutela Paesaggistica	15
2.6 - Dati sull'Alluvionamento dell'Area	15
2.7 - Gestione delle Terre e rocce da Scavo	16
3. MODELLAZIONE GEOLOGICA e GEOTECNICA	16
3.1 - Piano delle Indagini/sintesi delle analisi condotte	16
3.2 - Considerazioni sul Modello geologico di Sintesi	17
3.3 - Considerazioni sul Modello Geotecnico di Sintesi	18
4. MODELLAZIONE' SISMICA DEL SITO	20
4.1 - Sismicità storica dell'Area	20
4.2 - Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento	21
4.3 - Determinazione e definizione dell'azione sismica	31
4.4 - Determinazione e definizione dell'azione sismica	36
4.5 - Determinazione della Categoria Topografica	37
4.6 - Stabilità nei confronti della liquefazione	38
5. STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1 e 2	39
5.1 – Considerazioni geologico-tecniche	40
5.2 – Considerazioni sulla Carta delle Microzone Omogenee	40
5.3 – Considerazioni Studio di Microzonazione Sismica di Livello 2	42
5.4 – Considerazioni Carta di Microzonazione Sismica	43
6. CONSIDERAZIONI FINALI	50

TAVOLE - ALLEGATI

TAV. I

Carta Corografica I.G.M.I. dalla scala 1: 25.000;

TAV. II

Stralcio Carta Tecnica Regionale dell'area dalla scala 1: 5.000;

TAV. III

Stralcio Ortofotocarta con ubicazione dell'area dalla scala 1: 10.000;

TAV. IV

Stralcio Cartografia Geologica Regionale dalla scala 1: 10.000;

TAV. V

Stralcio Carta PAI Inventario Fenomeni Franosi dalla scala 1: 10.000.

TAV. VI a-b

Stralcio Carta PAI – Fasce fluviali dalla scala 1: 10.000

TAV. VII

Stralcio Carta idrogeologica e delle Isofreatiche dalla scala 1: 25.000

TAV. VIII

Stralcio Carta della vulnerabilità acquiferi non in scala

TAV. IX

Stralcio cartografico con ubicazioni indagini reperite/eseguite non in scala

TAV. X

Profilo stratigrafico con ubicazione indagini non in scala

TAV. XI

Stralcio Cartografia Regionale Zone Suscettibili di instabilità dalla scala 1: 10.000;

ALLEGATO A

Stralcio Ortofotocarta con ubicazione delle indagini dalla scala 1:5.000

ALLEGATO B

Carta delle frequenze dalla scala 1:5.000

ALLEGATO C

Carta delle MOPS - Microzonazione sismica L1 Regione Umbria dalla scala 1:5.000

ALLEGATO D

Carta delle MOPS - Microzonazione sismica L1 area di interesse dalla scala 1:5.000

ALLEGATO E

Carta dei Fattori di amplificazione - Microzonazione sismica L2
della'area oggetto di studio dalla scala 1:5.000

ALLEGATO F

Elaborazione dati geofisici indagini eseguite/reperate/

1. PREMESSA

Preso atto che l'Amministrazione Comunale del Comune di Assisi ha la necessità di apportare alcune variazioni alle previsioni edificatorie in adeguamento a nuovi standard di una parte dell'area "Zona Industriale, in conformità alla parte operativa vigente del P.R.G, lo scrivente è stato incaricato di redigere una relazione geologica, geomordologica e idrogeologica relativa alla variante urbanistica di tale zona in esame.

La presente documentazione tecnica pertanto redatta al fine di revisionare le cartografie attinenti alla pericolosità geologica, idraulica e sismica, riscontrate nell'area oggetto della presente variante, al fine di individuare e definire tutte quelle azioni ed indirizzi finalizzati all'uso del territorio in rapporto alle sue peculiarità e pericolosità. Lo studio e le indagini sono stati svolti in ottemperanza alle normative vigenti in materia, ed in particolare con riferimento all'attuale quadro normativo.

Su incarico del Comune di Assisi, pertanto è stato svolto, a norma delle vigenti leggi, uno studio geologico - ***"redatto ai sensi del D.P.R. 328/01 - art. 41"*** -. La presente relazione intende costituire un approfondimento tecnico ed eventuali suggerimenti all'adeguamento degli strumenti di pianificazione urbanistica comunale i quali potranno definire nel dettaglio le operazioni di pianificazione generale e unitaria di interventi conformi allo strumento urbanistico vigente.

L'area in esame è quella di una parte della Zona Industriale di Santa Maria degli Angeli, delimitata a Nord-Ovest dalla Strada Provinciale SP.404 ad Est dalla Strada provinciale SP 408 e nella parte nord dalla Strada Statale S.S.75.

Lo studio, svolto in conformità con i criteri stabiliti dal D.M. 17 gennaio 2018 e dell'Ordinanza n° 25 del 24/05/2017 del 24 agosto 2016 si è articolato attraverso le seguenti fasi:

- sopralluogo nell'area oggetto di studio;
- inquadramento e rilevamento geologico e geomorfologico di superficie;

- analisi dei vincoli presenti;
- analisi idrogeologiche ed individuazione di falde superficiali;
- reperimento indagini geognostiche e geofisiche;
- esecuzione di indagini geofisiche H/V;
- considerazioni tecniche conclusive.

Nell'esecuzione della presente ci si è avvalsi, per quanto riguarda i dati geologici e geomorfologici, anche della documentazione bibliografica disponibile e delle indagini di microzonazione sismica *L1* approvata dalla Regione Umbria.

Lo studio, pertanto, costituisce uno strumento propedeutico atto a individuare la fattibilità della variante al Piano Attuativo in progetto. I necessari e ulteriori approfondimenti, mediante l'esecuzione di indagini di dettaglio, dovranno essere effettuati nel proseguo delle diverse fasi di progettazione, come previsto dalla normativa nazionale e regionale vigente.

Si ricorda, inoltre, che la zona in oggetto ricade in zona sismica 2 (grado di sismicità $S=9$) e pertanto il progetto dovrà attenersi alle normative tecniche espresse dal D.M. dell'11/3/1988, dal D.M. 16/01/1996 e dal DM del 17 gennaio 2018.

Per una migliore identificazione dell'area e per completezza di calcolo, alla presente relazione sono allegati:

- carta corografica I.G.M.I. dalla scala 1:25.000 (TAV. I);
- stralcio C.T.R. dalla scala 1:10.000 con ubicazione dell'area (TAV. II);
- stralcio ortofotocarta e ubicazione dell'area dalla scala 1:10.000 (TAV. III);
- stralcio cartografia geologica regionale dalla scala 1: 10.000 (TAV. IV);
- stralcio della cartografia PAI Inventario Fenomeni Franosi dalla scala 1: 10.000 (TAV. V);
- stralcio Carta PAI – Fasce fluviali dalla scala 1: 10.000 (TAV. VI);
- stralcio Carta delle Isofreatiche e Permeabilità dalla scala 1:10.000 (TAV. VII);
- stralcio Carta della vulnerabilità acquiferi non in scala (TAV. VIII);
- stralcio cartografico, ubicazioni indagini pregresse dalla scala 1:5.000 TAV. IX);

- profilo geologico con ubicazione indagini non in scala (TAV. X);
- stralcio Cartografia Regionale Zone Suscettibili di instabilità dalla scala 1:10.000 (TAV. XI);

ALLEGATO A

Stralcio Ortofotocarta con ubicazione delle indagini eseguite/reperite dalla scala 1:5.000

ALLEGATO B

Carta delle frequenze dalla scala 1:5.000

ALLEGATO C

Carta delle MOPS - Microzonazione sismica L1 Regione Umbria dalla scala 1:5.000

ALLEGATO D

Carta delle MOPS - Microzonazione sismica L1 area di interesse dalla scala 1:5.000

ALLEGATO E

Carta dei Fattori di amplificazione - Microzonazione sismica L2 dell'area oggetto di studio dalla scala 1:5.000

ALLEGATO F

Elaborazione dati geofisici indagini eseguite/reperiti

Normativa tecnica Nazionale

Il presente documento è stato redatto in conformità e nel rispetto delle normative nazionali vigenti, con particolare riferimento a:

- Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 6 giugno 2001 (e s.s. m.m. i.i.) “Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia”.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274 (e s.s. m.m. i.i.) “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica”.
- Decreto Legislativo n. 152 del 3 aprile 2006 Norme in materia di Ambiente *“Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque all'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole”.*

- Circolare del Ministro dei LL.PP. n. 218/24/3 del 9 gennaio 1996 “Legge 2 febbraio 1974, n. 64. Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica”.
- Decreto del Presidente della Repubblica 13 giugno 2017, n. 120: “Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell’articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164”;
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni.

Normativa tecnica della Regione Umbria e riferimenti bibliografici locali.

- D.G.R. 18 giugno 1985 n°3806 "Direttive e criteri metodologici di carattere geologico-tecnico per le indagini da eseguire a corredo dei piani urbanistici di grado subordinato" in cui si individua il tipo di indagine da eseguire, la scala di rappresentazione ed i requisiti minimi comuni cui devono rispondere le indagini di carattere geologico-tecnico da effettuare a corredo dei piani urbanistici comprensoriali.
- D.M. 11 marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle opere di fondazione".
- L.R. 10 aprile 1995 n°28 "Norme in materia di strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica" che definisce gli strumenti generali della pianificazione e programmazione territoriale.
- L.R. 21 ottobre 1997 n°31 "Disciplina della pianificazione urbanistica comunale norme di modificazione....", in cui si stabilisce che il PRG è composto di una parte strutturale in cui si individuano le specifiche vocazioni territoriali a livello di pianificazione generale in conformità con quanto espresso nel P.U.T. e nel P.T.C.P., e da una parte operativa che individua e disciplina le modalità, forme e limiti delle previsioni urbanistiche definite nella parte strutturale.
- D.G.R. del 31 luglio 1998 n° 4363 " Indagini urgenti di microzonazione sismica". Approvazione della relazione conclusiva, degli elaborati e delle tabelle dei coefficienti di amplificazione per i centri abitati sottoposti ad indagine".
- L.R. 24 marzo 2000 n°27 "Piano Urbanistico Territoriale" che illustra il contenuto del PUT, le opzioni per la valorizzazione del territorio dell'Umbria ecc..

- Regolamento Regionale n. 7 del 17 dicembre 2002 “Regolamento di attuazione alla L.R. 19 novembre 2001 n. 28”.
- D.G.R. 14 marzo 2001 n°226 "Criteri per l'esecuzione degli studi di microzonazione sismica a supporto della redazione degli strumenti urbanistici." disciplina le modalità di esecuzione delle indagini di microzonazione sismica in base al grado di sismicità del territorio comunale.
- Delibera C.P. n°59 del 23 luglio 2002, PTCP “Variante di adeguamento al PUT (L.R. 27/2002).
- D.G.R. del 22 dicembre 2003 n° 1968 “ Delimitazione delle aree di salvaguardia delle acque sotterranee destinate al consumo umano di cui all’Art. 12 del D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni”.
- O.P.C.M. 20 marzo 2003 n°3274 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- D.G.R. 18 giugno 2003 n°852 “ Approvazione classificazione sismica del territorio regionale dell’Umbria”.
- L.R. 22 febbraio 2005 n°11 “Norme in materia di governo del territorio: pianificazione urbanistica comunale.
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006 n. 152 "Norme in materia ambientale”.
- D.G.R. 28 aprile 2008 n°447 “Piano di bacino del fiume Tevere - Stralcio per l'assetto idrogeologico - PAI - PS6. Disposizioni regionali per l'attuazione del Piano”.
- D.G.R. 18 giugno 2008 n. 707 “Piano di bacino del fiume Tevere - Stralcio per l'assetto idrogeologico - PAI - PS6. Disposizioni regionali per l'attuazione del Piano - Integrazioni”.
- Relazione geologica geomorfologica e idrogeologica – Dott. Geol. G. Ruspi, Dott. Geol. G. Schirò e Dott. Geol. F. Pellicci (P.R.G. Parte strutturale del Comune di Assisi - 2010).
- Delibera della Giunta Regionale n. 377 del 8 marzo 2010 “Criteri per l'esecuzione degli studi di microzonazione sismica”.
- Delibera della Giunta Regionale n. 1111 del 18 settembre 2012 “Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale dell’Umbria”.
- Legge Regionale 21 gennaio 2015, n. 1 – “Testo unico Governo del territorio e materie correlate” - Pubblicazione: Bollettino Ufficiale n. 6 S.o. n. 1 del 28/01/2015.

- Legge Regionale 23 novembre 2016, n. 13 - “Modificazioni ed integrazioni alla legge regionale 21 gennaio 2015, n. 1 - Testo unico governo del territorio e materie correlate”;

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO

L'area presa in esame è ubicata nel comune di Assisi ed è individuabile nella parte settentrionale della tavoletta I.G.M.I. III N.O. "Assisi", Foglio n°123 della Carta d'Italia. Santa Maria degli Angeli è una frazione del comune di Assisi geograficamente situata a circa 4 km a sud rispetto al capoluogo, interamente sulla pianura della Valle Umbra. Secondo i dati Istat del 2001 sono presenti 7.719 abitanti. Nello specifico la zona industriale oggetto di studio è ubicata nelle immediate vicinanze del nucleo abitato di Santa Maria degli Angeli a ridosso delle Strade Provinciali SP.404 e SP 408 che congiungono la il sito in esame con il nucleo abitato della frazione stessa e nella parte nord è limitata dalla Strada Statale S.S.75.

L'area oggetto di studio è posta ad una quota topografica compresa tra circa 195 - 208 m s.l.m. Nelle tavole allegate si riporta la perimetrazione dell'area così come è stata prevista nel P.P.E. 2021.

2.1 - Contesto geologico di riferimento

Dal punto di vista geologico l'area è individuabile nel Foglio n. 123 "ASSISI" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000).

Diverse sono le fasi deposizionali che hanno portato nel periodo Cretacico il bacino Umbro-Marchigiano raggiungere la massima profondità di sedimentazione della Formazione della Maiolica e delle Formazioni della Scaglia Bianca e della Scaglia Rossa. In quest'ultima Formazione geologica della Scaglia Rossa è presente il limite K-T -Cretacico-Terziario- che ha permesso la datazione dell'estinzione dei dinosauri e di altre associazioni faunistiche terrestri e marine.

L'evoluzione tettonica miocenica ha portato il regime deposizionale essenzialmente carbonatico (depositi marini della serie Umbro Marchigiana) ad evolvere verso un regime sempre più terrigeno che diviene, nell'area

oggetto di studio, predominante a partire da Miocene inferiore-medio, con lo sviluppo di potenti successioni torbiditiche.

Le ultime formazioni marine sedimentate sono il Bisciario, lo Schlier e la Marnoso Arenacea torbiditica, questa ultima risalente al Miocene.

A seguito dell'attività tettonica distensiva i graben che si sono formati sono stati colmati da depositi continentali derivati dallo smantellamento dei rilievi.

Conseguenza di questi processi erosivi per opera di agenti esogeni sono i terreni detritici quaternari che ricoprono il versante occidentale del Subasio e che rappresentano prodotti dell'alterazione prevalente delle formazioni della Scaglia e della Maiolica.

Nel Plio-Pleistocene la valle Umbra era ormai un bacino intermontano, occupato da un lago chiamato Tiberino, circondato da zone paludose con abbondante vegetazione e vari mammiferi ed i cui resti si trovano ora nei giacimenti fossili di lignite. In questo ambiente di sedimentazione è iniziata la genesi della formazione lacustre, costituita da ciottoli e sabbie argillose, coperta da travertini che affiorano nelle varie zone del Comune di Assisi. L'intensa attività erosiva esercitata dalla rete idrografica superficiale ha modellato ed inciso i rilievi, trasportando a valle il materiale eroso e sedimentandolo in aree poco acclivi (depositi alluvionali e conoidali). Tali depositi a volte sono stati nuovamente incisi per la riattivazione di processi erosivi ad opera dei corsi d'acqua ne sono evidenza i vari ordini di terrazzamento prossimi ai corsi d'acqua.

La deposizione continentale avvenuta si è sviluppata in vari momenti e modalità ed in alcuni casi è tuttora attiva a causa della continua opera erosiva.

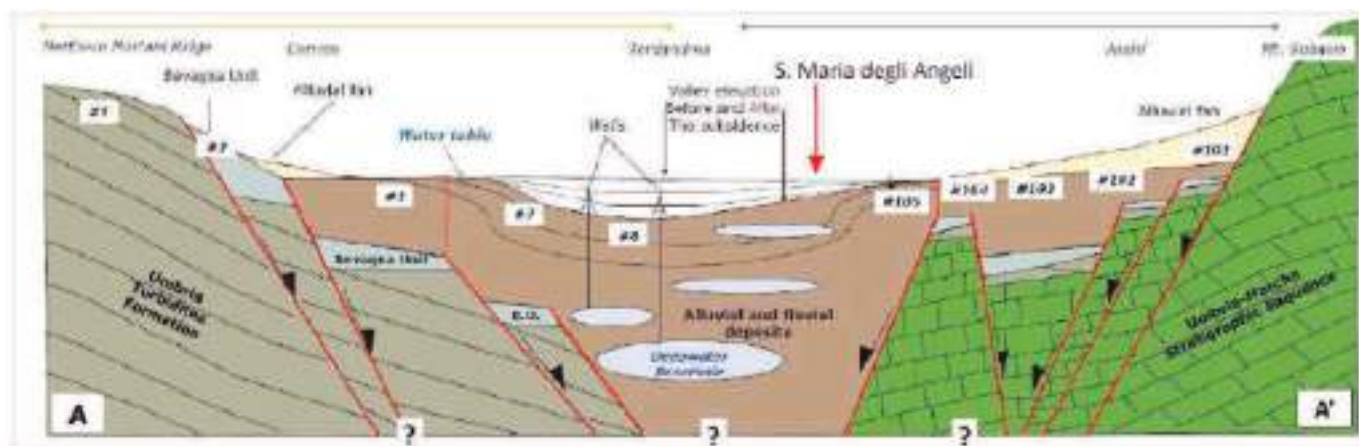
La zona di S. Maria degli Angeli é caratterizzata dalla presenza di terreni alluvionali, costituiti da limi e argille, sabbie e ghiaie,. Secondo la carta geologica "Assisi" in scala 1:100.000, tali depositi sono definiti "sedimenti fluvio-lacustri terrazzati" ed attribuiti al Pleistocene. Visti arealmente evidenziano una conformazione a conoide alluvionale, estesa alla base, all'incirca fra Bastia e Rivotorto e con il vertice poco a valle di Assisi. Tali sedimenti si interdigitano, in prossimità della zona industriale di Santa Maria

degli Angeli con i depositi fluvio-lacustri Olo-Pleistocenici, costituiti prevalentemente da limi e argille grigio-azzurrognole.

Il sito oggetto di studio infatti costituisce una porzione di un bacino fluvio-palustre che occupava una vasta area dell'attuale valle. Dai dati reperiti in tale porzione di area Industriale i depositi fluvio-palustri superficiali mostrano uno spessore maggiore a 15 – 18 m e sono caratterizzati, prevalentemente, da argille e argille limose o torbose, normalmente consolidate, legati all'instaurarsi di un bacino interno a bassa energia, colmato da depositi prevalentemente fini; la successione argillosa è interrotta, solo nella porzione più a Nord dell'area di interesse, da rari livelli sub-metrici di limi sabbiosi, sabbie limose o ghiaiose spesso sede di falda idrica in pressione.

Verso le parti distali, fuori area di studio, si possono rilevare contatti laterali interdigitati fra sedimenti in facies di conoide e sedimenti in facies lacustre/palustre.

La sequenza sedimentaria continentale, di spessore complessivo che può superare i 100 -150 m, poggia sul substrato geologico litoide rappresentato dalla formazione della Marnoso Arenacea come di seguito rappresentato.



– Sezione geologica AA' orientata SO-NE della Valle Umbra con ubicazione della Stazione accelerometrica in località Cannara posta sulla verticale del simbolo #7; in rosso la posizione in allineamento dell'area in studio.

Da un accurato rilevamento geologico e dall'analisi della bibliografia rinvenuta, si esclude la presenza di discontinuità tettoniche, degne di rilievo, nelle immediate vicinanze del sito in oggetto.

2.2 - Geomorfologia dell'Area

L'area pianeggiante della porzione della zona industriale di Santa Maria degli Angeli, oggetto di studio, si estende prevalentemente ad occidente dell'area montuosa-collinare ed è costituita da terreni di tipo continentale rappresentati dalla formazione lacustre, dai travertini a tetto del lacustre, dai depositi fluviali o fluvio-lacustri terrazzati, dalle alluvioni attuali o recenti e dalle coperture detritiche (Pleistocene superiore-Olocene).

Il sito in esame è ubicato nella parte mediana della vallata alluvionale Umbra e precisamente nelle immediate vicinanze della confluenza del fiume Topino nel Fiume Chiascio.

Il paesaggio è caratterizzato da una morfologia prevalentemente pianeggiante dove i terreni risultano prevalentemente urbanizzati.

2.3 - Dati sulla franosità storica

L'esame della cartografia geomorfologica allegata al P.A.I., redatta dall'autorità di Bacino del F. Tevere non riporta la presenza di movimenti franosi attivi o quiescenti. Nelle immediate vicinanze del sito in esame non sono stati individuati, attualmente, segni di erosione accelerata né di complessiva instabilità.

2.4 - Idrogeologia dell'Area

Nell'area il reticolo idrografico è poco sviluppato e caratterizzato soprattutto dalla presenza di canali artificiali utilizzati per la regimazione delle acque per l'attività agricola che l'allontanamento delle acque legate alla presenza di capannoni industriali generando, a luoghi, un reticolo spesso con confluenze rettangolari. Pochi sono i fossi naturali presenti e caratterizzati da portate di modesta entità e con ampie variazioni fortemente legate agli apporti meteorici stagionali. Tutti i fossi infatti sono interessati da deflussi superficiali significativi solamente in occasione di intense precipitazioni prolungate nel tempo. Si può comunque affermare che la maggior parte delle acque meteoriche ricadenti nell'area vengono principalmente assorbite dalla coltre

vegetale, facendo alterare le proprie caratteristiche fisiche e soltanto una piccola parte defluiscono verso gli impluvio o collettori principali. Negli interventi in progetto, quindi, si dovranno prevedere adeguate ed efficienti opere per garantire l'allontanamento delle acque superficiali dall'area d'interesse.

La circolazione idrica sotterranea all'interno di questi depositi continentali viene determinata dalla presenza di una permeabilità primaria delle litofacies a grana grossolana laddove la filtrazione verticale viene limitata inferiormente da livelli limo-argillosi impermeabili.

Dal reperimento di alcuni dati dall'Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984) a cura dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, riguardanti l'escavazione di alcuni pozzi ubicati nell'area oggetto di studio, la falda locale è stata intercettata ad una profondità variabile di circa -3-5 m dal piano campagna. Si tratta di una falda in pressione, con livello piezometrico variabile.

In superficie invece è presente una falda idrica stagionale legata alla bassissima permeabilità dei terreni superficiali che ne impediscono l'infiltrazione provocando un "ristagno idrico" fino a quasi il piano campagna;

L'area viene in esame viene definita, nelle cartografie del P.T.C.P. provinciale con zona ad elevata vulnerabilità degli acquiferi.

2.5 - Geologia Ambientale e Tutela Paesaggistica

Il sito in esame non ricade in un area d'interesse geologico.

2.6 - Dati sull'Alluvionamento dell'Area

Il sito in esame ricade in una fascia idraulica a rischio di esondabilità con tempi di ritorno $TR=500$ anni come riportato nelle cartografie tematiche PAI esistenti redatte dell'Autorità di Bacino del Tevere (Mappe di Pericolosità e Rischio Idraulico - Tav. PB10 e Tav. 11). Tale vincolo non risulta ostativo nei confronti delle opere di previsione ma implica la presa d'atto del potenziale

rischio nel Piano di Protezione Civile comunali il quale potrà prevedere le prescrizioni locali finalizzate alla sicurezza idraulica ed alla salvaguardia della pubblica e privata incolumità.

2.7 - Gestione delle Terre e rocce da Scavo

Per quanto riguarda, esclusivamente, i movimenti terra e la procedura per il riutilizzo in sito, o in altro cantiere autorizzato, delle terre e rocce da scavo tutti gli interventi di costruzione dovranno prevedere la caratterizzazione ambientale delle terreni di scavo in modo da soddisfare i requisiti di cui all'articolo 185, comma 1, lettera c), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e successive modifiche. La non contaminazione delle terre da scavo dovrà essere verificata ai sensi dell'allegato 4 del D.P.R. 120/2017 che riporta le linee guida per l'accertamento delle qualità ambientali.

Tutti i materiali provenienti da eventuali demolizioni, invece, dovranno essere trattati come rifiuti e smaltiti secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

3. MODELLAZIONE GEOLOGICA e GEOTECNICA

3.1 - Piano delle Indagini/sintesi delle analisi condotte

Al fine di caratterizzare, dal punto di vista geolitologico i terreni del sottosuolo dell'area esaminata sono state reperite alcune indagini geognostiche effettuate in precedenza dal Dott. Geol. Silvia Rossi e dal Dott. Geol. Simone Sforza nonché indagini presenti sul data-base della Regione Umbria.

E' stato pertanto possibile reperire i dati relativi a n. 9 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 10-15 m, due sondaggi a distruzione di nucleo per la realizzazione di pozzi, diverse prove penetrometriche dinamiche e statiche. Sono stati inoltre reperiti dati riguardanti delle indagini geofisiche eseguite nell'area di studio in occasione della realizzazione di alcuni fabbricati industriali presenti.

Ad integrazione delle indagini geofisiche reperite è stata condotta, inoltre, dallo scrivente una campagna indagine geofisica caratterizzata da alcune prove HVSR (metodo Nakamura) per le misure dei microtremori e la determinazione dei contrasti di impedenza sismica degli strati profondi.

3.2 - Considerazioni sul Modello geologico di Sintesi

Dai dati in possesso dello scrivente è stato possibile osservare che il terreno è costituito, come precedentemente citato, da depositi fluvio-lacustri caratterizzati essenzialmente da:

- sedimenti fluvio lacustri villafranchiani caratterizzati prevalentemente da limi argillosi e limi sabbiosi con, a luoghi, alternanze di lenti di ghiaie e sabbie di spessori variabile.

Le indagini geognostiche pregresse reperite infatti hanno permesso di ricostruire, a partire dal piano campagna, la seguente stratigrafia:

Strato n°1	0,0 m	0,7-1,1 m	Terreno di riporto antropico o vegetale;
Strato n° 2	0,7-1,1 m	5,0-6,5 m	Terreno limoso argilloso debolmente sabbioso di colore giallo-beige;
Strato n° 3	5,0-6,5 m	9,0-10 m	Terreno argilloso limoso di colore grigio-azzurro con a luoghi livelletti sabbiosi;
Strato n° 4	9,0-10 m	10-12 m	Terreno argilloso limoso di colore grigio-azzurro con a luoghi livelli sabbiosi-ghiaiosi di spessore metrico in falda.

Su gran parte delle indagini effettuate nell'area è stata intercettata la presenza di acqua a partire dalla profondità di -3,0-5,0 m dal piano campagna. Sovente è stata rilevata anche una soggiacenza di una falda superficiale a -1,0-1,5 m a carattere stagionale o soltanto un aumento dell'umidità a partire da una profondità di -1,60 – 2,30 m dall'attuale p.c..

3.3 - Considerazioni sul Modello Geotecnico di Sintesi

Per una generale valutazione delle caratteristiche di resistenza del terreno si è ritenuto lecito utilizzare parametri geotecnici ottenuti dalle indagini geognostiche e dalle prove di laboratorio geotecnico reperite.

Escludendo quindi lo strato più superficiale, le proprietà fisico-meccaniche del terreno sottostante risultano caratterizzate da un grado di resistenza sensibilmente variabile sia in senso verticale (profondità) che orizzontale.

L'estrema variabilità della distribuzione spaziale dei diversi depositi sedimentari con differenti caratteristiche fisico meccaniche specialmente in ordine alla compressibilità, deve portare, in fase progettuale, ad una particolare attenzione al possibile innesco di cedimenti differenziali delle strutture fondali, dovuti alla presenza di lenti o orizzonti, di terreni argillosi ad elevata compressibilità.

Dai dati in possesso dello scrivente, provenienti dalle indagini e dalle prove pregresse, è stata eseguita una discretizzazione dei parametri per alcuni strati di terreno, i cui valori delle caratteristiche geotecniche possono essere così sintetizzati:

Limi Argillosi giallastri-beige

Peso di volume	γ	1,85 – 1,	t/mt ³
Coesione non drenata	C_u	0,3 - 0,7	Kg/cm ²
Coesione drenata	C'	0,05 - 0,3	Kg/cm ²
Angolo d'attrito interno	ϕ	25 – 26	°
Modulo edometrico	D_r	30 - 45	Kg/cm ²

Argille limose grigio-azzurre

Peso di volume	γ	1,85 – 2,0	t/mt ³
Coesione non drenata	C_u	0,3 - 1,2	Kg/cm ²
Coesione drenata	C'	0,05 - 0,4	Kg/cm ²

Angolo d'attrito interno	ϕ	20 – 25	°
Modulo edometrico	D_r	35 - 65	Kg/cm ²

Ghiaie sabbiose

Peso di volume	γ	1,85 – 2,0	t/mt ³
Coesione drenata	C'	0,0 - 0,02	Kg/cm ²
Angolo d'attrito interno	ϕ	32 – 38	°

Tutti i dati consultati dallo scrivente hanno confermato una sequenza di terreni superficiali a carattere principalmente coesivo a geometria stratificata con a luoghi livelli di materiale granulare.

4. MODELLAZIONE' SISMICA DEL SITO

La sismicità dell'area non può considerarsi trascurabile specialmente in relazione alla presenza nell'area urbana di un patrimonio storico, artistico e monumentale e di edifici particolarmente vulnerabili che possono costituire un pericolo anche in occasione di terremoti di bassa intensità.

4.1 - Sismicità storica dell'Area

Le testimonianze degli effetti dei terremoti sono particolarmente abbondanti e tali da costituire dei veri e propri cataloghi storici degli eventi che possono essere distinti a seconda dell'origine degli stessi e comunque sempre a carattere macrosismico.

Al riguardo si deve sottolineare che esistono attività sismiche di diverso tipo:

- carattere locale (intensità VI-VII grado MCS, magnitudo < 4 , profondità ipocentrali basse e $< 5\text{km}$);
- risentimenti di sismi verificatisi in aree sismogenetiche prossime all'area in esame (intensità $\leq$ V-VI grado MCS);
- risentimenti di sismi verificatisi in aree sismogenetiche relativamente vicine con risentimenti riferibili a circa intensità $>$ VII-VIII grado MCS - magnitudo > 5 .

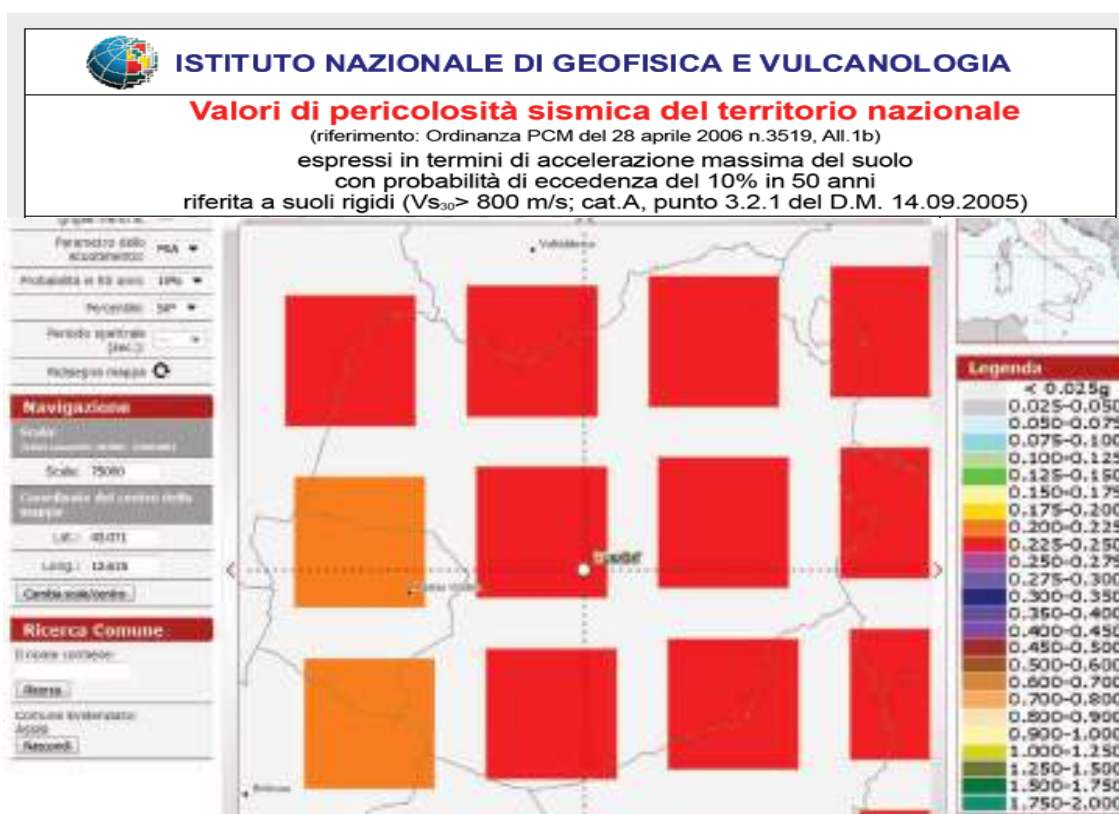
Il rischio sismico dipende sostanzialmente da tre fattori principali:

- Pericolosità sismica: cioè la propensione di un sito ad essere affetto da terremoti (vedi sopra frequenza temporale ed intensità dei sismi);
- Esposizione sismica: misura quantitativa del “valore” economico-sociale (in termini di vite umane) di una struttura;
- Vulnerabilità del patrimonio edilizio: è la propensione di una struttura a subire un certo grado di danneggiamento a causa degli effetti di un evento sismico di prefissata severità. Fattore legato essenzialmente alla vetustà dei fabbricati, alla assenza di manutenzione o alla cattiva qualità esecutiva degli immobili. Viene per cui definito Input Sismico di un sito la pericolosità

sismica e quindi il terremoto atteso sulla base del quale deve essere progettata, in base alla sua vulnerabilità, la struttura da realizzare.

Ai fini puramente normativi si deve comunque ricordare che alla luce della nuova normativa nazionale inerente la riclassificazione sismica del territorio nazionale, in base alle disposizioni dell'Ordinanza della P.C.M. n. 3274/2003 e D.G.R. n. 852/2003, il Comune di Assisi è stato classificato attualmente nella zona 2, alla quale corrisponde un valore di accelerazione orizzontale (ag) massima su suolo pari a: 0,25 e pertanto le verifiche di calcolo devono tener conto delle sollecitazioni aggiuntive tipiche delle aree con dichiarata sismicità.

4.2 - Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento



Il quadro della pericolosità sismica di base elaborato dall' INGV, assegna alla città di Norcia un valore di accelerazione massima al suolo, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni), pari a 0,225g, valore che fa ricadere tale area in zona sismica 2.

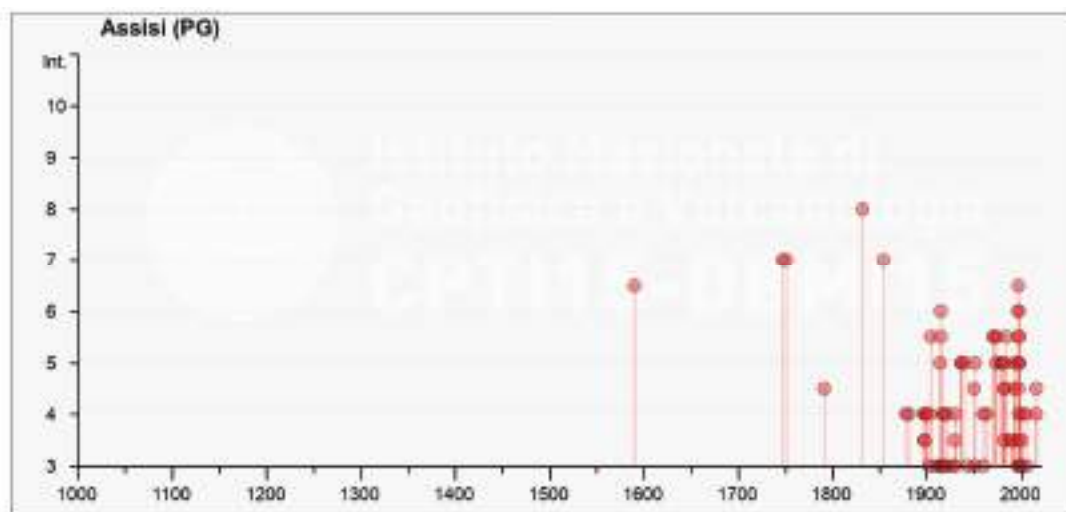
Di seguito vengono riportati i dati degli eventi che sono stati registrati nell'area di studio (fonte INGV):

Int.	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
6-7	1590 06 13 10 30	Valle Umbra	3	6-7	4,86
7	1747 04 17	Appennino umbro-marchigiano	63	9	6,05
D	1747 09 22	Appennino umbro-marchigiano	11	7-8	5,42
7	1751 07 27 01	Appennino umbro-marchigiano	66	10	6,38
NC	1781 06 03	Cagliese	157	10	6,51
F	1785 05 03 02 30	Appennino umbro-marchigiano	11	7	5,1
4-5	1791 10 11 13 05	Appennino umbro-marchigiano	54	8	5,57
8	1832 01 13 13	Valle Umbra	101	10	6,43
7	1854 02 12 05	Valle Umbra	21	8	5,57
F	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5,85
2	1874 02 24 06 52	Aquilano	26	6-7	5,12
F	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5,74
F	1876 05 22 00 30	Spoletto	14	5-6	4,57
4	1878 09 15 07 20	Valle Umbra	34	8	5,46
4	1881 03 11 22 50	Valle Umbra	15	5	4,51
F	1882 05 26 04 15	Cascia	16	5	4,45
NF	1891 07 14 05 58	Trevi	9	5	4,16
NF	1893 08 02 00 59	Valnerina	84	5-6	4,55
F	1895 05 20 15 32 57	Valle Umbra	27	5-6	4,49
4	1897 09 12 00 55	Valle Umbra	12	5	4,19
3-4	1897 12 18 07 24 20	Alta Valtiberina	132	7	5,09
4	1898 06 27 23 38	Reatino	186	8	5,5
3-4	1898 11 27 01	San Ginesio	35	5-6	4,39
4	1899 02 07 12 35 30	Appennino umbro-marchigiano	49	4	4,04
3	1902 10 23 08 51	Reatino	77	6	4,74
4	1903 11 02 21 52	Valnerina	33	6	4,81
5-6	1904 06 20 01 24	Assisi	24	5	4,1
2	1904 09 24 09 30	Valle Umbra	15	5	4,24
3	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5,36
F	1909 08 25 00 22	Crete Senesi	259	7-8	5,34
F	1910 06 29 13 52	Valnerina	58	7	4,93
NF	1910 12 22 12 34	Monti della Laga	19	5	4,3
NF	1910 12 26 16 30	Monti della Laga	50	5-6	4,56
5	1914 07 31 21 05	Gualdo Tadino	4	5	4,47
3	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5,63
5-6	1915 01 13 06 52 43	Marsica	1041	11	7,08
6	1915 03 26 23 37	Perugino	40	6	4,55
2-3	1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5,82

STUDIO GEOLOGICO – GEOTECNICO - AMBIENTALE			Dott. Geol. Giorgio Leoni		
2-3	1916 08 16 07 06 14	Riminese	257	8	5,82
3	1917 03 21 00 30	Monti Sibillini	21	5	4,44
4	1917 04 26 09 35 59	Alta Valtiberina	134	9-10	5,99
3	1917 07 19 00 55	Valle Umbra	3	4	3,7
3	1918 03 22 04 43 20	Alta Valtiberina	7	4	4,13
4	1918 04 14 01 56	Monti Martani	21	6	4,48
NF	1919 09 10 16 57	Val di Paglia	67	7-8	5,36
NF	1919 10 22 06 10	Anzio	142	6-7	5,22
2	1919 10 25 13 51	Alta Valtiberina	30	6	5,03
3	1920 09 07 05 55 40	Garfagnana	750	10	6,53
4	1921 04 05 17 40	Appennino umbro- marchigiano	10	5	4,23
2	1922 06 08 07 47	Valle del Chienti	47	6	4,73
2-3	1924 01 02 08 55 13	Senigallia	76	7-8	5,48
3	1927 08 16 00 53	Valnerina	17	6	4,57
3-4	1929 01 22 10 06 50	Marche Centrali	20	5-6	4,4
2-3	1929 07 18 21 02	Mugello	56	6-7	4,96
4	1930 04 07 17 17 18	Monti Sibillini	28	5-6	4,5
3	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5,83
F	1935 06 06 11 05	Valle Umbra	4	5	4,16
5	1936 04 05 18 10	Valle Umbra	3	5	4,16
5	1936 12 09 07 34	Caldarola	31	6-7	4,76
5	1940 07 02 01 30	Assisi	1	5	4,16
3	1943 04 19 00 12	Perugino	4	5	4,16
4-5	1950 09 05 04 08	Gran Sasso	386	8	5,69
3	1951 08 08 19 56	Gran Sasso	94	7	5,25
5	1951 09 01	Monti Sibillini	80	7	5,25
4	1960 02 06 12 00 30	Valle Umbra	11	5	4,18
3	1960 07 12 14 08	Monti Martani	35	7-8	4,93
4	1963 01 25 05 27	Monti Sibillini	30	5	4,31
NF	1965 08 04 11 49 53	Alta Valtiberina	44	5	4,48
5-6	1971 02 11 18 49 21	Valle del Chiascio	71	6	4,61
5-6	1971 02 12 04 54 56	Valle del Chiascio	47	7	4,89
F	1971 04 02 01 43 54	Valnerina	68	6	4,5
5	1973 12 30 06 30 35	Valle del Chiascio	16	7-8	5,11
5-6	1974 01 05 07 33 28	Valle del Chiascio	15	7-8	5,28
5	1979 09 19 21 35 37	Valnerina	694	8-9	5,83
5	1980 02 28 21 04 40	Valnerina	146	6	4,97
NF	1980 11 23 18 34 52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6,81
4-5	1982 10 17 04 50 11	Perugino	15	5-6	4,36
4-5	1982 10 17 04 54 33	Perugino	16	6	4,42
5	1982 10 17 06 45 36	Perugino	32	6	4,65
3-4	1982 10 18 15 29 24	Perugino	15	6-7	4,56
5-6	1984 04 29 05 02 59	Umbria settentrionale	709	7	5,62
NF	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	911	8	5,86
NF	1984 05 11 10 41 49.27	Monti della Meta	342	7	5,47
2-3	1986 10 13 05 10 00.31	Monti Sibillini	322	5-6	4,46

STUDIO GEOLOGICO – GEOTECNICO - AMBIENTALE				Dott. Geol. Giorgio Leoni		
3-4	1989 12 22 06 48 13.91	Valle Umbra	114	5	4,44	
3-4	1990 09 12 02 59 44.87	Valle Umbra	62	5-6	4,12	
4-5	1993 06 04 21 36 050.6	Valle del Topino	90	5-6	4,39	
5	1993 06 05 19 16 17.02	Valle del Topino	326	6	4,72	
4-5	1997 05 12 13 50 14.63	Monti Martani	57	6	4,72	
NF	1997 07 15 08 51 12.21	Appennino umbro- marchigiano	22	4-5	3,34	
3	1997 09 07 23 28 05.79	Appennino umbro- marchigiano	57	5-6	4,19	
NF	1997 09 09 16 54 047.5	Appennino umbro- marchigiano	39	5-6	3,78	
NF	1997 09 10 06 46 50.78	Appennino umbro- marchigiano	47	5	3,85	
5-6	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro- marchigiano	760	7-8	5,66	
6-7	1997 09 26 09 40 026.6	Appennino umbro- marchigiano	869	8-9	5,97	
6	1997 10 03 08 55 22.07	Appennino umbro- marchigiano	490		5,22	
6	1997 10 06 23 24 53.29	Appennino umbro- marchigiano	437		5,47	
5	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	786		5,62	
3	1997 10 23 08 58 43.96	Appennino umbro- marchigiano	56		3,86	
3-4	1997 11 09 19 07 33.27	Valnerina	180		4,87	
5	1998 02 07 00 59 44.54	Appennino umbro- marchigiano	62		4,41	
5	1998 03 21 16 45 09.21	Appennino umbro- marchigiano	141		5	
5-6	1998 03 26 16 26 17.03	Appennino umbro- marchigiano	409		5,26	
5	1998 04 05 15 52 21.01	Appennino umbro- marchigiano	395		4,78	
4	1998 06 01 13 57 10.41	Appennino umbro- marchigiano	23		4,02	
3	1998 06 02 23 11 23	Appennino umbro- marchigiano	83		4,25	
3	1998 08 11 05 22 59.64	Appennino umbro- marchigiano	24		3,26	
3-4	2000 06 22 12 16 35.58	Bacino di Gubbio	107	5	4,47	
4	2000 09 02 05 17 02.41	Appennino umbro- marchigiano	115	5	4,4	
3	2001 04 16 08 51 53.56	Appennino umbro- marchigiano	31	4-5	3,57	
NF	2001 11 26 00 56 55.46	Casentino	211	5-6	4,63	
4	2005 12 15 13 28 39.59	Val Nerina	350	5	4,14	
NF	2006 04 10 19 03 36.67	Maceratese	211	5	4,06	
3	2006 10 21 07 04 10.01	Anconetano	287	5	4,21	
4	2016 10 26 19 18 07.42	Valnerina	77		6,07	
4-5	2016 10 30 06 40 17.32	Valnerina	379		6,61	

F 2017 01 18 10 14 9.9 Aquilano 280 5,7



Di seguito vengono riportati i dati degli eventi sismici più forti di sempre aventi epicentro in Umbria:

La massima intensità macrosismica storicamente osservata nel sito di Santa Maria degli Angeli - **Assisi** è riconducibile al VIII grado della MCS, in occasione del terremoto avvenuto nel 01/13/1832 e nel 12 /02/1954 con area epicentrale localizzata nella Valle del Topino. Successivamente sono stati estrapolati dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI04), i terremoti con epicentro localizzato in un raggio rispettivamente di 20 Km e 200 Km di distanza dal **Comune di Assisi**. Il CPTI copre una finestra temporale tra il 212 a.c. ed il 2002 e contiene eventi con intensità epicentrale 10 maggiore di V-VI MCS (il VI grado della scala MCS rappresenta la soglia minima per cui si possono avere effetti sui manufatti). I risultati di tali ricerche mostrano che gli eventi che ricadono ad una distanza inferiore o uguale a 20 Km sono avvenuti in prossimità dell'area in esame ed hanno una magnitudo inferiore a 6. Distanze comprese tra i 20 Km ed i 50 Km sono caratterizzate da eventi localizzati nell'Appennino umbro-reatino, con magnitudo prossime o superiori a 6.

Per distanze dai 30 Km ai 100 Km si hanno eventi con origine nelle strutture

sismogenetiche dell'Appennino Umbro Marchigiano, es. terremoto di Camerino del 30/04/1279 ($M_w=6.3$); es. terremoto di Gualdo Tadino del 27/07/1751 ($M_w=6.3$). Distanze maggiori ai 100 Km sono caratteristiche di eventi localizzati nell'Appennino Abruzzese es. terremoto Aquilano del 09/09/1349 ($M_w=6.5$). Per alcuni eventi che testimoniano la storia sismica dell'area oggetto di studio vengono riportati i seguenti prospetti di riferimento: La storia degli eventi sismici che hanno interessato il territorio **Assisano** viene riportata nei cataloghi sismici di cui al precedente paragrafo. Tali eventi sono riconducibili dal punto di vista sismotettonico ad alcune caratteristiche strutturali del territorio circostante.

L'elemento di maggiore interesse è sicuramente la presenza, nell'area sismotettonicamente significativa per il sito, della parte centrale della dorsale appenninica (Appennino umbro-marchigiano, umbro-reatino e abruzzese) interessata prevalentemente da una attività tettonica di tipo distensivo. La sismicità storica e strumentale dell'Appennino umbro-marchigiano e umbro-reatino sembra fortemente controllata dalla geometria di una faglia diretta immergente ad Est, la Faglia Altotiberina (FA). La faglia ha una inclinazione media di 30° verso NE e rappresenta lo scollamento basale di faglie quaternarie sismogenetiche immergenti verso SW. La traccia di superficie della faglia Altotiberina separa un settore quasi asismico ad Ovest, a letto della FA, da un settore in distensione interessato da attività sismica ad Est, al tetto della FA. Le faglie sintetiche ed antitetiche al tetto della FA, a loro volta, consentono di suddividere il settore in distensione in una serie di blocchi strutturali. A partire da Nord, le strutture riconosciute sismotettonicamente attive (Galardini et al., 2000) che si incontrano sono le faglie denominate Alta Val Tiberina Ovest e Alta Val Tiberina Est; procedendo verso sud si incontrano le faglie di Gubbio, Gualdo Tadino, Colfiorito e Norcia.

Un quadro sintetico delle sorgenti sismogenetiche attive nell'area di interesse può essere estratto dal "*Of Individual Seismogenic Sources*" (DISS) versione 3.1.0 (DISS Working Group, 2009; Basili et al., 2008). Si può osservare come la zona di Santa Maria degli Angeli ricada nella Sorgente Sismogenetica ITCS037 caratterizzata da una $M_w=6,2$. In particolare in un raggio di 20 Km dal sito in esame si trovano altri due Sorgenti

Sismogenetiche individuali all'interno delle quali ricadono le città di Trevi e Foligno caratterizzate rispettivamente da $M_w=5,5$ e $M_w=5,8$. Di seguito è riportata una mappa dell'area di interesse con l'ubicazione delle più vicine Sorgenti Sismogenetiche Individuali e per ogni sorgente sismogenetica sono riassunti i principali parametri geometrici della faglia (lunghezza e larghezza) e la massima magnitudo momento M_w associata.

CODICE DISS	NOME	LUNGHEZZA (Km)	PROFONDITA' (Km)	M_w
ITIS062	TREVI	7	2-4,3	5,5
ITIS061	FOLIGNO	10,2	2-5	5,8
ITIS060	BASTIA	6,2	2-4	5,4
ITIS017	COLFIORITO Nord	14	3,4-8,5	6
ITIS018	COLFIORITO Sud	9	4-7,8	5,7
ITIS019	SELLANO	6	2,5-6,5	5,6
ITIS038	GUBBIO Nord	10	2,5-4,9	6
ITIS037	GUBBIO Sud	10	4-6,4	6



Parametri sismici di base

Nel territorio comunale esiste una varietà di situazioni geolitologiche, geomorfologiche, geoidrologiche e geofisiche che determina una molteplicità di situazioni da cui, in definitiva, dipenderà l'effettivo modo di presentarsi delle accelerazioni prodotte da un sisma.

L'azione sismica in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definisce a partire dalla conoscenza della "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, definita da:

- accelerazione orizzontale di picco attesa, a_g , in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (suolo di categoria A) con superficie topografica orizzontale;
- spettro di risposta elastico isoprobabile in accelerazione (componente orizzontale) in condizioni di campo libero su sito rigido (suolo A) con superficie topografica orizzontale.

L'azione sismica è riferita ad un periodo di riferimento (VR) dell'opera e allo stato limite (SL) da verificare, cui è associato un periodo di ritorno TR.

VR definisce il periodo di osservazione durante il quale viene definito un terremoto di intensità prefissata in base a TR e a cui è associata una probabilità di eccedenza, durante tale periodo, dell'azione da considerare.

$$VR = V_n \times C_u$$

dove:

V_n = vita nominale

C_u = coefficiente d'uso, definito in base alla classe d'uso*

In Italia la "pericolosità sismica di base" è stata definita su tutto il territorio nazionale dall'INGV attraverso un reticolo di riferimento con maglia avente passo < 10 km per periodi di ritorno ricadenti in un intervallo di riferimento compreso tra 30 e 2475 anni estremi inclusi.

La pericolosità sismica di "base", sito specifico, ai sensi del § 3.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) di cui al D.M. 17.01.2018, è stata definita attraverso i seguenti parametri di scuotimento:

- accelerazione orizzontale di picco attesa a_g in condizioni di campo libero su suolo di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (suolo di categoria A);

– parametri F_0 e T_c^* dello spettro di risposta elastico in accelerazione (componente orizzontale) su suolo rigido (categoria A) e superficie topografica orizzontale.

I parametri a_g , F_0 e T_c^* sono definiti (NTC) in termini probabilistici con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza (PVR) nella vita di riferimento (VR) del manufatto su tutto il territorio nazionale attraverso lo stesso reticolo di riferimento dello studio INGV (passo $0,05^\circ$).

Per quanto riguarda l'area in esame sono stati ottenuti i seguenti valori:



Stati limite



Classe Edificio

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



Vita Normale

50



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F ₀	T ₀ [*] [s]
Operatività (SLO)	30	0.070	2.420	0.270
Danno (SLD)	50	0.091	2.354	0.277
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.221	2.407	0.309
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.282	2.429	0.318
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici



Tipo

Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m)

1

u_d (m)

0.1



Cal. Sottosuolo

C



Cal. Topografica

T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1.50	1.50	1.38	1.29
CC Coeff. funz. categoria	1.62	1.60	1.55	1.53
ST Amplificazione topografica	1.00	1.00	1.00	1.00

☐ Azione massima attesa al sito [m/s²]

0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
I _{th}	0.021	0.027	0.095	0.102
I _v	0.010	0.014	0.043	0.051
A _{max} [m/s ²]	1.023	1.337	2.095	3.567
Beta	0.200	0.200	0.280	0.280

4.3 - Determinazione e definizione dell'azione sismica

Per la definizione della pericolosità sismica del sito sono state reperite diverse indagini geofisiche, eseguite nell'area dal Dott. Geol. Silvia Rossi e dal Dott. Geol. Sforza Simone, nonché riportate sul Data-Base della Regione dell'Umbria che hanno permesso la ricostruzione del profilo verticale delle onde P e S ed alla determinazione del parametro di progetto V_{seq} .

Sono state inoltre eseguite dallo scrivente, ad integrazione delle prove reperite, alcune prove geofisiche di tipo HVSR

INDAGINI GEOFISICHE MASW ED ELABORAZIONE DATI

L'indagine MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) è una tecnica investigativa che consente una ricostruzione della distribuzione della velocità delle onde S nel sottosuolo, permettendo di ricavare il parametro V_{seq} necessario per la classificazione dei suoli in base alle NTC 2018 che stabiliscono le norme tecniche in materia di progettazione antisismica. Il profilo sismostratigrafico con il metodo MASW viene ricavato tramite l'inversione delle curve di dispersione delle onde di superficie Rayleigh, che costituiscono un particolare tipo di onde di superficie che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo e sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione P e onde di taglio verticali Sv.

L'elaborazione dei dati reperiti ha permesso quindi di ricostruire un modello sismostratigrafico del terreno che mostra la presenza di orizzonti a diverse velocità:

Profilo Masw_01				
STRATO	SPESSORE medio	Velocità VS media	Profondità bed-rock sismico H	V_{Seq} Cat. NTC 2018
1	9.0 m	180 m/s	H=	V_{Seq} = 200 Cat. C
2	6 m	200 m/s		

3	11 m	330 m/s		
4	4.0 m	400 m/s		

Profilo Masw_02				
STRATO	SPESSORE medio	Velocità VS media	Profondità bed-rock sismico H	VSeq Cat. NTC 2018
1	11 m	290 m/s	H=	VSeq= 350 Cat. C
2	3 m	310 m/s		
3	2 m	360 m/s		
4	4.0 m	410 m/s		
5	10	440 m/s		

Profilo Masw_03				
STRATO	SPESSORE medio	Velocità VS media	Profondità bed-rock sismico H	VSeq Cat. NTC 2018
1	2.39 m	176 m/s	H=	VSeq= 241 Cat. C
2	10 m	183 m/s		
3	1 m	327 m/s		
4	10 m	323 m/s		
5	7.8	298 m/s		

Profilo Masw_04				
STRATO	SPESSORE medio	Velocità VS media	Profondità bed-rock sismico H	VSeq Cat. NTC 2018
1	0.82 m	132 m/s	H=	VSeq= 191 Cat. C
2	2.42 m	225 m/s		
3	1.8 m	82 m/s		
4	1.7 m	236 m/s		
5	3.61	142 m/s		
6	9.67	151 m/s		
7	9.98	367 m/s		

Gli elaborati grafici completi vengono riportati nella documentazione ALLEGATI.

INDAGINE SISMICA DI TIPO HVSR

Per le misure è stata impiegata una terna di sensori velocimetrici ad alta sensibilità della SARA Electronics Intruments S.r.l., con frequenza naturale pari a 4,5 Hz, contenuti in scatola di alluminio livellabile. I sensori utilizzano elementi di alta stabilità, con tecnica di assemblaggio che garantisce una ortogonalità assoluta degli elementi e un livellamento perfetto, essenziale specialmente per i sensori da 4,5Hz.

Il rumore sismico ambientale viene prodotto da cause naturali come onde oceaniche, perturbazioni atmosferiche, venti, o da vibrazioni di origine antropica che possono essere rappresentate principalmente da traffico veicolare o da attività industriale. I microtremori che sono prodotti da fenomeni naturali a grande distanza, sono in genere caratterizzati da

frequenze molto basse (<0.5 Hz) e stabili che si compongono principalmente in onde superficiali.

La natura essenzialmente stocastica dei microtremori, permette d'altra parte di assumere che essi siano generati da una distribuzione di sorgenti casuali e non coordinate tra loro, consentendo quindi di ipotizzarne la dipendenza prevalentemente dalla struttura del sottosuolo.

(D. Albarello – “Metodi sismici per la determinazione del profilo di velocità delle Onde S” in “La risposta sismica locale per la progettazione strutturale” - A cura di Roberto W. Romeo – CISM 2007)

La metodologia HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), detta anche Metodo di Nakamura si basa sulla misura dei rapporti fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali e verticale dei microtremori ambientali e sull'individuazione di massimi in frequenza della funzione H/V così ottenuta.

Il principio teorico alla base del metodo prevede che il rapporto H/V consente di eliminare il contributo della sorgente locale, che dovrebbe essere confrontabile nelle sue componenti orizzontali e verticale.

L'ampiezza dei massimi della funzione H/V è proporzionale, anche se non linearmente, all'entità del contrasto di impedenza sismica tra lo strato di base, ad elevata velocità sismica (generalmente con $V_s > 800$ m/s) e la sovrastante copertura a velocità sismica più bassa.

L'esistenza di tale contrasto infatti può generare l'instaurarsi di frequenze proprie negli strati geologici sedimentari, che giocano un ruolo assai importante negli studi di microzonazione sismica, in particolar modo per i problemi di interazione terreno/struttura.

La tecnica si basa su misure del rumore sismico, eseguite in superficie, in un intervallo di tempo opportunamente lungo (dell'ordine di circa 20 minuti), in modo da registrare le proprietà medie di un campo di onde sismiche generato da una molteplicità di sorgenti differenti, sia naturali che superficiali, distribuite casualmente attorno ad un punto di misura. In tal modo il campo d'onda generato, generalmente composto dalla combinazione delle diverse tipologie di onde sismiche di volume, P ed S, e di superficie, Rayleigh e Love, tende ad avere un andamento che non dipende dalle singole sorgenti ma dalle caratteristiche fisiche del mezzo attraversato.

L'esistenza di un forte contrasto di impedenza sismica tra due mezzi fa sì che il rapporto tra le componenti spettrali delle onde orizzontali e di quelle verticali, delle onde di volume e di quelle superficiali, abbia dei massimi in funzione delle frequenze di risonanza delle onde S, dato che le componenti verticali tendono ad annullarsi.

Al contrario, in assenza di contrasti di impedenza sismica alla base della copertura sedimentaria, la curva H/V non presenta dei massimi evidenti. Se il rapporto spettrale presenta invece dei massimi, si può dimostrare teoricamente che, in caso di basamento sismico orizzontale, la frequenza di risonanza individuata è pari al rapporto tra la media delle Vs nella copertura e il quadruplo dello spessore della stessa.

Il segnale registrato nelle tre componenti viene processato dividendolo in finestre temporali di uguale grandezza. Su tali finestre temporali vengono calcolati gli spettri di risposta e successivamente la componente H viene ricavata dalla media tra le due componenti NS ed EW.

Vengono ricavati i rapporti spettrali H/V per ciascuna finestra ed infine, dopo un confronto tra le varie finestre per verificare la continuità nel tempo del rapporto spettrale tra le componenti orizzontali e la verticale, si ottiene per media la curva H/V del sito. Attraverso un confronto tra i singoli spettri di risposta, sia tra quelli delle componenti orizzontali che tra questi e quello della componente verticale, e attraverso il confronto tra il rapporto spettrale H/V e quello della componente verticale, vengono escluse quelle frequenze dipendenti da cause non correlabili alle caratteristiche fisiche del mezzo, come ad esempio quelle provenienti da cause artificiali attive, vicine e monodirezionali o passive (trasmissione dinamica delle frequenze modali di un edificio), oppure quelle causate da rumore elettromagnetico.

Per verificare l'attendibilità delle frequenze rilevate viene infine ricavata la funzione di coerenza della cross-correlazione tra i segnali provenienti dalle due componenti orizzontali. L'elaborazione, eseguita con il Software Geopsy, e l'interpretazione dei dati avviene secondo quanto previsto dal protocollo del progetto SESAME (SESAME European project, 2005), secondo il quale si ricavano i valori del rapporto H/V in funzione della frequenza, la stazionarietà

del segnale, cioè la valutazione della stabilità nel tempo della curva H/V, e la sua variazione in funzione della frequenza e della direzione di provenienza. Le frequenze di interesse ingegneristico sono ampiamente contenute nell'intervallo 0.5÷20 Hz.

Risultati delle misure di HVSr

HVSr – Zona industriale di Santa Maria degli Angeli - Assisi (PG)	FREQUENZA (f_0)	Peak Amplitude
HVSr – ST1	1.70825 Hz	2.02918
HVSr – ST2	2.0433 Hz	2.42702
HVSr – ST3	1.25713 Hz	3.15668
HVSr – ST4	1.05150 Hz	3.73979

Gli elaborati grafici sono riportati nella documentazione ALLEGATI.

4.4 - Determinazione e definizione dell'azione sismica

Dai dati sopra esposti si può quindi constatare un graduale aumento di velocità delle onde S con la profondità. Le velocità ricavate possono essere ricondotte per i primi livelli a materiali da poco a moderatamente consistenti di natura prevalentemente coesiva mentre gli altri layer ad un materiale mediamente consistente di natura coesiva o granulare con medio-alto grado di addensamento. Ulteriori dettagli dei dati acquisiti sono esposti negli elaborati grafici degli allegati.

Utilizzando i dati ricavati dalle indagini geofisiche reperite o eseguite e considerando in via cautelativa il piano di posa delle fondazioni coincidente con il p.c. sono stati determinati i seguenti range di valori di velocità di propagazione delle onde di taglio:

$$V_{s \text{ eq}} = 191 - 350 \text{ m/sec}$$

Secondo quanto precedentemente riportato e secondo quanto espresso dalle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018) il sito in esame può essere classificato, rispettivamente, come sottosuolo di Categoria C:

- SUOLO C: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.;

4.5 - Determinazione della Categoria Topografica

Il sito in esame inoltre è ubicato in corrispondenza di una superficie con inclinazione media minore a 15° e pertanto, in base a quanto previsto dal D.M. del 17 gennaio 2018, l'area può essere classificata nella seguente categoria topografica:

Categoria Topografica "T1"

4.6 - Stabilità nei confronti della liquefazione

Come precedentemente riportato avendo dalle indagini reperite individuato il livello della falda superficiale quasi sempre ad una profondità minore di -15 m dal piano campagna tale verifica alla liquefazione.

Tutte le verifiche di suscettibilità alla liquefazione presenti negli elaborati utilizzati per la realizzazione degli attuali fabbricati esistenti, consultati dallo scrivente, hanno evidenziato i terreni presenti nell'area oggetto di studio come depositi non liquefacibili. A tale conclusione si è arrivati anche nello studio di Microzonazione Sismica di Livello 2 eseguito dal Dott. Geol. Roberto Dionigi sulle aree contigue a quella in esame (Comune di Bastia Umbra) e già avallato dal Servizio Geologico della Regione Umbria.

Tale ipotesi comunque dovrà trovare conferma caso per caso e dopo aver eseguito indagini geognostiche specifiche e puntuali, in fase di realizzazione di eventuali nuovi edifici, così come previsto dalle normative vigenti (NTC 2018).

Per le valutazioni della suscettibilità alla liquefazione sono indispensabili dati su:

- scuotimento in superficie (in genere, in termini di accelerazione massima del suolo, PGA);
- magnitudo degli eventi attesi;
- litostratigrafia;- granulometria;- profondità della falda;- resistenza dei terreni sotto carico ciclico.

I metodi di indagine raccomandati sono i seguenti:

Dati di base	Metodi di indagine raccomandati
Scuotimento in superficie	Analisi di pericolosità di base e locale e/o dati strumentali
Magnitudo	Catalogo dei terremoti
Litostratigrafia	Sondaggi
Caratterizzazione granulometria e geotecnica	Prove standard di laboratorio, correlazioni con in situ (SPT e CPT), prove triassiali cicliche, prove di taglio semplice ciclico.
Idrogeologia	Indagini piezometriche
Resistenza dei terreni rispetto alla liquefazione	Prove standard di laboratorio, correlazioni con prove in situ (SPT e CPT), prove triassiali cicliche, prove di taglio semplice ciclico.

5. STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1 e 2

Tra i contenuti minimi della variante allo strumento attuativo viene previsto, negli elementi di analisi, la valutazione dell'**Integrità dei suoli rischi e Pericolosità**. In particolare per gli aspetti geologici e sismici in Umbria vigono le seguenti normative:

- D.G.R. n. 377 dell' 8/3/2010 "Criteri per l'esecuzione degli studi di microzonazione sismica";
- D.G.R. n 2739/82 "Criteri relativi al tipo, ampiezza di studi ed indagini di carattere geologico-geotecnico da effettuare sia per la formazione degli strumenti urbanistici generali che per quelli attuativi."

Le specifiche tecniche e gli standard di riferimento con cui è stato condotto lo studio di MS, sono gli Indirizzi e Criteri generali per la Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS08) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle regioni e delle Province autonome;

Lo studio di MS di Livello 1 rappresenta un grado propedeutico ai successivi studi di Microzonazione Sismica (livello 2 e 3) ed è stato sviluppato con la raccolta organica e ragionata dei dati di natura geologica, geofisica e geotecnica preesistenti e acquisiti al fine di rappresentare l'area in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico.

Nello specifico per lo studio di Microzonazione Sismica L1, dell'area in esame, è stato acquisito quanto pubblicato dalla Regione Umbria per l'abitato di Santa Maria degli Angeli.

Tale studio ha permesso di suddividere l'area oggetto di studio in 2 zone di interesse come:

- **Zona stabile suscettibile di amplificazione sismica locale** - Zona 6 - Aree di fondovalle con depositi alluvionali - fluvio-palustri: caratterizzata da argille e limi con intercalazioni di sabbie e ghiaie con falda superficiale aventi uno spessore di oltre i 100m;
- **Zone suscettibili di instabilità** - Zona 4 - Aree con terreni di fondazione particolarmente scadenti con depositi alluvionali - fluvio-palustri:

caratterizzata da argille limose e limi sabbiosi con falda superficiale aventi uno spessore di oltre i 100m.

Entrambi le zone sono aree in cui il moto sismico può essere modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio.

5.1 – Considerazioni geologico-tecniche

Nello studio di microzonazione sismica sono state acquisite da precedenti studi e cartografie redatte dalla Regione Umbria informazioni riguardanti i litotipi affioranti, distinti in primis tra terreni di copertura e substrato geologico (nel caso del presente lavoro, substrato considerato rigido e non rigido).

Sono state inoltre analizzate le forme di superficie ritenute significative quali conoidi, orli di scarpate morfologiche con altezza compresa tra 5 e 10 metri e creste, oltre ad elementi tettonico-strutturali quali faglie dirette non attive.

Sono stati altresì acquisiti i seguenti elementi geologici ed idrogeologici:

- ubicazione di sondaggi che hanno raggiunto il substrato (con indicazione della profondità ove il substrato è stato rinvenuto);
- ubicazione di sondaggi che non hanno raggiunto il substrato (con indicazione della massima profondità raggiunta dalla perforazione);
- misure della profondità della falda con relativa indicazione della profondità della superficie libera a partire dal piano campagna. Tale misure hanno permesso di individuare la falda superficiale della zona ad una profondità minima di – 3 - 5 m dal piano campagna e una fascia di soggiacenza, a carattere stagionale, con il livello dell'acqua individuato a - 1,0 m di profondità dal piano campagna.

5.2 – Considerazioni sulla Carta delle Microzone Omogenee

Nella Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) **redatta dalla Regione Umbria** area oggetto di studio è stata rappresentata sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e in relazione

all'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati ottenuti dalle indagini geognostiche e geofisiche eseguite in sito e da quelle pregresse.

Di particolare importanza a questo scopo è risultata la ricostruzione del modello geologico-litologico dell'area, l'individuazione dei litotipi costituenti il substrato rigido (ovvero la mancanza dei materiali caratterizzati da valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio S significativamente maggiori di quelli relativi alle coperture localmente presenti) e la stima di massima del contrasto di impedenza sismica atteso.

Dalla carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica sono state individuate pertanto:

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE SISMICHE LOCALI
--

- **Zona 8:** è caratterizzata da un terreno di riporto/vegetale avente uno spessore variabile tra 0,6 – 0,9 m e da depositi alluvionali, fluvio-palustri costituiti da argille e limi con intercalazioni di sabbie e ghiaie non in rapporto con la morfologia attuale, numerati progressivamente (bn1.....bnn) dal più recente al più antico, poggianti su di un strato calcareo, calcare-marnoso Miocenico profondo (>100 m); tale situazione litostratigrafica si ritiene che possa generare modesti contrasti di impedenza sismica.

- **Zona 4:** è caratterizzata da un terreno di riporto/vegetale avente uno spessore variabile tra 0,8 – 1,0 m e da depositi alluvionali, fluvio-palustri costituiti da argille limose e limi sabbiosi, non in rapporto con la morfologia e la dinamica attuali, poggianti su di un strato calcareo, calcare-marnoso Miocenico profondo (>100 m); tale situazione litostratigrafica si ritiene che possa generare modesti contrasti di impedenza sismica ma potrebbe essere suscettibile di instabilità per la presenza di terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale).

5.3 – Considerazioni Studio di Microzonazione Sismica di Livello 2

Le specifiche tecniche e gli standard di riferimento con cui è stato condotto lo studio di MS di livello 2 sono quelle riportate dagli Indirizzi e Criteri generali per la Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle regioni e delle Province autonome;

Nello studio effettuato per la microzonazione sismica L2 sono stati acquisiti dati dalle indagini eseguite in sito riguardanti i litotipi affioranti. Sono state inoltre analizzate le forme di superficie ritenute significative quali conoidi, orli di scarpate morfologiche oltre ad elementi tettonico-strutturali significativi. E' stata altresì analizzata la profondità della falda con relativa stima della superficie libera a partire dal piano campagna..

Le indagini geognostiche reperite e le indagini geofisiche reperite ed eseguite hanno permesso l'analisi della dispersione delle onde da misure di sismica attiva (e.g. Park et al., 1999) utili a definire i profili verticali della velocità di propagazione delle onde di taglio VS. Di seguito vengono riassunti i valori delle Vseq ottenuti e la rispettiva categoria sismica prevista dalle NTC 2018:

Variante Piano di Attuativo Santa Maria degli Angeli Profili Masw	V _{Seq} (m/s)	Categoria di Sottosuolo
Profilo 1	200	C
Profilo 2	280	C
Profilo 3	241	C
Profilo 4	191	C

Vengono, inoltre, riportati per ogni stazioni di misura HVSr del rumore sismico ambientale i valori delle frequenze caratteristiche determinati:

HVSr – Zona industriale di Santa Maria degli Angeli - Assisi (PG)	FREQUENZA (f_0)	Peak Amplitude
HVSr – ST1	1.70825 Hz	2.02918
HVSr – ST2	2.0433 Hz	2.42702
HVSr – ST3	1.25713 Hz	3.15668
HVSr – ST4	1.05150 Hz	3.73979

5.4 – Considerazioni Carta di Microzonazione Sismica

Lo studio di Microzonazione Sismica di secondo livello dell'area di variante, relativo alla Zona industriale S.M.A. è stato redatto secondo gli Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica vigenti.

5.4.1. Valutazione dell'Instabilità di versante

In cartografia non sono state riportate frane attive e/o quiescenti. Non sono stati inoltre evidenziati, durante i sopralluoghi, fenomeni gravitativi. Ne tantomeno vengono riportati sulle varie cartografie visionate.

5.4.2. Valutazione degli effetti litologici

Per la valutazione degli effetti litologici, la normativa vigente, indica che per la microzonazione di 2° livello, si può fare ricorso a metodi semplificati che prevedono l'uso di abachi. Allo stato attuale non essendo disponibili abachi specifici per la Regione Umbria, vengono utilizzati quelli inseriti nel Volume “*Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica*” della Protezione Civile Nazionale.

Gli abachi forniscono due valori di amplificazione sismica F_a ed F_v così definiti:

- **F_a** : fattore di amplificazione a basso periodo (determinato intorno al periodo proprio per il quale si ha il massimo della risposta in accelerazione);
- **F_v** : fattore di amplificazione a periodo proprio (per il quale si ha la massima risposta in pseudovelocità).

Per la valutazione di F_a ed F_v è necessario conoscere la litologia prevalente del sottosuolo nel sito considerato, l'andamento della velocità delle onde di taglio (V_s) con la profondità e la profondità del bedrock sismico. Gli abachi sono costruiti per tre diversi profili di velocità nel sottosuolo:

Profilo 1: velocità costante (VSH) lungo tutto lo spessore del deposito

Profilo 2: velocità crescente con la profondità con il gradiente massimo

Profilo 3: profilo di velocità crescente con la profondità con gradiente intermedio tra i due precedenti.

Sulla base delle conoscenze geologiche e geofisiche dell'area è stato scelto per il sito specifico il profilo di velocità *variabile linearmente con pendenza intermedia*.

La stima dei V_s litostratigrafici è stata ottenuta tramite i valori di V_s ricavati dalle prove geofisiche di tipo MASW eseguite nell'area, e reperite, che hanno portato a definire la velocità media delle onde di tipo S dei terreni superficiali. Gli spessori delle coperture sono state, inoltre, definite tramite prove di microtremore sismico HVSR (Nakamura).

Per quanto riguarda la litologia gli abachi nazionali che prevedono tre tipologie di depositi sciolti: ghiaie, sabbie e argille è stato scelto la litologia *argille in quanto ritenuta prevalente*.

Tale scelta è stata applicata, oltre che nella classificazione litologica, anche in quella relativa alla V_s e alla profondità del substrato senza utilizzare i metodi classici di interpolazione che, a parere dello scrivente, trovano scarsa importanza nel caso specifico, vista la elevata variabilità litostratigrafica non ben rappresentata dalle classificazioni proposte.

5.4.3. Scelta ed utilizzo degli Abachi

Per il territorio considerato nel corso del presente studio è stato utilizzato il profilo con gradiente costante. Infine, gli abachi forniscono i valori di amplificazione per tre classi di ag: 0,06g, 0,18g, 0,26g. Per l'area in esame sono stati utilizzati gli abachi riferiti al valore di 0,26g.

Modello del sottosuolo: Il modello di sottosuolo si riferisce a un deposito stratificato di terreni omogenei deformabili, sovrastante un terreno più rigido avente $V_s = 800$ m/s (bedrock sismico). Nel nostro caso non presente nei primi 100-150 m di profondità. E' stato pertanto deciso di utilizzare una profondità tra - 70 e - 100 m del bedrock sismico in modo da non sottostimare troppo l'azione sismica.

Spessore del deposito: Lo spessore totale del deposito di terreni (H).

La velocità equivalente del deposito di terreni $V_s H$.

E' stato considerato come profilo di velocità quello a velocità crescente con la profondità con il gradiente intermedio.

Velocità del bedrock sismico: La velocità del bedrock sismico dovrebbe essere fissata sempre uguale a 800 m/s. Nel presente studio tale velocità è stata ipotizzata a 700 m/s in modo da considerare un bedrock sismico (*bedrock light*) più superficiale e posto all'interno dei depositi alluvionali in modo da non sottostimare l'azione sismica.

Per quanto riguarda, infatti, la porzione dell'area di Variante "Zona Industriale di Santa Maria degli Angeli" il substrato sismico rigido avente una velocità delle onde $V_s > 800 \text{ m/s}$ non è stato possibile identificarlo, data la potenza degli spessori delle coltri alluvionali di oltre 150 m, per cui si è preferito utilizzare un modello sismostratigrafico che simuli la propagazione del sisma di base non dalle torbiditi (assimilabili ad un bedrock di categoria A secondo le N.T.C. 2018), ma da un più superficiale livello posto a profondità minori dal piano campagna.

Si è quindi ipotizzata tale quota compresa tra la profondità di - 70 e 100 m da p.c. (livello interno alla coltre dei depositi alluvionali) quale livello da cui far partire l'analisi numerica per il calcolo delle possibili amplificazioni del sisma di base, corrispondente al livello del substrato sismico ($V_s = 700 \text{ ms}$) riferibile ad una categoria di sottosuolo di tipo B, in accordo con le velocità V_s delle alluvioni poste a tali profondità.

A tale ipotesi si è arrivati anche nello studio di Microzonazione Sismica di Livello 2 e 3 eseguito dal Dott. Geol. Roberto Dionigi e dallo Studio S.G.A. di Perugia sulle aree contigue a quella in esame (Comune di Bastia Umbra) e già avallati dal Servizio Geologico della Regione Umbria.

Di seguito vengono riportati gli abachi con i valori dei fattori FA e FV calcolati assumendo, in modo cautelativo e per entrambi le zone, una profondità del bedrock sismico compresa a -70 e 100 m dal piano campagna.

Zona 8:

Fattore di amplificazione		Tipo di terreno		a_g (g)		Profilo di velocità					
FA		Argilla		0.26g		Lineare pendenza intermedia					
		V_{sp} (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	2.21	1.79	1.75	1.57	1.35	1.19	1.09	1.04	1.01	1.00
	10	-	2.27	1.96	1.63	1.43	1.32	1.25	1.16	1.05	1.01
	15	-	2.35	2.14	1.88	1.66	1.47	1.33	1.22	1.10	1.03
	20	-	2.14	2.16	1.96	1.75	1.58	1.43	1.31	1.15	1.05
	25	-	1.89	2.00	1.97	1.79	1.62	1.48	1.37	1.19	1.07
	30	-	1.77	1.89	1.85	1.77	1.62	1.49	1.38	1.20	1.07
	35	-	-	1.71	1.76	1.67	1.60	1.48	1.38	1.21	1.08
	40	-	-	1.73	1.64	1.62	1.52	1.46	1.37	1.21	1.07
	50	-	-	1.70	1.65	1.51	1.42	1.36	1.31	1.18	1.06
	60	-	-	1.60	1.60	1.51	1.39	1.30	1.24	1.15	1.05
	70	-	-	1.52	1.52	1.47	1.40	1.29	1.21	1.11	1.03
	80	-	-	1.45	1.47	1.41	1.36	1.29	1.21	1.09	1.01
	90	-	-	1.38	1.43	1.37	1.33	1.27	1.21	1.08	0.99
	100	-	-	1.27	1.36	1.32	1.27	1.24	1.19	1.08	0.98
	110	-	-	1.29	1.31	1.30	1.25	1.20	1.17	1.07	0.98
120	-	-	1.21	1.27	1.26	1.24	1.18	1.13	1.06	0.97	
130	-	-	1.18	1.23	1.22	1.20	1.17	1.12	1.04	0.96	
140	-	-	1.13	1.20	1.20	1.18	1.14	1.10	1.03	0.95	
150	-	-	1.10	1.18	1.16	1.14	1.12	1.09	1.02	0.94	

Fattore di amplificazione		Tipo di terreno		a_g (g)		Profilo di velocità					
FV		Argilla		0.26g		Lineare pendenza intermedia					
		V_{sp} (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	1.12	1.05	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00
	10	-	1.32	1.13	1.06	1.04	1.03	1.02	1.02	1.01	1.00
	15	-	1.95	1.39	1.19	1.12	1.06	1.04	1.03	1.01	1.01
	20	-	2.33	1.74	1.38	1.22	1.14	1.10	1.05	1.03	1.01
	25	-	2.71	2.04	1.57	1.34	1.23	1.15	1.10	1.04	1.01
	30	-	2.79	2.32	1.80	1.50	1.32	1.22	1.14	1.08	1.02
	35	-	-	2.50	2.01	1.63	1.43	1.29	1.20	1.09	1.02
	40	-	-	2.50	2.17	1.79	1.52	1.36	1.25	1.11	1.03
	50	-	-	2.33	2.21	1.94	1.69	1.50	1.36	1.17	1.04
	60	-	-	2.29	2.06	1.95	1.76	1.57	1.42	1.21	1.08
	70	-	-	2.38	2.04	1.84	1.74	1.60	1.46	1.24	1.09
	80	-	-	2.35	2.05	1.82	1.66	1.57	1.46	1.25	1.10
	90	-	-	2.25	2.12	1.83	1.64	1.51	1.42	1.24	1.07
	100	-	-	2.16	2.07	1.86	1.65	1.50	1.40	1.24	1.07
	110	-	-	2.11	2.02	1.84	1.64	1.50	1.39	1.22	1.07
120	-	-	2.15	1.94	1.82	1.65	1.50	1.38	1.21	1.07	
130	-	-	2.15	1.91	1.79	1.64	1.50	1.38	1.19	1.06	
140	-	-	2.13	1.92	1.74	1.63	1.51	1.39	1.20	1.05	
150	-	-	2.04	1.93	1.73	1.61	1.50	1.38	1.20	1.05	

Zona 4:

Fattore di amplificazione		Tipo di terreno				a_g (g)		Profilo di velocità			
FA		Argilla				0.26g		Lineare pendenza intermedia			
		V_{sh} (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	2.21	1.79	1.75	1.57	1.35	1.19	1.09	1.04	1.01	1.00
	10	-	2.27	1.96	1.63	1.43	1.32	1.25	1.16	1.05	1.01
	15	-	2.35	2.14	1.88	1.66	1.47	1.33	1.22	1.10	1.03
	20	-	2.14	2.16	1.96	1.75	1.58	1.43	1.31	1.15	1.05
	25	-	1.89	2.00	1.97	1.79	1.62	1.48	1.37	1.19	1.07
	30	-	1.77	1.89	1.85	1.77	1.62	1.49	1.38	1.20	1.07
	35	-	-	1.71	1.76	1.67	1.60	1.48	1.38	1.21	1.08
	40	-	-	1.73	1.64	1.62	1.52	1.46	1.37	1.21	1.07
	50	-	-	1.70	1.65	1.51	1.42	1.36	1.31	1.18	1.06
	60	-	-	1.60	1.60	1.51	1.39	1.30	1.24	1.15	1.05
	70	-	-	1.52	1.52	1.47	1.40	1.29	1.21	1.11	1.03
	80	-	-	1.45	1.47	1.41	1.36	1.29	1.21	1.09	1.01
	90	-	-	1.38	1.43	1.37	1.33	1.27	1.21	1.08	0.99
	100	-	-	1.27	1.36	1.32	1.27	1.24	1.19	1.08	0.98
	110	-	-	1.29	1.31	1.30	1.25	1.20	1.17	1.07	0.98
120	-	-	1.21	1.27	1.26	1.24	1.18	1.13	1.06	0.97	
130	-	-	1.18	1.23	1.22	1.20	1.17	1.12	1.04	0.96	
140	-	-	1.13	1.20	1.20	1.18	1.14	1.10	1.03	0.95	
150	-	-	1.10	1.18	1.16	1.14	1.12	1.09	1.02	0.94	

Fattore di amplificazione		Tipo di terreno		a_g (g)		Profilo di velocità					
FV		Argilla		0.26g		Lineare pendenza intermedia					
		V_{sh} (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	1.12	1.05	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00
	10	-	1.32	1.13	1.06	1.04	1.03	1.02	1.02	1.01	1.00
	15	-	1.95	1.39	1.19	1.12	1.06	1.04	1.03	1.01	1.01
	20	-	2.33	1.74	1.38	1.22	1.14	1.10	1.05	1.03	1.01
	25	-	2.71	2.04	1.57	1.34	1.23	1.15	1.10	1.04	1.01
	30	-	2.79	2.32	1.80	1.50	1.32	1.22	1.14	1.08	1.02
	35	-	-	2.50	2.01	1.63	1.43	1.29	1.20	1.09	1.02
	40	-	-	2.50	2.17	1.79	1.52	1.36	1.25	1.11	1.03
	50	-	-	2.33	2.21	1.94	1.69	1.50	1.36	1.17	1.04
	60	-	-	2.29	2.06	1.95	1.76	1.57	1.42	1.21	1.08
	70	-	-	2.38	2.04	1.84	1.74	1.60	1.46	1.24	1.09
	80	-	-	2.35	2.05	1.82	1.66	1.57	1.46	1.25	1.10
	90	-	-	2.25	2.12	1.83	1.64	1.51	1.42	1.24	1.07
	100	-	-	2.16	2.07	1.86	1.65	1.50	1.40	1.24	1.07
	110	-	-	2.11	2.02	1.84	1.64	1.50	1.39	1.22	1.07
120	-	-	2.15	1.94	1.82	1.65	1.50	1.38	1.21	1.07	
130	-	-	2.15	1.91	1.79	1.64	1.50	1.38	1.19	1.06	
140	-	-	2.13	1.92	1.74	1.63	1.51	1.39	1.20	1.05	
150	-	-	2.04	1.93	1.73	1.61	1.50	1.38	1.20	1.05	

Nella tabella seguente sono riportati i dati che permettono di valutare i relativi Fattori di Amplificazione.

Zona 8 <i>Località</i>	<i>Profondità Substrato (m)</i>	<i>Vsh (m/s)</i>	<i>Vs Substrato Sismico (m/s)</i>	Fa	Fv
<i>Zona Industriale di Santa Maria degli Angeli - Assisi (PG)</i>	70-100	300	700/800	Medio=1,44 Classe 1.3-1.4	Medio=2,07 Classe 2.1-2.2

Zona 4 <i>Località</i>	<i>Profondità Substrato (m)</i>	<i>Vsh (m/s)</i>	<i>Vs Substrato Sismico (m/s)</i>	Fa	Fv
<i>Zona Industriale di Santa Maria degli Angeli - Assisi (PG)</i>	70-100	250	700-800	Medio=1,40 Classe 1.3-1.4	Medio=2,28 Classe 2.3-2.4

Tabella: Range dei valori dei Fattori Fa e Fv determinati.

Nella Carta della Microzonazione Sismica allegata sono riportate le delimitazioni delle Zone con i valori delle classi dei Fattori, Fa e Fv, calcolati nell'area oggetto di studio.

5.4.4. Limiti di utilizzo degli abachi per amplificazioni litostratigrafiche

Lo studio ha seguito un approccio di tipo quantitativo e ha fornito una stima della risposta sismica locale in termini di fattori di amplificazione. L'utilizzo degli abachi è stato possibile in quanto l'assetto geologico e geotecnico è assimilabile a un modello fisico monodimensionale, cioè a n strati piani, orizzontali, paralleli o sub-paralleli, continui, di estensione infinita, omogenei a comportamento viscoelastico. Ogni strato è caratterizzato dallo spessore h , dalla densità ρ , dal modulo di taglio iniziale G_0 e da curve di decadimento del rapporto di smorzamento (D). Questi strati giacciono sul basamento sismico (bedrock).

Nel studio effettuato si è potuto riscontrare principalmente:

- successioni stratigrafiche con terreni aventi incremento di rigidità con la profondità
- non sono presenti aree soggette ad instabilità di versante.

In base a quanto esposto, quindi, l'utilizzo degli abachi si può ritenere utilizzabile.

6. CONSIDERAZIONI FINALI

Lo studio effettuato ha avuto come scopo quello di conoscere la geologia e la geomorfologia dell'area sulla quale è in fase di redazione lo studio di una variante urbanistica, in conformità alla parte operativa vigente del P.R.G, dell'area "Zona industriale di Santa Maria degli Angeli". La presente relazione intende, pertanto, costituire un approfondimento tecnico per eventuali suggerimenti all'adeguamento degli strumenti di pianificazione urbanistica comunale i quali potranno definire nel dettaglio le operazioni generali e unitarie di interventi diretti conformi allo strumento urbanistico vigente.

Lo studio si è sviluppato con un attento e dettagliato rilevamento di campagna volto a definire le caratteristiche generali e particolari della zona, con l'individuazione delle caratteristiche idrogeologiche e l'eventuale presenza di falde idriche superficiali.

Da quanto emerso nei sopralluoghi, nel rilevamento di superficie e dai dati delle indagini reperite si può asserire che i dati acquisiti siano sufficienti, in questa fase, per poter responsabilmente estrapolare quanto necessario alla fase di studio della Variante Urbanistica "Zona Industriale di Santa Maria degli Angeli".

Dall'esame della cartografia geomorfologica allegata al P.A.I., redatta dall'autorità di Bacino del F. Tevere non sono stati individuati impedimenti fisici alla fattibilità alla variante in progetto, in quanto attualmente, il sito non sembra essere interessato da fenomeni franosi in evoluzione o da fenomeni erosivi particolarmente intensi.

Dal punto di vista idraulico l'area ricade in parte in una Flascia Fluviale C (Zona allagabile con un TR=500 anni). inoltre nell'ultimo aggiornamento PAI del 2018 la stessa area viene definita come soggetta ad allagabilità del reticolo minore.

Dal Punto di vista idrogeologico l'area viene definita nella cartografia del Cartografia del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) come zona con acquifero ad alta vulnerabilità e pertanto, a tal senso, si dovrà

prevedere, qualora necessario, ad un eventuale ed adeguato trattamento di chiarificazione delle acque prima di essere smaltite nel sottosuolo così come previsto nel Piano territoriale di Coordinamento Provinciale:

"Aree alluvionali indicate dalle carte GNDICI-CNR e dal PTCP come "zone caratterizzate da vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi elevata o estremamente elevata; In accordo con il DPR 236/88, con la L.R. 9/79, con l'art.8 della L.R. 52/83, con l'art. 18 della L.R. 26/89, con l'art.47 della L.R. 27/2000 e con il D.Lgs 152/99, in queste aree deve essere vietata ogni opera di escavazione, perforazione, installazione di impianti, manufatti e attrezzature per l'esercizio di qualsiasi attività che possa recare pregiudizio alle risorse acquifere nonché lo smaltimento di rifiuti solidi e liquidi, la dispersione di liquami zootecnici, l'uso di nutrienti e pesticidi ai sensi dell' art. 10 della L.R. 9/79 e ogni attività indicata all'art. 21, comma 5, del D.Lgs 152/99. Sono da proibire inoltre gli scarichi in acque superficiali o deve essere garantito che, in tutte le condizioni di portata dei corsi d'acqua, siano rispettate le condizioni di qualità indicate in Tab. A3 del DPR 515/82: qualora tali condizioni non vengano rispettate si dovranno adottare interventi di depurazione ed attenuazione degli scarichi".

Per quanto riportato dal D.M. del 17 gennaio 2018, in base ai rilievi topografici acquisiti e in base a quanto rilevato dello scrivente sui terreni presenti, il sito in esame, in via generale, potrà essere classificato come Categoria Topografica "T1" avendo riscontrato una superficie con inclinazione media minore a 15°.

Si consiglia di valutare anche gli effetti di amplificazione locale dovuti alle variazioni litostratigrafiche e sismo stratigrafiche che hanno determinato fattori di amplificazione Fa compresi tra le classi 1.3-1.4 (Fa) e 2,1-2,2 (Fv) per la Zona 8 e tra le classi 1.3-1.4 (Fa) e 2,3-2,4 (Fv) per la Zona 4. In fase esecutiva quindi si dovrà procedere a valutazioni in tal senso sulla base di indagini specifiche o studi specialistici di Risposta Sismica Locale.

Dai dati in possesso dello scrivente è stato possibile constatare una estrema variabilità delle caratteristiche fisico meccaniche dei terreni che deve portare, in fase progettuale di nuove strutture, ad una particolare attenzione per il possibile verificarsi di potenziali cedimenti differenziali dovuti alla presenza di lenti o orizzonti di terreni coesivi ad elevata compressibilità.

Infine si raccomanda di verificare attentamente il rischio di liquefazione per i depositi che potrebbero venirsi a trovare con la falda ad una profondità prossima al piano campagna.

Il presente elaborato è stato redatto tenendo in considerazione le attuali normative Nazionali e Regionali:

- D.G.R. n. 377 dell' 8/3/2010 "Criteri per l'esecuzione degli studi di microzonazione sismica";
- D.G.R. n 2739/82 "Criteri relativi al tipo, ampiezza di studi ed indagini di carattere geologico-geotecnico da effettuare sia per la formazione degli strumenti urbanistici generali che per quelli attuativi."
- D.G.R. 3086/85 "Direttive e criteri metodologici di carattere geologico-geotecnico per le indagini da eseguire a corredo dei piani urbanistici di grado subordinato".

Le ipotesi riportate nel presente elaborato per la ricostruzione stratigrafica dell'area e per la valutazione delle caratteristiche fisiche e geomeccaniche dei terreni potranno essere confermate soltanto dopo una adeguata campagna indagine geognostica e geofisica che possa permettere di ricostruire i modelli stratigrafico e geotecnico nonché sismostratigrafico in modo molto più accurato e puntuale.

Si fa presente che la relazione geologica e geotecnica sulle indagini è stata redatta ai sensi del *D.P.R. 328/01 - art. 41*, inoltre le stesse indagini e gli studi specifici a supporto della relazione geologica sono stati eseguiti secondo quanto enunciato nel D.M. 17/01/18.

I dati acquisiti, pur essendo attendibili, potrebbero avere valore locale quindi si ritiene necessaria lo studio puntuale da parte di un geologo durante la fase di progettazione relativa alla realizzazione delle opere in progetto. In questa fase potrà anche essere controllata la corrispondenza tra la caratterizzazione geotecnica dei materiali assunta in progetto e la situazione effettiva. Qualora durante l'esecuzione degli studio/lavori si venisse a conoscenza di nuovi dati non conformi a quanto esposto nella presente relazione, lo studio/progetto dovrà essere modificato in corso d'opera come previsto dall'Art. 3 del D.M. 11/03/1988.

Si tenga infine presente che la tipologia, l'ampiezza dello studio e relative considerazioni sono strettamente subordinate all'incarico ricevuto e quindi al

tipo e alle dimensioni delle opere da realizzare. Il presente elaborato tecnico pertanto non può essere generalizzato per interventi di altra natura.

Si resta a disposizione per eventuali ulteriori chiarimenti o integrazioni.

Montefalco, novembre 2021

Dott. Geol. Giorgio Leoni

TAVOLE - ALLEGATI

TAV. I

Carta Corografica I.G.M.I. dalla scala 1: 25.000;

TAV. II

Stralcio Carta Tecnica Regionale dell'area dalla scala 1: 5.000;

TAV. III

Stralcio Ortofotocarta con ubicazione dell'area dalla scala 1: 10.000;

TAV. IV

Stralcio Cartografia Geologica Regionale dalla scala 1: 10.000;

TAV. V

Stralcio Carta PAI Inventario Fenomeni Franosi dalla scala 1: 10.000.

TAV. VI a-b

Stralcio Carta PAI – Fasce fluviali dalla scala 1: 10.000

TAV. VII

Stralcio Carta idrogeologica e delle Isofreatiche dalla scala 1: 25.000

TAV. VIII

Stralcio Carta della vulnerabilità acquiferi non in scala

TAV. IX

Stralcio cartografico con ubicazioni indagini reperite/eseguite non in scala

TAV. X

Profilo stratigrafico con ubicazione indagini non in scala

TAV. XI

Stralcio Cartografia Regionale Zone Suscettibili di instabilità dalla scala 1: 10.000;

ALLEGATO A

Stralcio Ortofotocarta con ubicazione delle indagini dalla scala 1:5.000

ALLEGATO B

Carta delle frequenze dalla scala 1:5.000

ALLEGATO C

Carta delle MOPS - Microzonazione sismica L1 Regione Umbria dalla scala 1:5.000

ALLEGATO D

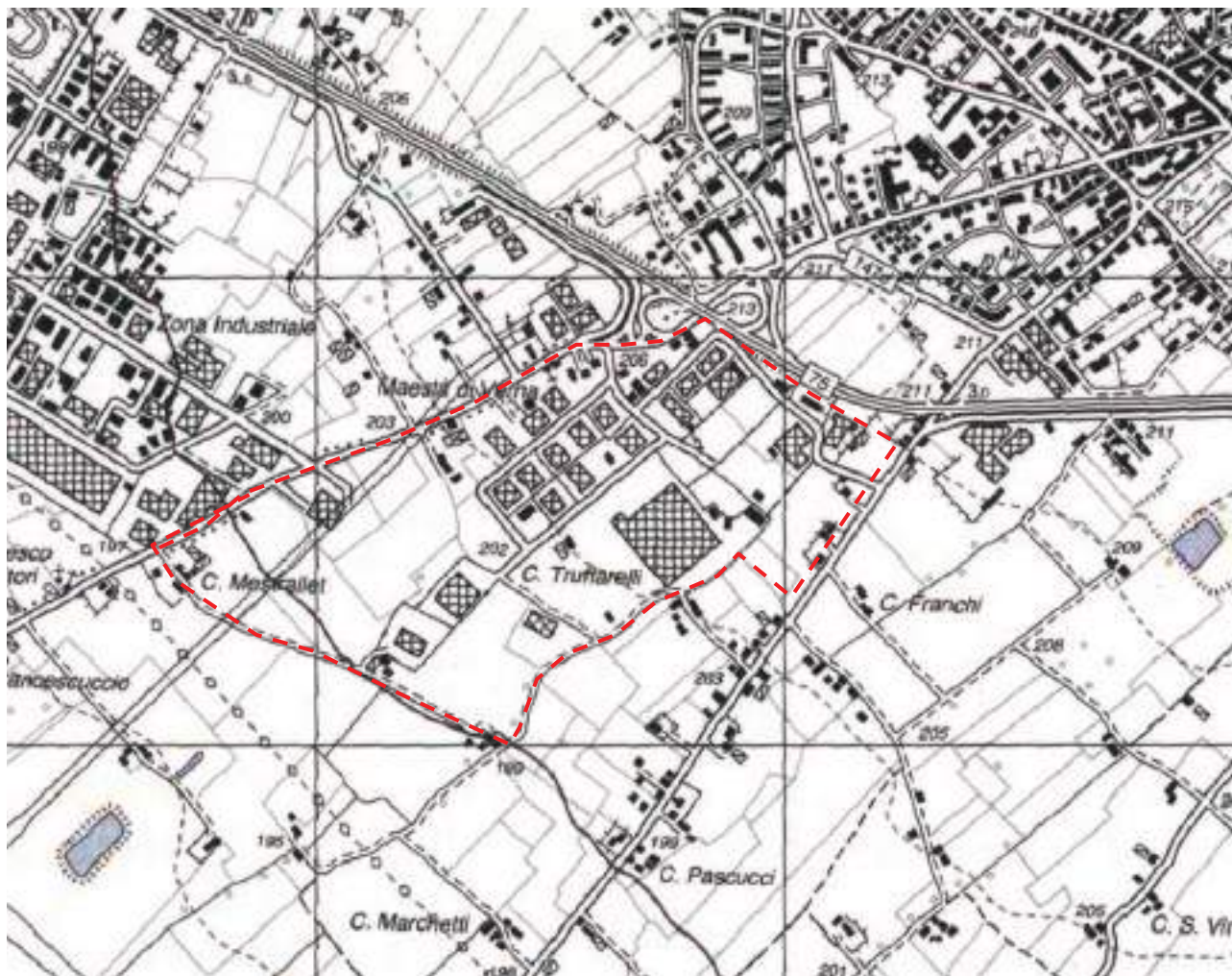
Carta delle MOPS - Microzonazione sismica L1 area di interesse dalla scala 1:5.000

ALLEGATO E

Carta dei Fattori di amplificazione - Microzonazione sismica L2 della'area oggetto di studio dalla scala 1:5.000

ALLEGATO F

Elaborazione dati geofisici indagini eseguite/reperite/

TAV. I - CARTA COROGRAFICA I.G.M.I. dalla SCALA 1 : 25.000

AREA OGGETTO DI STUDIO

TAV. III - STRALCIO ORTOFOTO CON UBICAZIONE AREA IN ESAME
dalla SCALA 1 : 10.000



AREA OGGETTO DI STUDIO

TAV. IV - STRALCIO CARTOGRAFIA GEOLOGICA REGIONALE

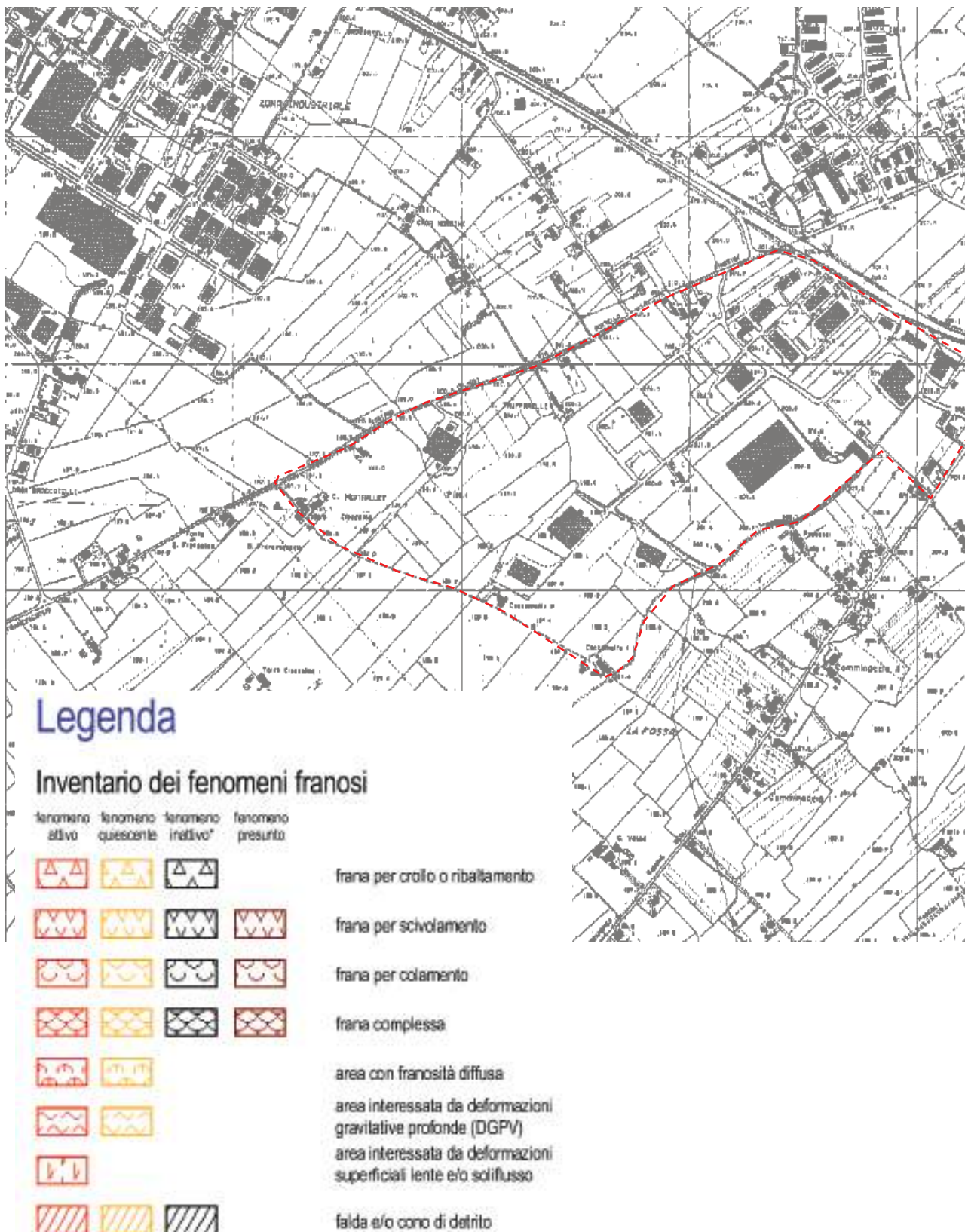
dalla SCALA 1 : 10.000



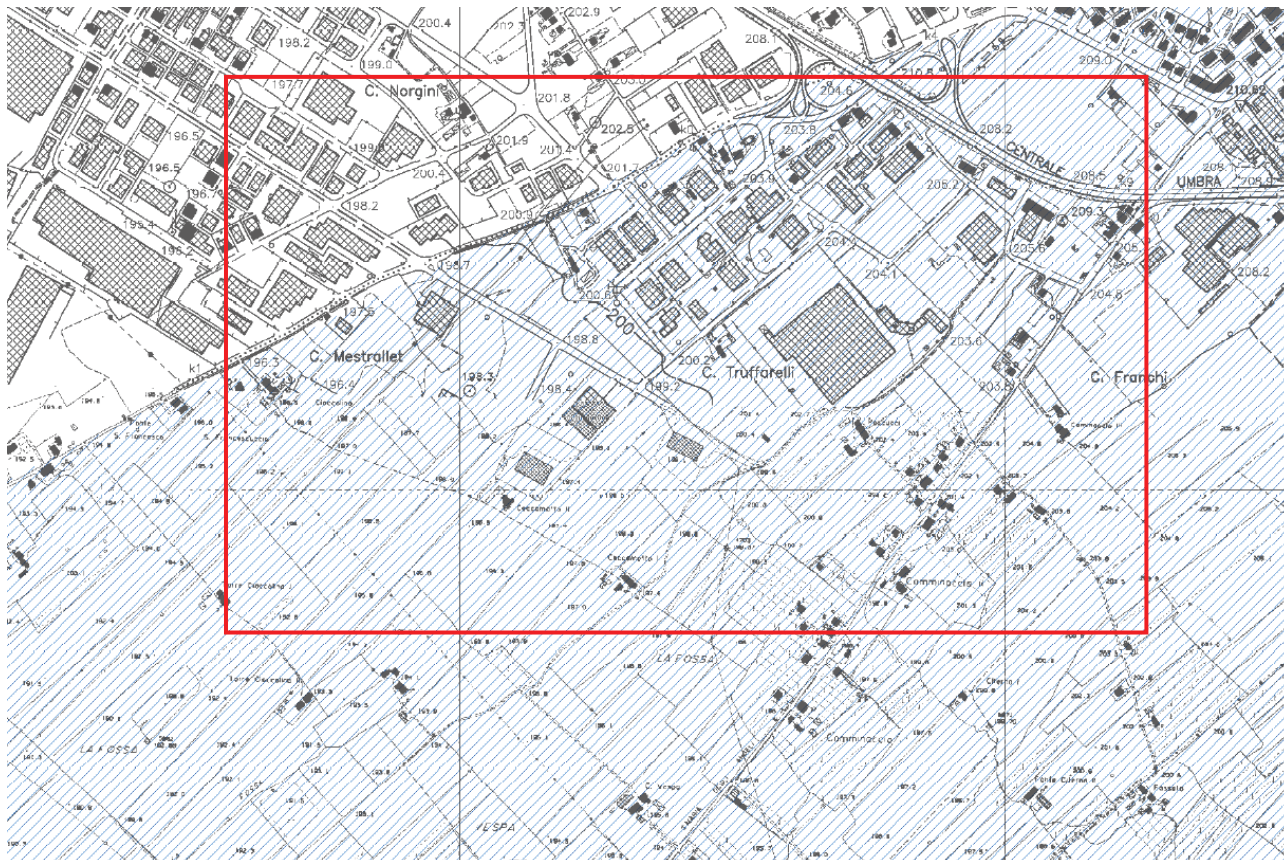
AREA OGGETTO DI STUDIO

Conoide alluvionale	
FID	2
T_GEO M	Conoide alluvionale
Eti	Con. Alluv.
CARTA	311110

TAV. V - STRALCIO CARTOGRAFIA PAI - INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI (TAV. 232) - dalla SCALA 1 : 10.000



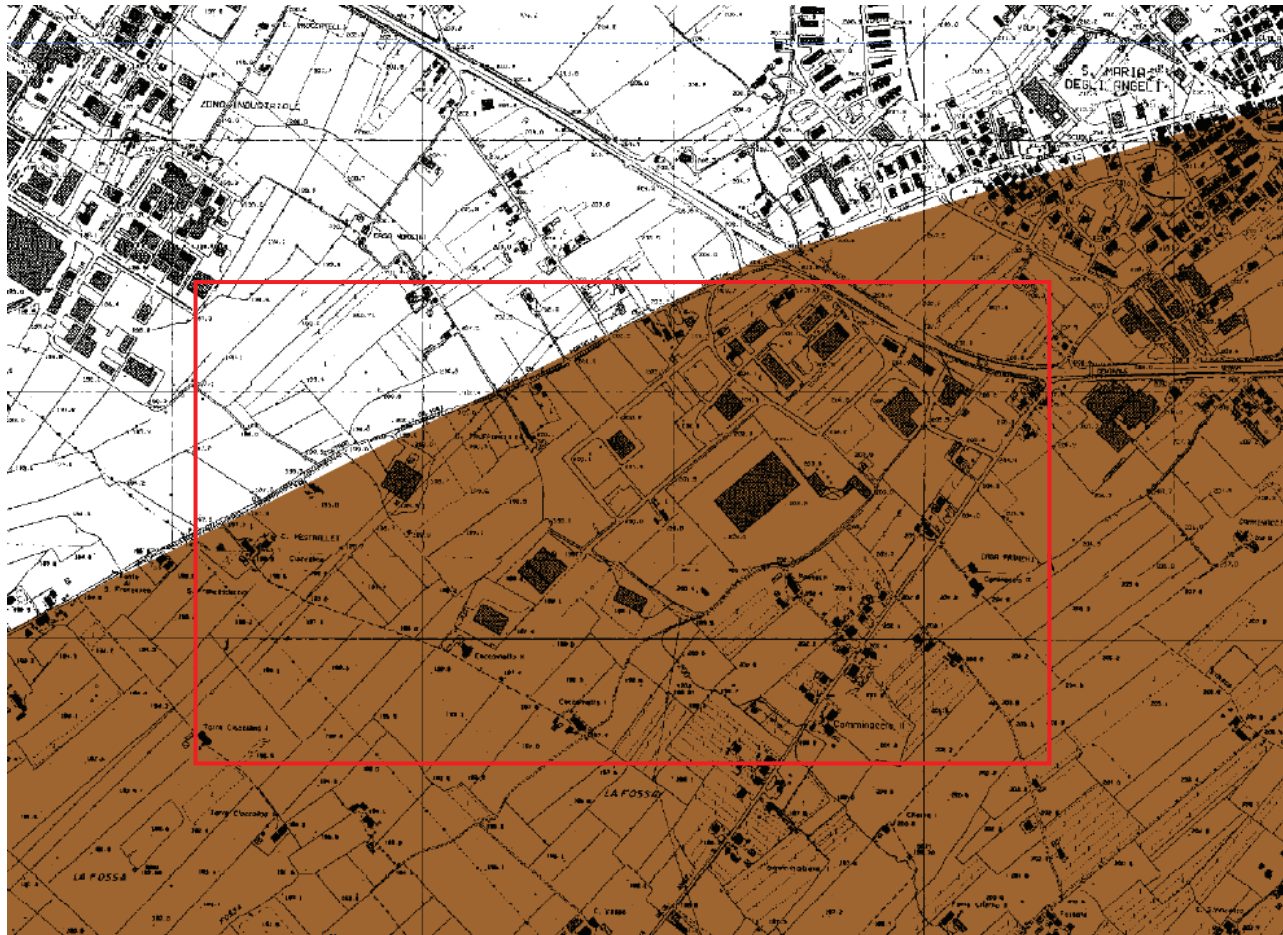
TAV. VI-a - STRALCIO CARTA PAI DELLE FASCE FLUVIALI (Tav. 11) dalla SCALA 1 : 10.000



AREA OGGETTO DI STUDIO



TAV. VI-b - STRALCIO CARTA PAI DELLE FASCE FLUVIALI (Tav. PB10) dalla SCALA 1 : 10.000



AREA OGGETTO DI STUDIO

PAI - PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO
Progetto di primo aggiornamento
luglio 2012

Fasce idrauliche sul reticolo secondario e minore

Legenda

- Fascia A
- Fascia B
- Fascia C

/// Pai (DPCM 10. XI. 2006)

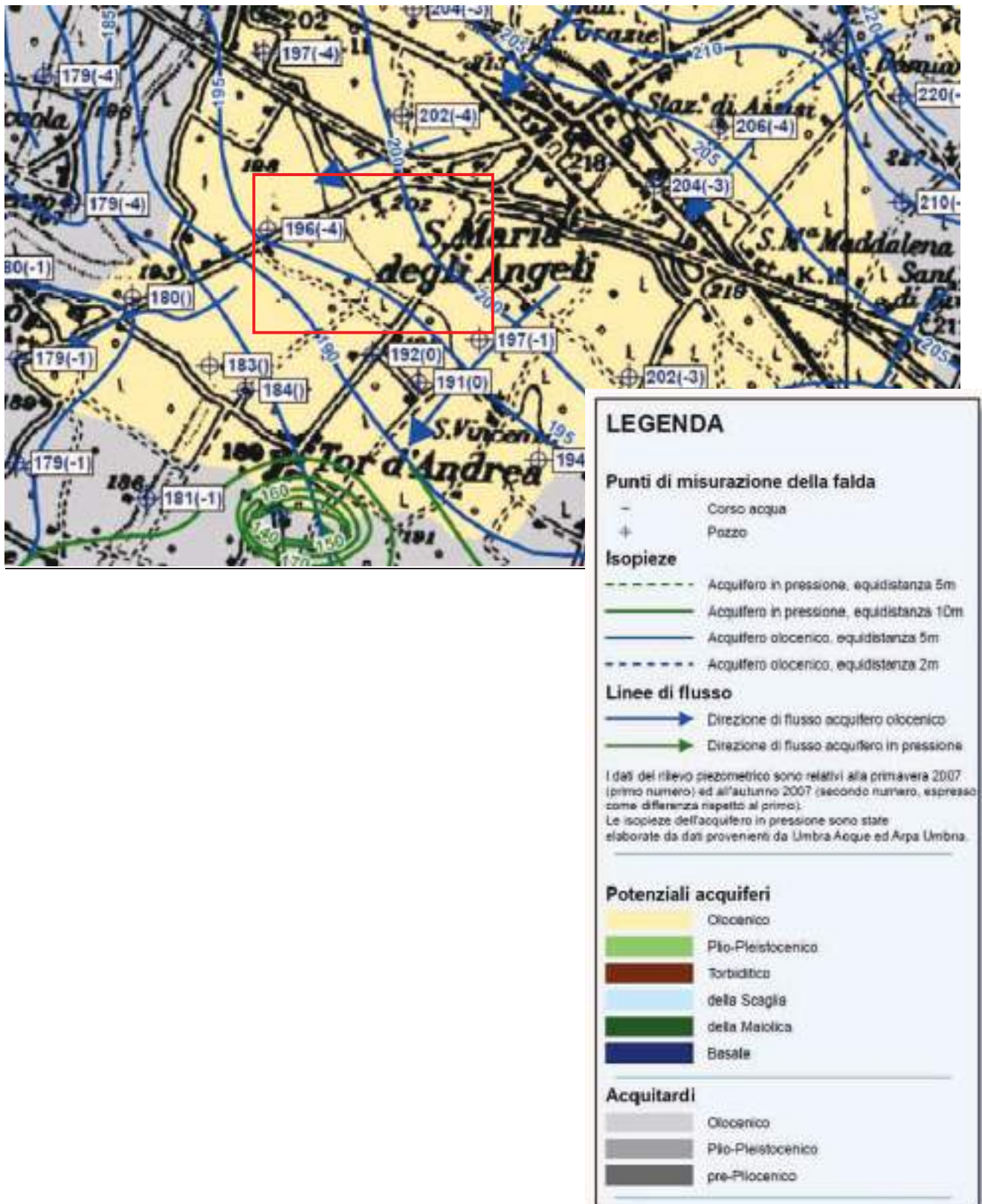
Tav. PB10 Topino - Rapace

® Scala 1:10.000

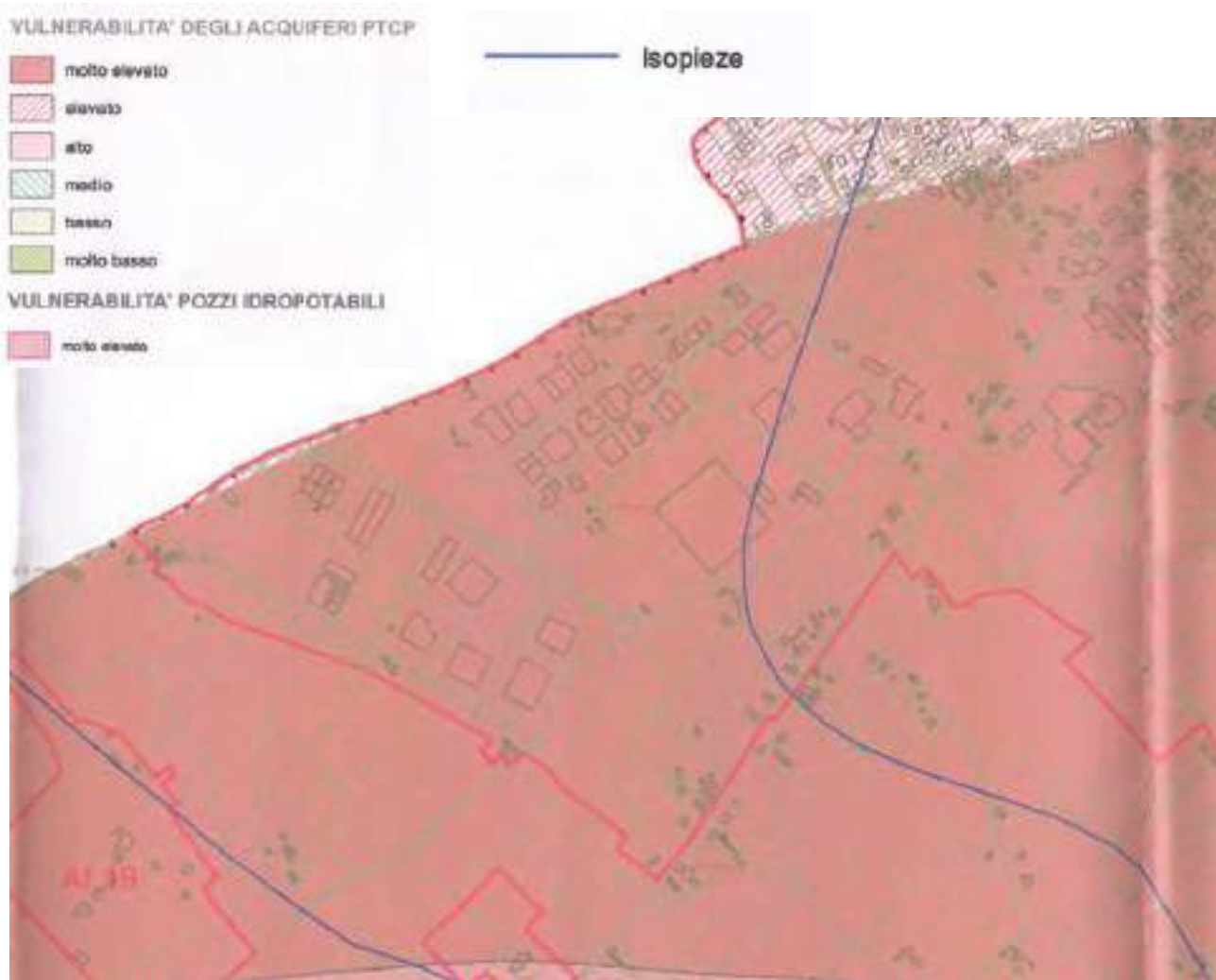
TAV. VII - CARTOGRAFIA IDROGEOLOGICA E DELLE ISOFREATICHE

dalla SCALA 1 : 25.000

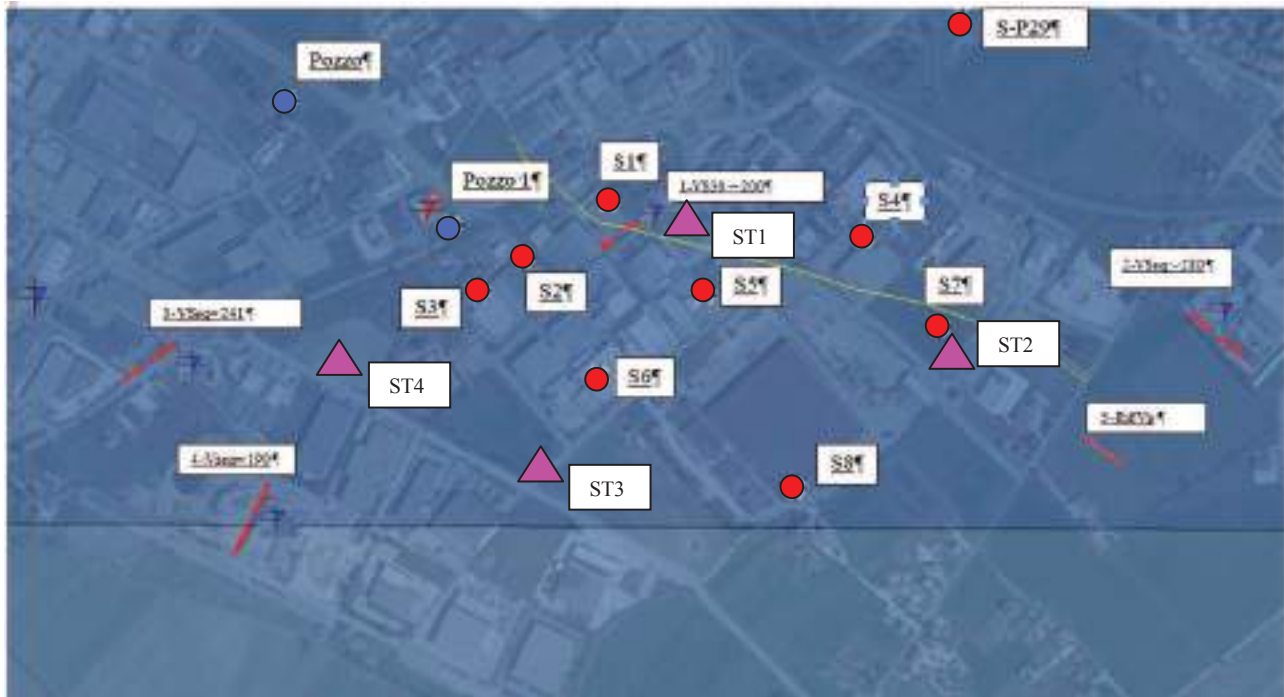
(Carta redatta dal Servizio Geologico e Sismico della Regione Umbria su dati Arpa e Umbria Acque)



TAV. VIII - STRALCIO CARTA DELLA VULNERABILITA' DEGLI
ACQUIFERI QUADRANTE NORD-OVEST non in scala
(Cartografia del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale)



non in SCALA 1 : 5.000



- Pozzi



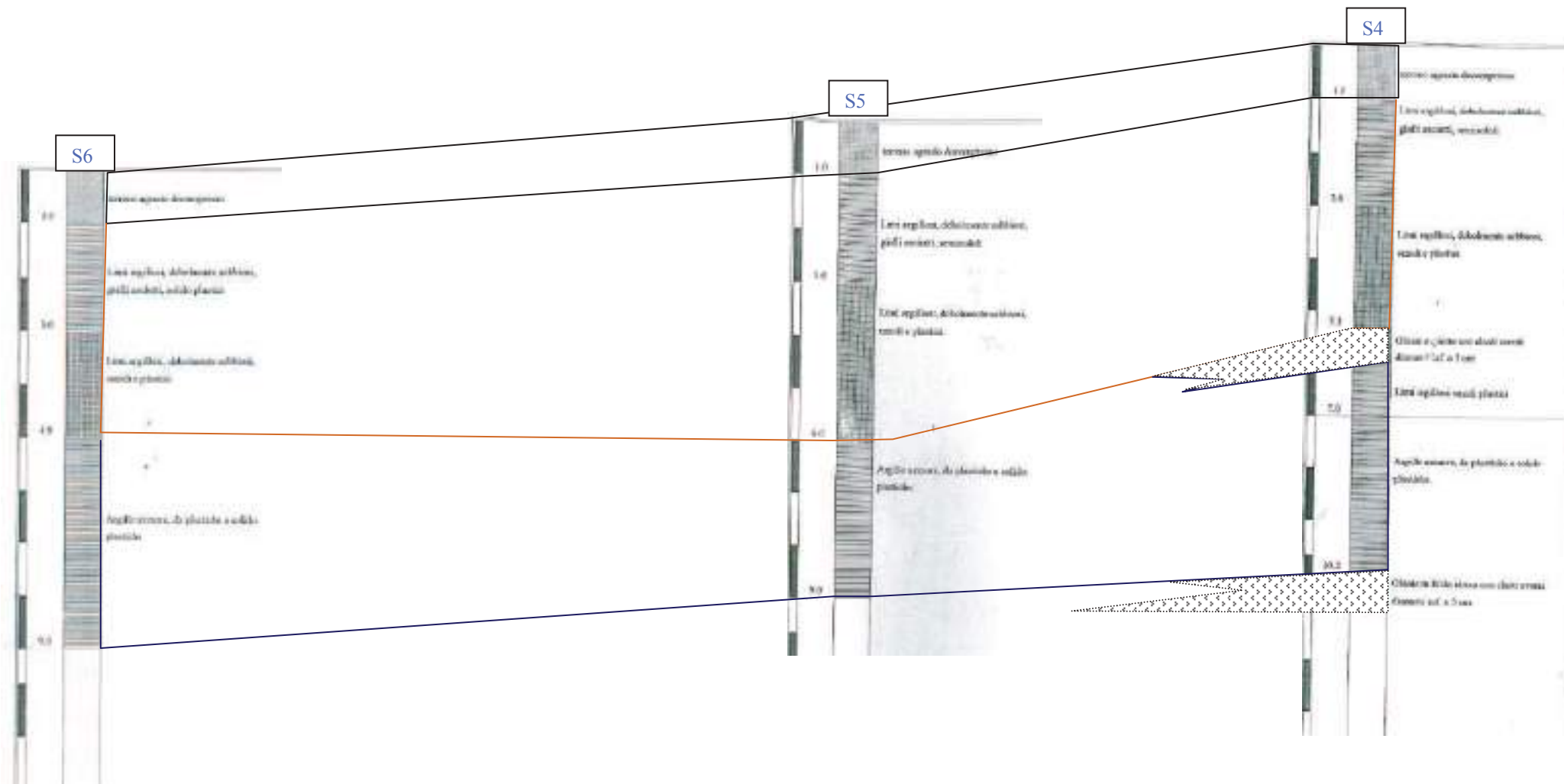
Prove penetrometriche CPT-DPSH reperita

Sondaggi geognostici reperiti

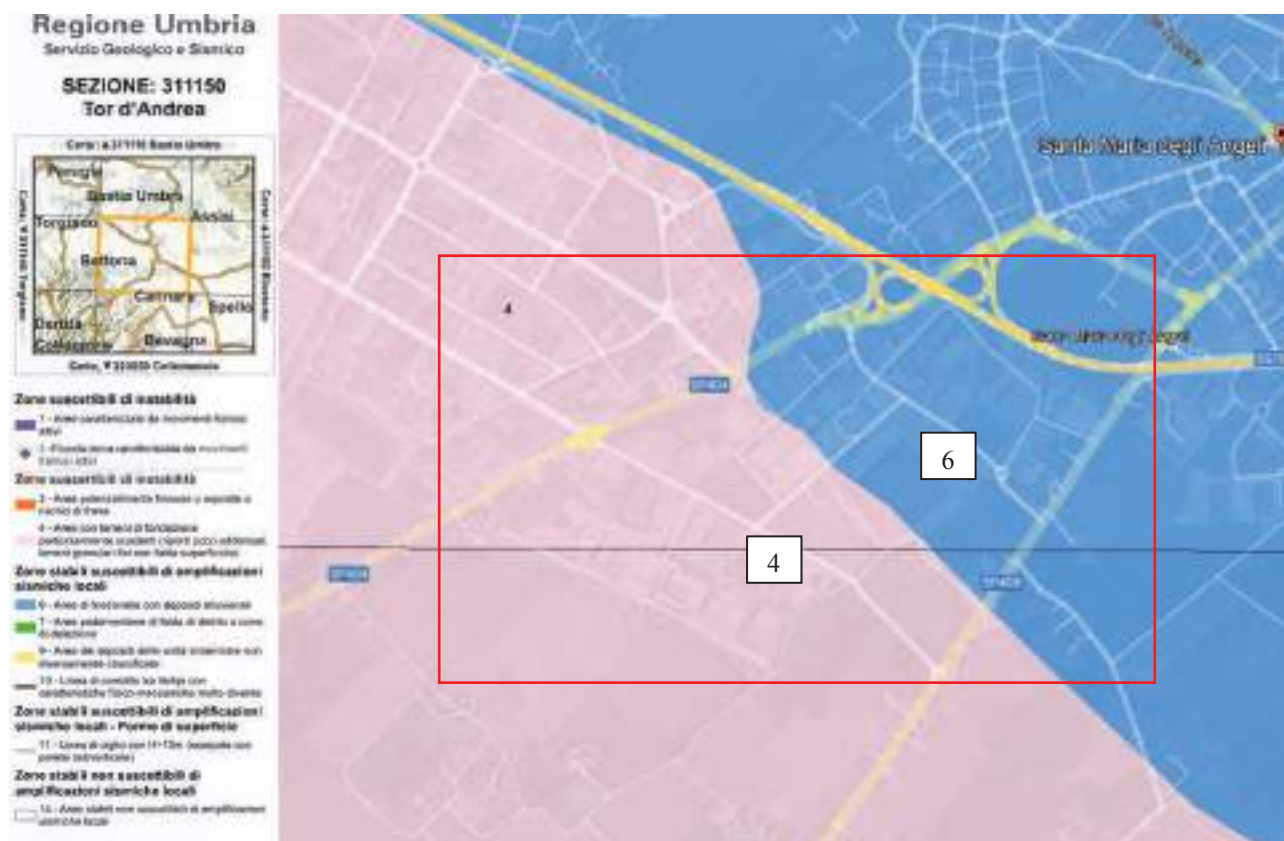
Indagine geofisica reperita



Indagine geofisica HVSR eseguita

TAV. X - PROFILO STRATIGRAFICO CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI REPERITE NON IN SCALA

SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ dalla SCALA 1 : 10.000
(Carta Petrignano redatta dal Servizio Geologico della Regione Umbria)

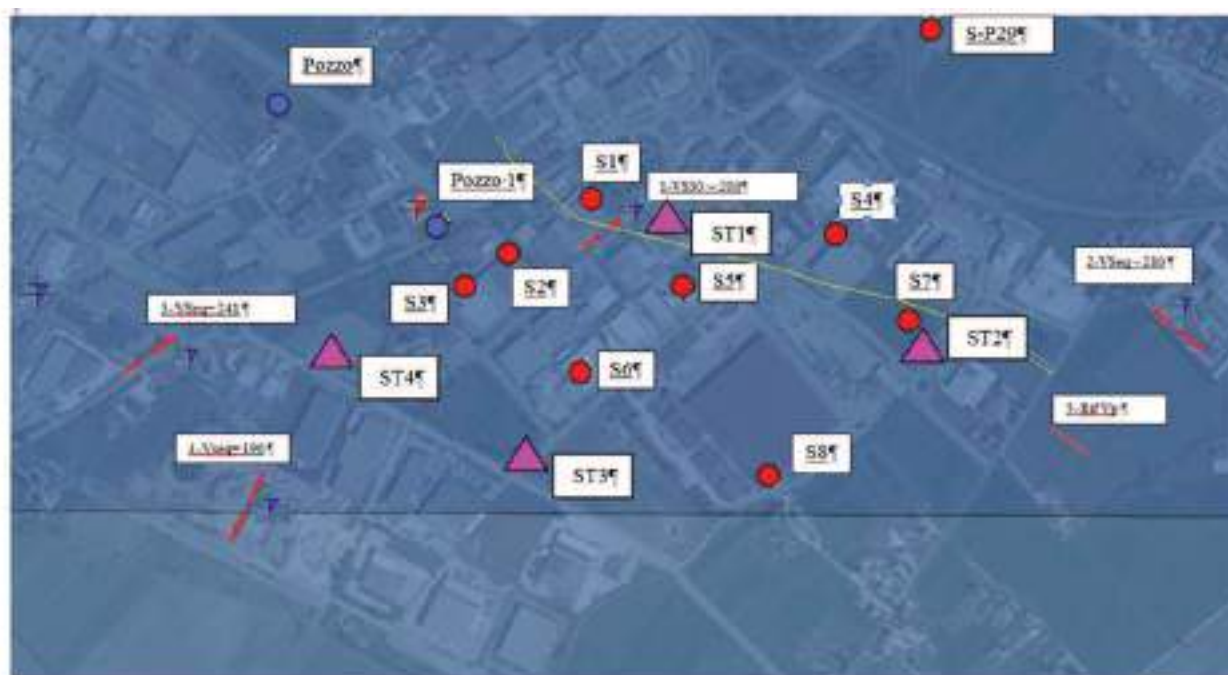


DESCRIZIONE	Zone suscettibili di instabilità - 4 - Aree con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)
-------------	--

DESCRIZIONE Zone stabili suscettibili di amplificazioni sismiche locali - 6 - Aree di fondovalle con depositi alluvionali

ALLEGATO A

Stralcio ortofotocarta con ubicazione delle indagini geofisiche eseguite/reperite
dalla scala 1:5.000

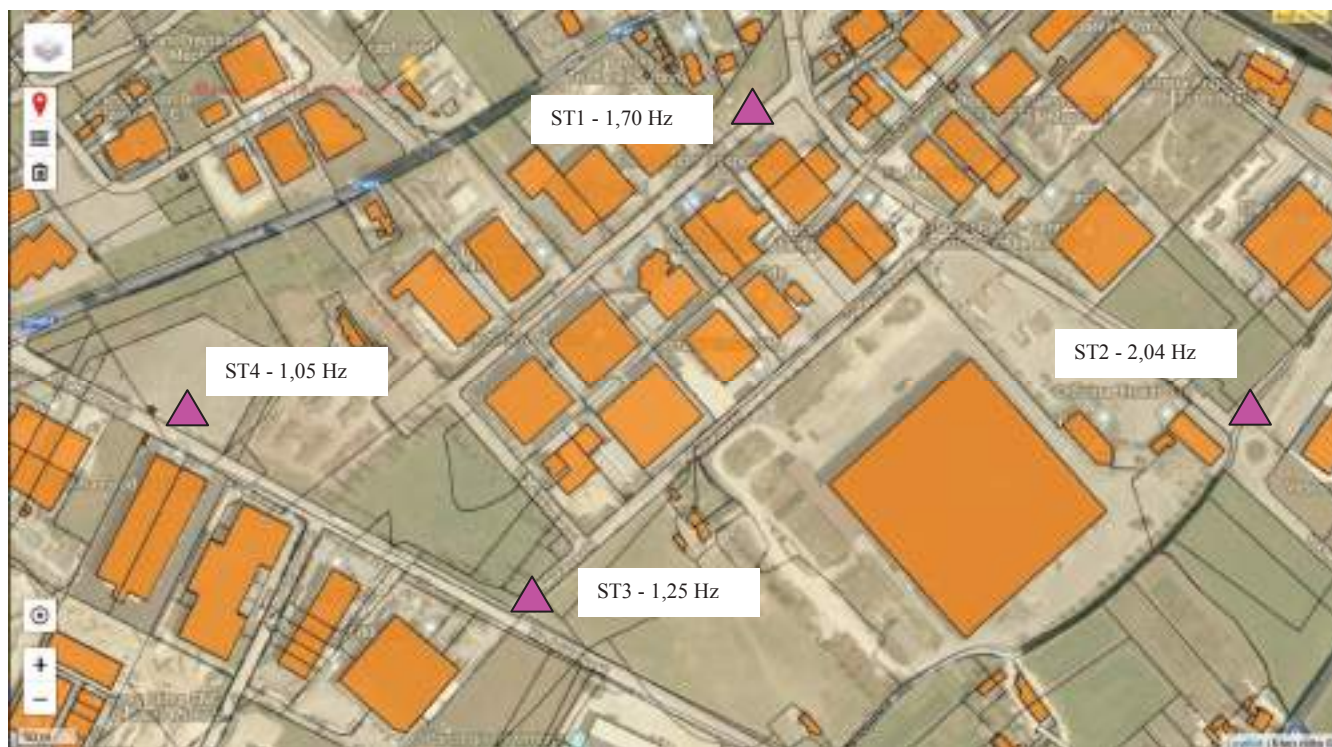


LEGENDA

-  Pozzi
-  Prove penetrometriche CPT-DPSH reperite
-  Sondaggi geognostici reperiti
-  Indagine geofisica reperita
-  Indagine geofisica HVSr eseguita

ALLEGATO B

Carta delle Frequenze
dalla scala 1:5.000



LEGENDA

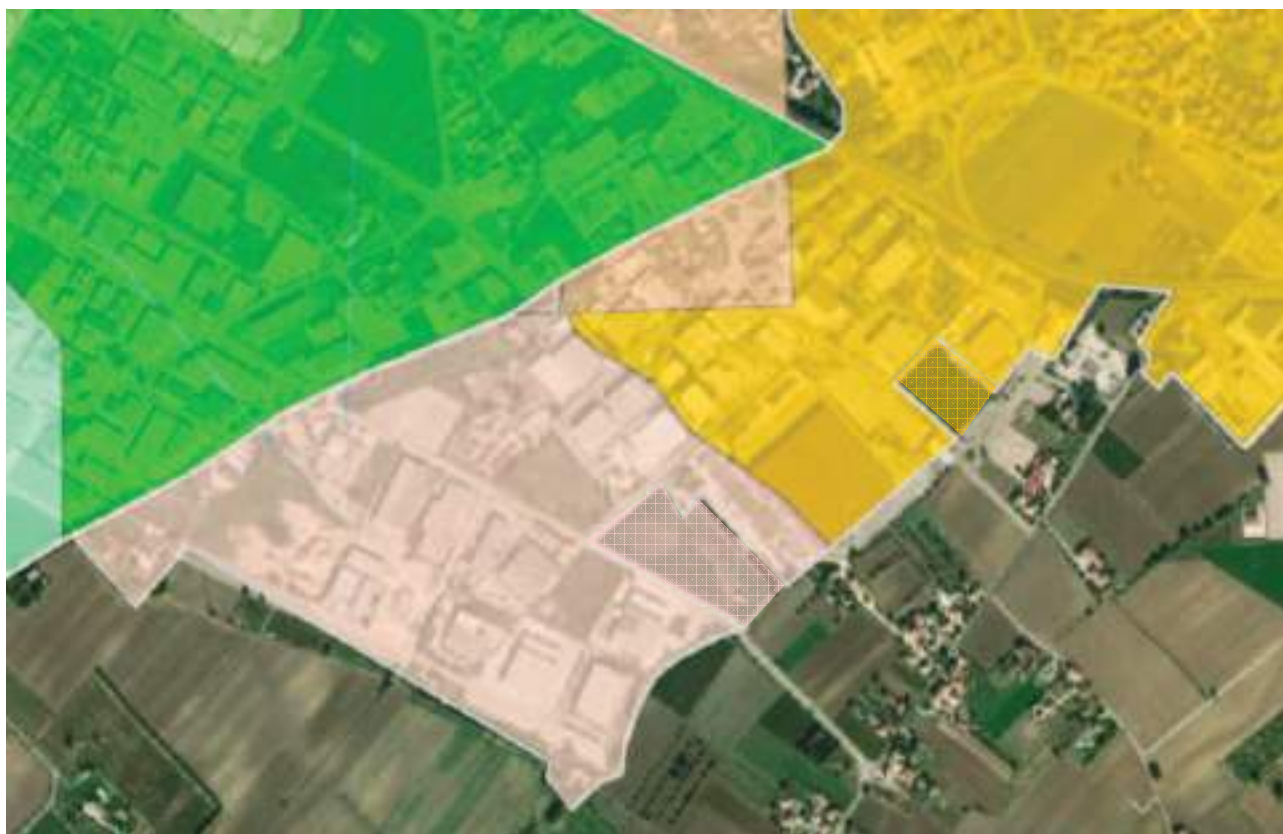
▲ HVSr (Punti di misura microtremore)

ALLEGATO C

Carta delle MOPS - Microzonazione sismica L1

(Carta Santa Maria degli Angeli redatta dal Servizio Geologico della Regione Umbria integrata dallo scrivente)

dalla scala 1:5.000



Carta reperita tramite sistema web-gis dal portale cartografico della Microzonazione Sismica e della Condizione Limite per l'Emergenza

**Zona 8**

(Depositi fluvio-palustri/lacustri prevalentemente limosi e argillosi con livelli sabbiosi e ghiaiosi)

**Zona 4**

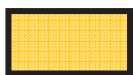
(Depositi fluvio-palustri/lacustri prevalentemente limi e argille - Zona di attenzione per cedimenti differenziali)

ALLEGATO D

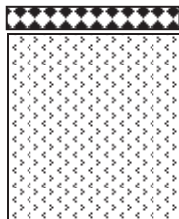
Carta delle MOPS - Microzonazione sismica L1 zona in esame dalla scala 1:5.000

LEGENDA

Zona suscettibile di amplificazione sismiche locali (da indagini reperite ed eseguite)



Zona 8

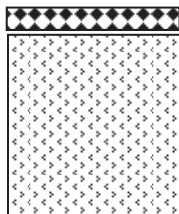


Terreno Vegetale h= 0,6-0,9 m

Argille e limi sabbiosi prevalenti
con a luoghi livelli sabbiosi e ghiaiosi
h= 70-100 m

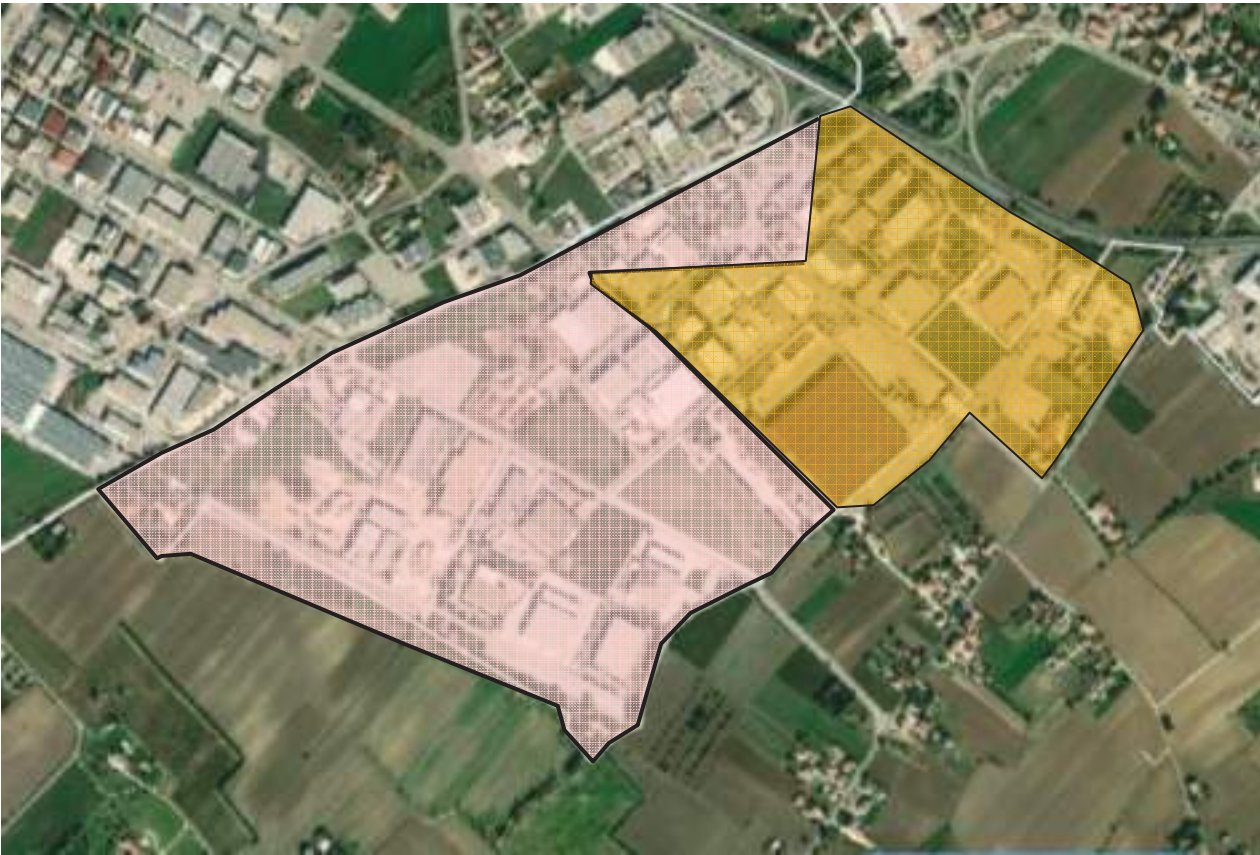


Zona 4



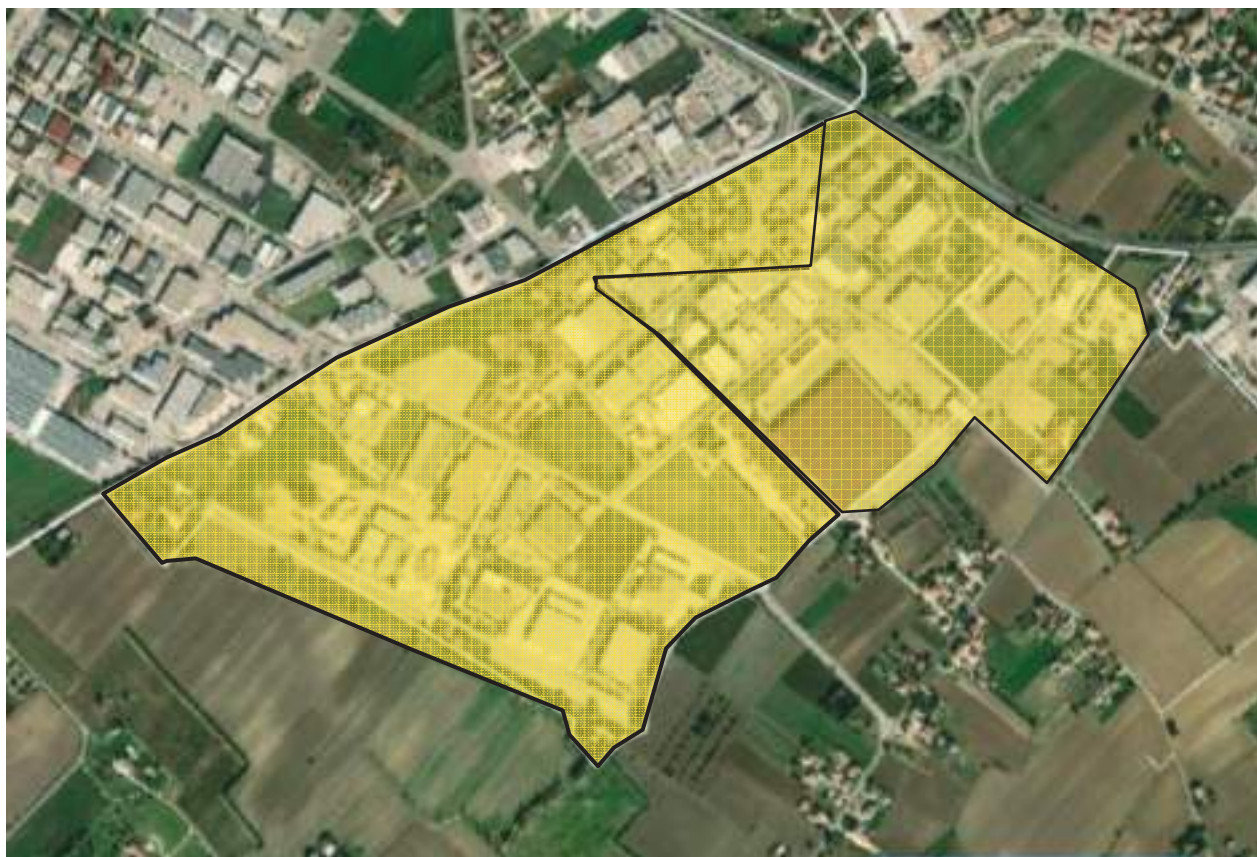
Terreno Vegetale h= 0,8-1,0 m

Argille e limi sabbiosi prevalenti
h= 70-100 m



ALLEGATO E

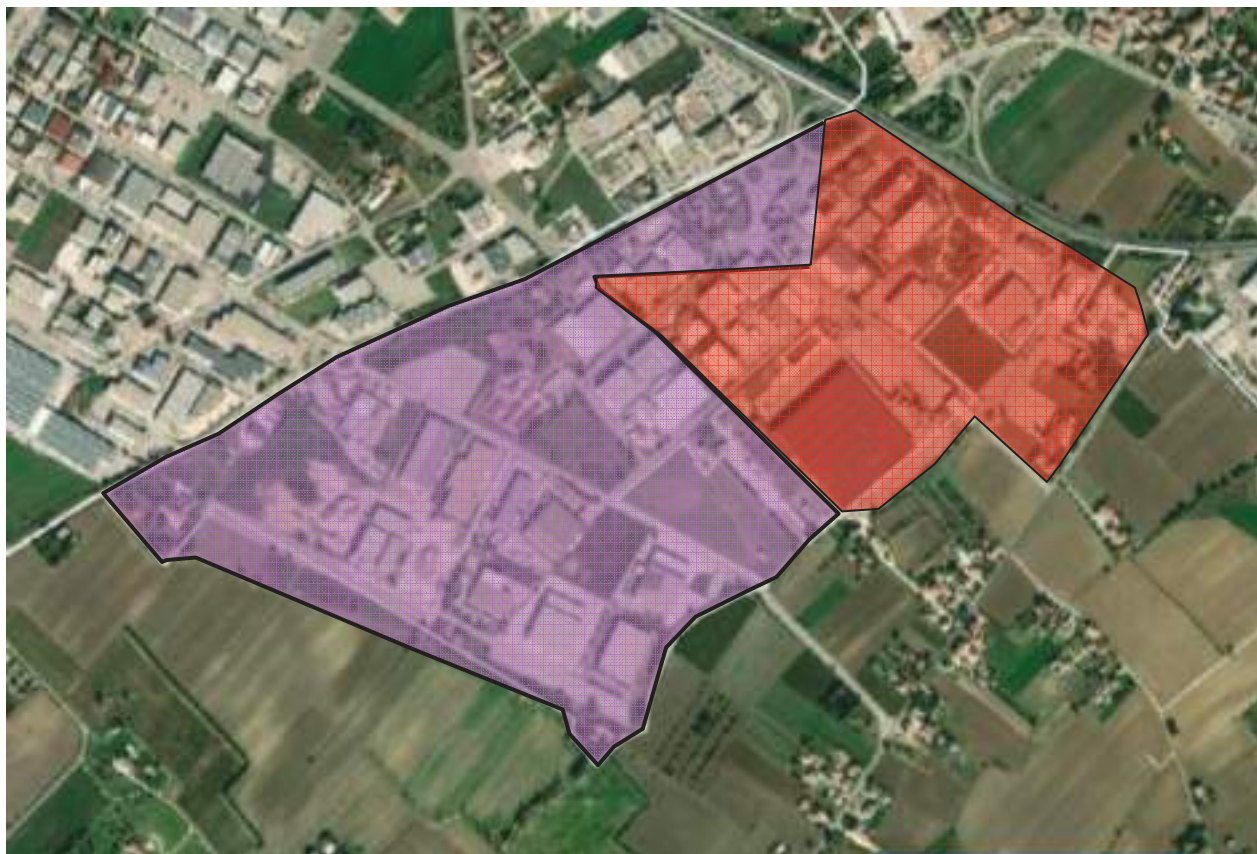
Carta Fattori di amplificazione - Microzonazione sismica L2
dalla scala 1:5.000



LEGENDA



FA= 1,3-1,4



LEGENDA



FV= 2,1-2,2



FV= 2,3-2,4

ALLEGATO F

Elaborazione dati geofisici relativi a indagini eseguite/reperate

Indagini urgenti per microzonazione sismica speditiva (Elementi bibliografici)						
Sigla: S1		data: 10/1982				
Tipologia: sondaggio a distruzione ?		Località: zona ind. S.M. degli Angeli				
quota sul po	litol.	descrizione stratigrafica	ca m	H2 O	% car	SPT

1.0		terreno agiario decompresso				
2.0		Limi argillosi, debolmente sabbiosi, galli asciutti, solido plastici			1 0 0 %	
3.0		Ghiaie asciutte con clasti aventi dei diametri inf. a 3 cm				
6.0		Limi argillosi, debolmente sabbiosi, umidi e plastici.				
		Argille azzurre, da plastiche a solido- plastiche				
11.0		Ghiaie in folia sdrucita con clasti aventi diametri inf. a 5 cm.				
12.0						

Indagini ergenti per microzonazione sismica speditiva (Elementi bibliografici)						
Sigla: S3			data: 10.1982			
Tipologia: sondaggio a distruzione ?			Località: zona ind. S.M. degli Angeli			
quota sul pc	litol.	descrizione stratigrafica	ca m	H2 O	% car	SPT

1.0		terreno agrario decompresso				
1.7		Limi argillosi, debolmente sabbiosi, gialli essiccati, solido plastici			1 0 0 %	
4.0		Limi argillosi, debolmente sabbiosi, umidi e plastici.				
9.0		Argille azzurre, da plastiche a solido- plastiche.				

Indagini ergenti per microzonazione sismica speditiva (Elementi bibliografici)						
Sigla: S4		data: 10.1982				
Tipologia: sondaggio a distruzione ?		Località: zona ind. S.M. degli Angeli				
quota sul pc	litol.	descrizione stratigrafica	ca m	H2 O	% car	SPT

1.0		terreno agrario decompreso				
		Limi argillosi, debolmente sabbiosi, gialli asciutti, semisolidi			1 0 0 %	
3.0						
		Limi argillosi, debolmente sabbiosi, umidi e plastici				
5.3						
5.9		Ghiaie e pietre con clasti aventi diametri inf. a 3 cm				
		Limi argillosi umidi plastici				
7.0						
		Argille azzurre, da plastiche a solido- plastiche.				
10.2						
11.0		Ghiaie in folia idrica con clasti aventi diametri inf. a 5 cm.				

Indagini ergenti per microzonazione sismica speditiva (Elementi bibliografici)

Sigla: S5

data: 10.1982

Tipologia: sondaggio e distruzione ?

Località: zona ind. S.M. degli Angeli

quota sul pc	litol.	descrizione stratigrafica	ca m	H2 O	% car		SPT
-----------------	--------	---------------------------	---------	---------	----------	--	-----

1.0		terreno agrario decompresso					
3.0		Limi argillosi, debolmente sabbiosi, gialli asciutti, semisolidi			1 0 0 %		
6.0		Limi argillosi, debolmente sabbiosi, umidi e plastici					
9.0		Argille azzurre, da plastiche a solido- plastiche					

Indagini ergenti per microzonazione sismica speditiva (Elementi bibliografici)						
Sigla: S6			data: 10.1982			
Tipologia: sondaggio a distruzione ?			Località: zona ind. S.M. degli Angeli			
quota sul pc	lit.	descrizione stratigrafica	ca m	H2 O	% car	SPT

1.0		terreno agrario decompresso				
3.0		Limi argillosi, debolmente sabbiosi, gialli asciutti, solido plastici			1 0 0 %	
4.9		Limi argillosi, debolmente sabbiosi, umidi e plastici				
9.0		Argille azzurre, da plastiche a solido- plastiche				

Indagini urgenti per microzonazione sismica speditiva (Elementi bibliografici)						
Sigla: S7			data: 10.1982			
Tipologia: sondaggio a distruzione ?			Località: zona ind. S.M. degli Angeli			
quota sul pc	litol.	descrizione stratigrafica	ca m	H ₂ O	% car	SPT

1.0		terreno agrario decompresso				
3.0		Limi argillosi, debolmente sabbiosi, gusli asciutti, semisolidi			100%	
4.5		Limi argillosi, debolmente sabbiosi, umidi e plastici.				
6.4		Ghiaie in falda idrica con elasti aventi diametro inf. a 4 cm.				
11.0		Argille azzurre, da plastiche a solido- plastiche.				

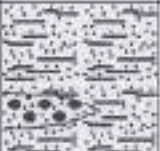
Indagini urgenti per microzonazione sismica speditiva (Elementi bibliografici)						
Sigla: S8			data: 10.1982			
Tipologia: sondaggio a distruzione ?			Località: zona ind. S.M. degli Angeli			
quota sul pc	litol.	descrizione stratigrafica	ca m	H2 O	% car	SPT

1.0		terreno agrario decompreso				
3.0		Limi argillosi, debolmente sabbiosi, gialli asciutti, semisolidi			1 0 0 %	
7.0		Argille azzurre, da plastiche a solido- plastiche.				
7.4		Ghiaie in falda sdrusa oca $f < 3$ cm.				
8.0		Argille azzurre, da plastiche a solido- plastiche.				

STRATIGRAFIA POZZO

PROPRIETÀ:

LOCALITÀ: Via delle Ginestre - Zona Industriale

prof. (m)	litologia	descrizione	note
0,0		Argille limose debolmente sabbiose, di colore dal nocciola al grigio, con intercalate lenti sabbiose e sabbioso-ghiaiose di spessore ridotto ed arealmente limitate.	<u>FALDA</u>
6,5			
18		Ghiaie sabbiose, costituite da ciottoli minuti di natura calcarea dalla forma arrotondata, in matrice sabbiosa.	
20		Limì sabbiosi debolmente argillosi, di colore giallastro con venature grigie, contenenti frequenti frustoli carboniosi.	
27			
32		Ghiaie sabbiose, costituite da ciottoli minuti di natura calcarea dalla forma arrotondata, in matrice sabbiosa.	
37		Argille limose debolmente sabbiose, di colore grigio.	
52			

COMUNE DI ASSISI

**PROSPEZIONE SISMICA MASW
INERENTE IL PROGETTO PER L'AMPLIAMENTO DI UN OPIFICIO ESISTENTE**



**Committente:
Pucciarini Giovanni**

Gennaio 2013

DOTT. GEOLOGO DIEGO ALBINI



INDICE

PREMESSA.....	pag. 3
PROSPEZIONI SISMICHE BASATE SULL'ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI	
DI RAYLEIGH.....	pag. 3
PROSPEZIONI SISMICHE MASW.....	pag.6
INDAGINE ESEGUITA.....	pag. 8
ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI.....	pag. 8
INTERPRETAZIONE ED ANALISI DATI.....	pag. 9

PREMESSA

Su incarico della Dott.ssa Geol. Silvia Rossi e per conto del Sig. Pucciarini Giovanni è stata effettuata una prospezione sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves, ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh) presso l'area di sedime sulla quale verrà realizzato il progetto per l'ampliamento di un opificio esistente, al fine di individuare le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il suolo, secondo la normativa vigente (D.M. 14 gennaio 2008).

L'indagine è stata effettuata sul sito ubicato nel territorio comunale di Assisi (PG).

PROSPEZIONI SISMICHE BASATE SULL'ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RYLEIGH

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale (Fig. 2) e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione delle onde che vengono generate.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a $0.92V_s$. In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e $0.92 V_s$. La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).



Direzione di propagazione →

Fig. 2 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.

La determinazione della velocità delle onde di taglio V_s tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%). Inoltre l'ampiezza delle onde superficiali dipende da V_r e non da r come per le onde di volume.

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_P e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_S , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative antisismiche (O.P.C.M. 3274/03; O.P.C.M. 3431/05; D.M. 14 gennaio 2008). Infatti, mentre la velocità delle onde P misurata in terreni saturi dipende in maniera sostanziale dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, la velocità delle onde S è caratteristica delle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e, pertanto, a differenza delle onde P , risulta rappresentativa delle reali proprietà meccaniche del terreno.

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_S , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati (Fig. 3).

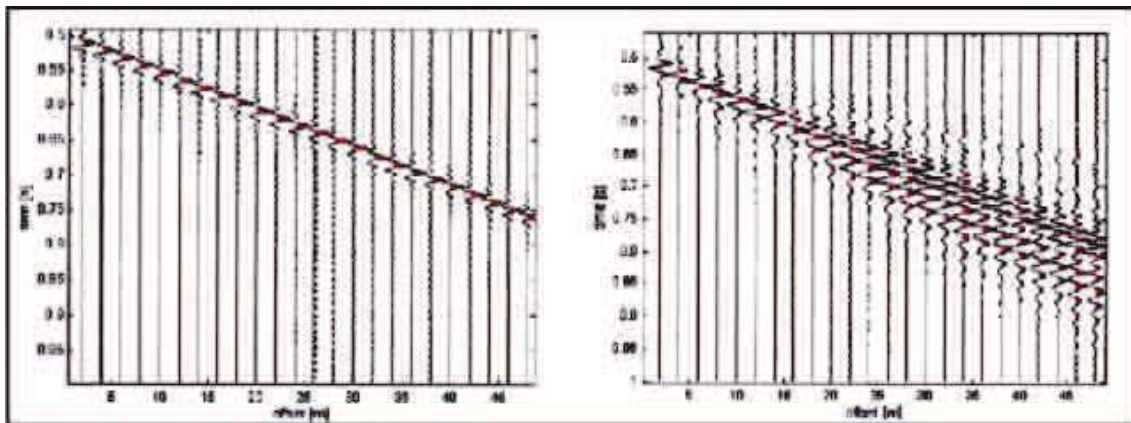


Fig. 3 – Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo non stratificato (a sinistra) e in un mezzo stratificato (a destra). Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione (Fig. 4).

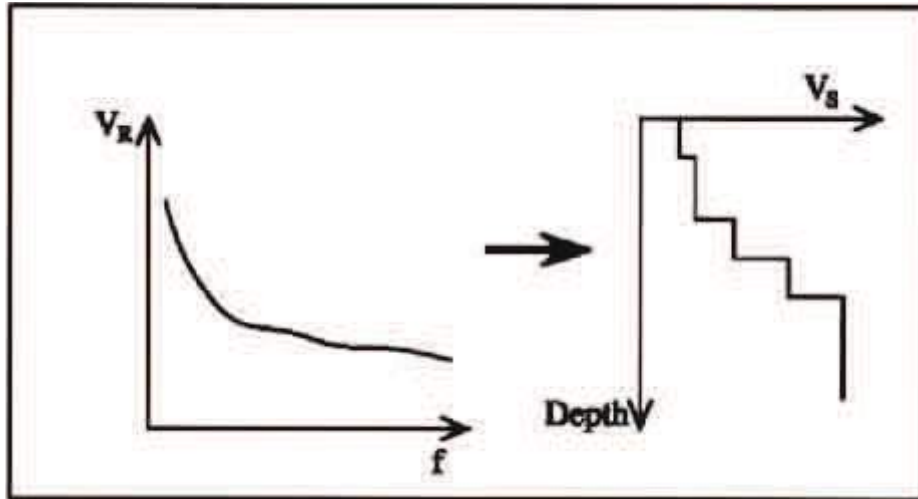


Fig. 4 – Velocità delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (a sinistra) e profilo di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità (a destra) ricavato tramite processo d'inversione.

La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) è pari a circa il 90% delle onde di taglio (V_s). Le tecniche di analisi delle onde di Rayleigh vengono realizzate con procedure operative meno onerose della comune sismica a rifrazione e delle prove in foro e hanno un grado di incertezza nella determinazione delle V_s < 15%.

La modellazione del sottosuolo mediante l'impiego di comuni geofoni verticali a 4.5Hz e l'analisi delle onde superficiali di Rayleigh viene ottenuta con le seguenti metodologie: ReMi (Refraction Microtremor), FTAN (Frequency Time Analysis), SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves). La tecnica ReMi consente di raggiungere profondità ragguardevoli fornendo un profilo verticale medio delle V_s relative al volume di sottosuolo sotteso dallo stendimento messo in opera. Questa tecnica viene estensivamente utilizzata negli Stati Uniti nell'ambito del NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Program) tanto che il software fornisce anche direttamente il valore di V_{s30} e la categoria della classificazione del suolo secondo la normativa americana.

Il metodo FTAN per la determinazione delle V_{s30} ha bisogno di un solo ricevitore e permette la definizione di un profilo medio su distanze di decine-centinaia di metri. Inoltre il metodo fornisce valori di velocità delle onde di taglio in buon accordo con le misure in foro.

Il metodo SASW viene generalmente impiegato per la determinazione delle V_s di strati superficiali (<30m) e per la determinazione delle proprietà elastiche di strade e pavimentazioni (Stokoe & Nazarian, 1985) e, pertanto, sembra essere tra i metodi non invasivi quello più popolare tra gli ingegneri.

La tecnica MASW, fondata sulla tecnica SASW, consente una dettagliatissima ricostruzione della distribuzione della velocità delle onde S nel sottosuolo.

PROSPEZIONI SISMICHE MASW

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una efficiente ed accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio V_s . Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale. Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali, simili alla tecnica SASW, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 4 passi fondamentali:

1. Ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici (Fig. 5), generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni che viene spostato lungo la linea dello stendimento stesso dopo ogni acquisizione;
2. Estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione);
3. Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle V_s (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);
4. Ricostruzione di una sezione (modello 1D) delle V_s dei terreni con approccio multicanale (con almeno due acquisizioni dei segnali, ovvero uno spostamento lungo la linea dello stendimento).

Quando vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume (P ed S), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni. Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, canali sotterranei, trovanti lapidei, ecc.) e diventano rumore.

Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana.

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni.

L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali.

Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti

(Fig. 5) in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni (Fig. 6).

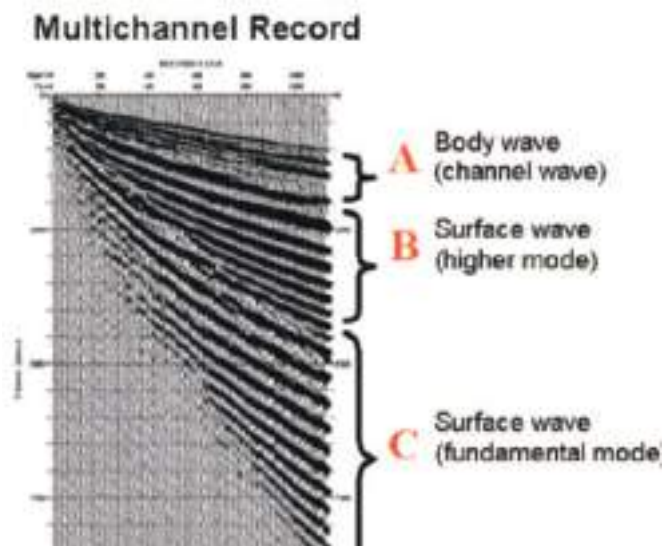


Fig. 5 – Segnali sismici con acquisizione multicanale e riconoscimento delle varie fasi sismiche (onde di volume, modo fondamentale e modi superiori delle onde superficiali).

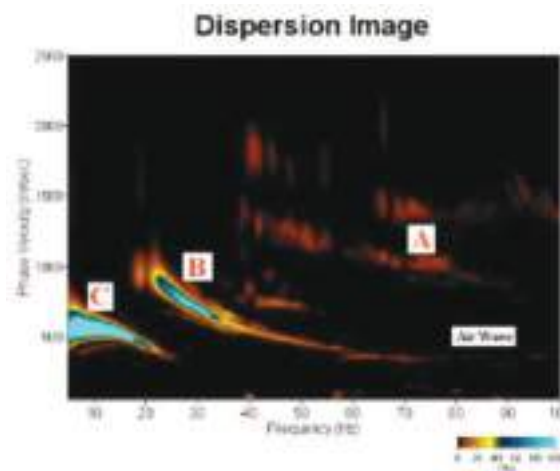


Fig. 6 – Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh relativa ai segnali sismici in Fig. 5. Il picco energetico in corrispondenza di C rappresenta, nel modello della dispersione, il modo fondamentale da estrarre. Il picco energetico in B rappresenta il primo modo mentre quello in A, poco evidente, rappresenterebbe il secondo modo.

Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico. Tutte le altre onde (riflesse, disperse, modi superiori delle onde superficiali, noise ambientale) vengono quindi rimosse durante il processo di elaborazione.

INDAGINE ESEGUITA

Al fine di caratterizzare sismicamente il suolo in area progettuale, è stata eseguita una prospezione sismica MASW, con uno stendimento geofonico di 54.0m.

L'indagine è stata condotta mediante l'utilizzo di sismografo DoReMi 16 bit 24 canali. L'elevata dinamica unita alla notevole memoria per l'acquisizione, consente l'utilizzo di tale sismografo per tecniche di indagine di tipo convenzionale (riflessione e rifrazione) e non convenzionale (ReMi, S.A.S.W, M.A.S.W). L'ambiente operativo dello strumento è quello di Microsoft Windows XP.

La sorgente sismica è costituita da un impatto transiente verticale (maglio dal peso di 8kg che batte su una piastra circolare in alluminio). Come trigger/starter è stato utilizzato un sensore ad innesto nella piastra posizionata alla distanza di 4.00 m dal primo geofono.

Quando la battuta sulla superficie della piastra non risultava netta o veniva colpita due volte erroneamente, la prova è stata ripetuta.

Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 24 geofoni verticali da 4.5Hz posizionati lungo il profilo di indagine con distanza intergeofonica pari a 2.0m.

La lunghezza complessiva dello stendimento è stata sufficiente a determinare la sismostratigrafia 1D dei terreni di sedime fino alla profondità di circa 35m dal p.c..

ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

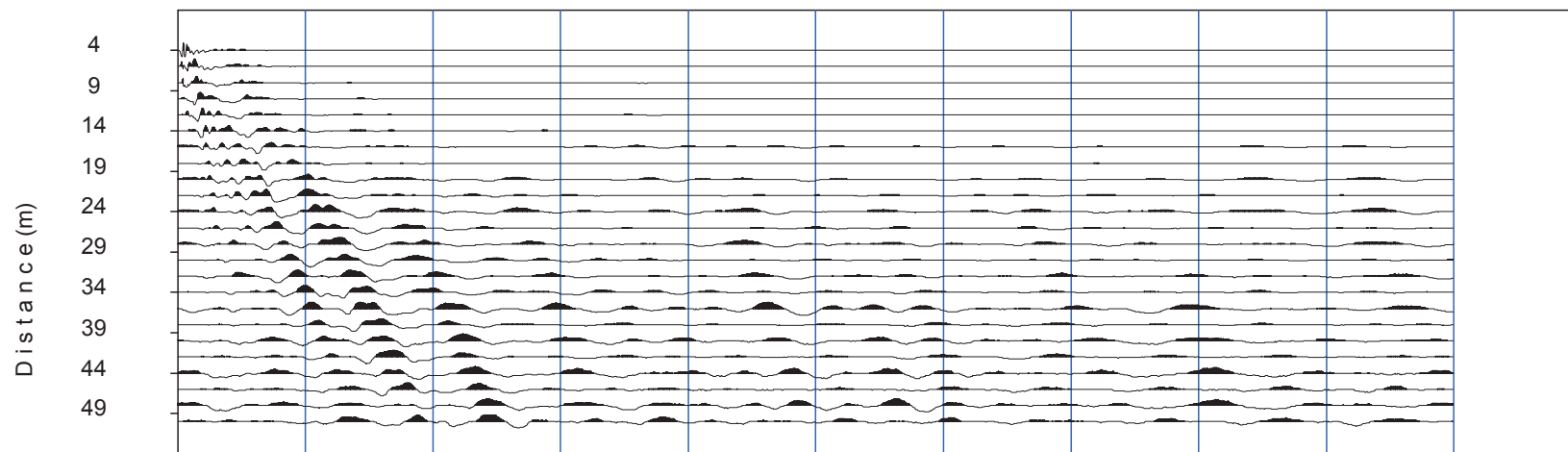
Le acquisizioni dei segnali, di lunghezza temporale $T=2.0s$, sono state effettuate con passo di campionamento $dt=1.0ms$. La frequenza di campionamento è data da:
 $f_{\text{campionamento}}=1/dt=1000Hz$.

Gli elaborati relativi alla prova effettuata sono di seguito riportati.

Source= 0.0m

T i m e (msec)

0 200 400 600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000 2200

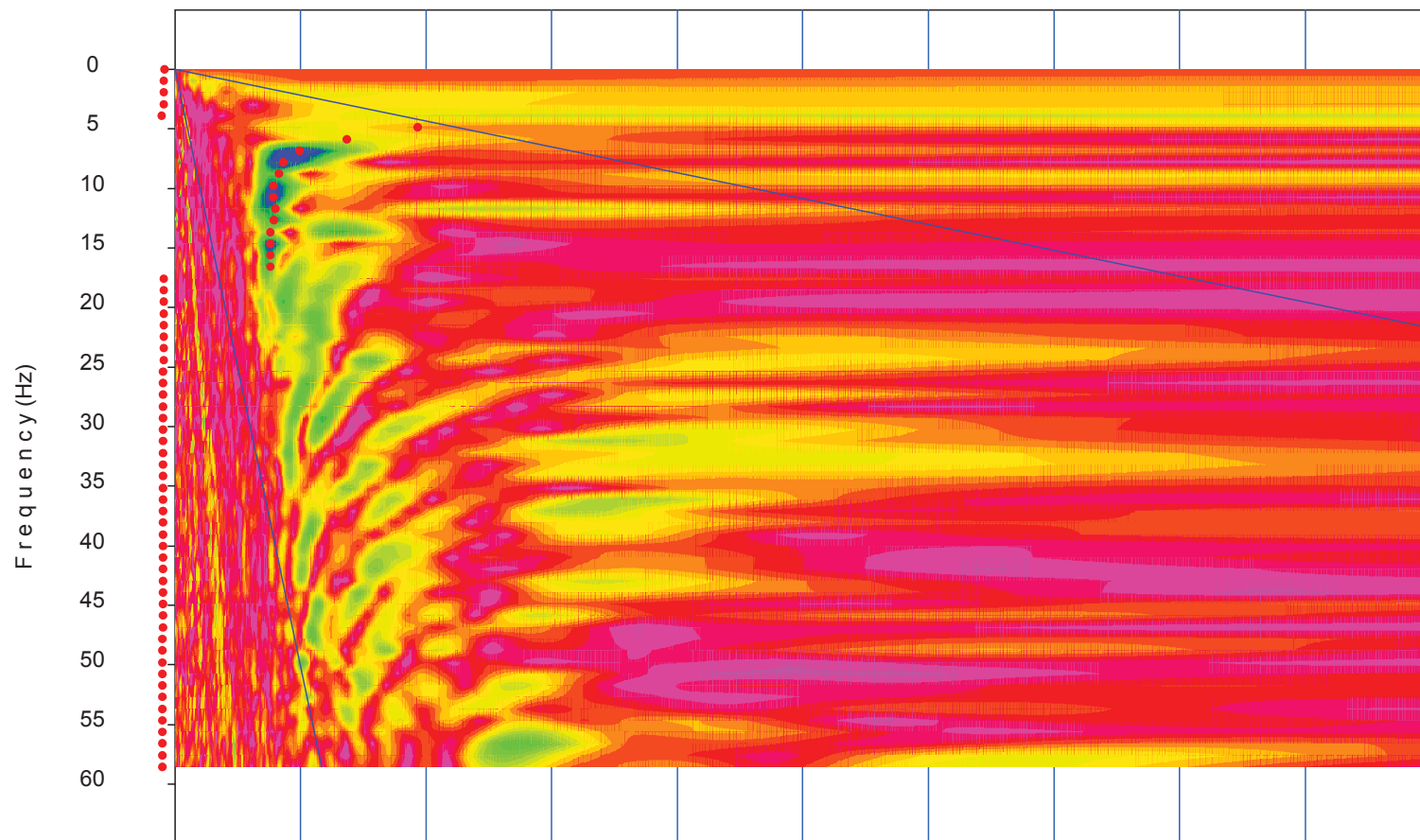


2013-01-07_08-50-48_01000_00200_024_Interl_SEG2.dat

Source= 0.0m

Phase velocity (m/sec)

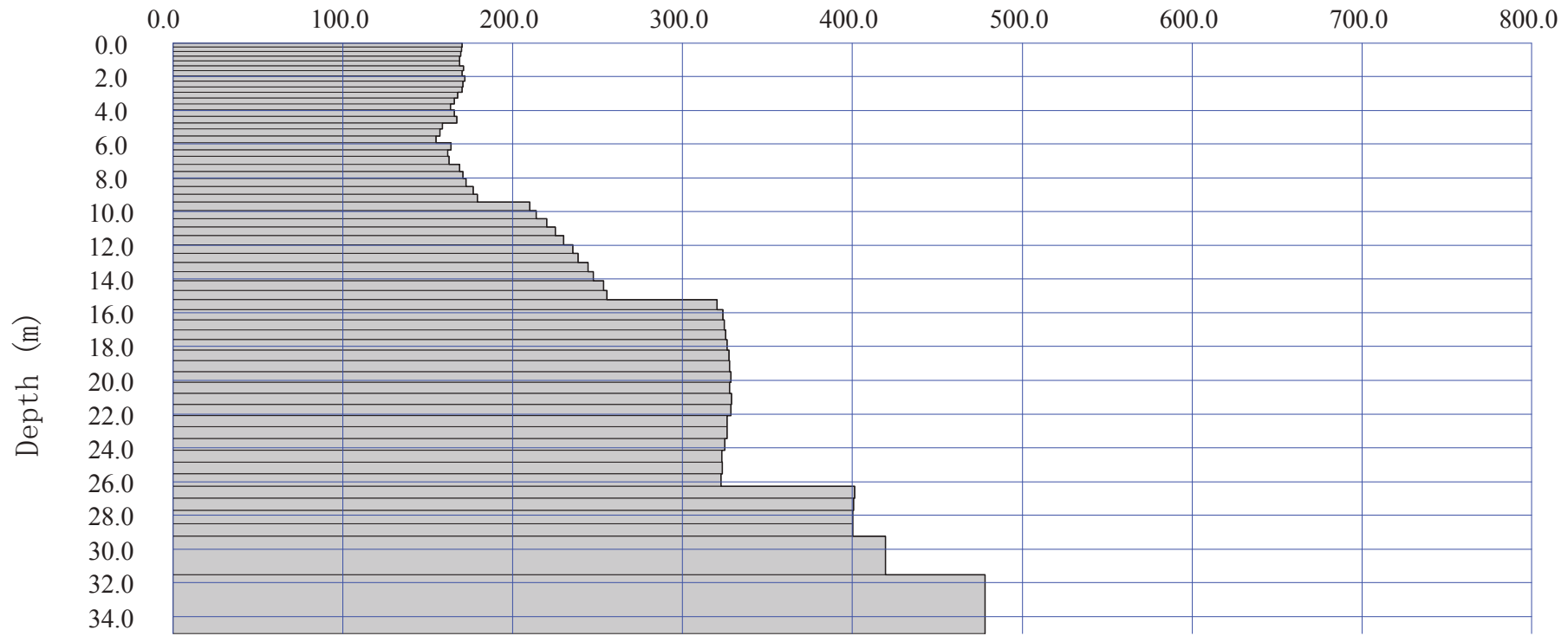
0 200 400 600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000



Dispersion curve : 2013-01-07_08-50-48_01000_00200_024_Interl_SEG2.dat

1D MASW analysis

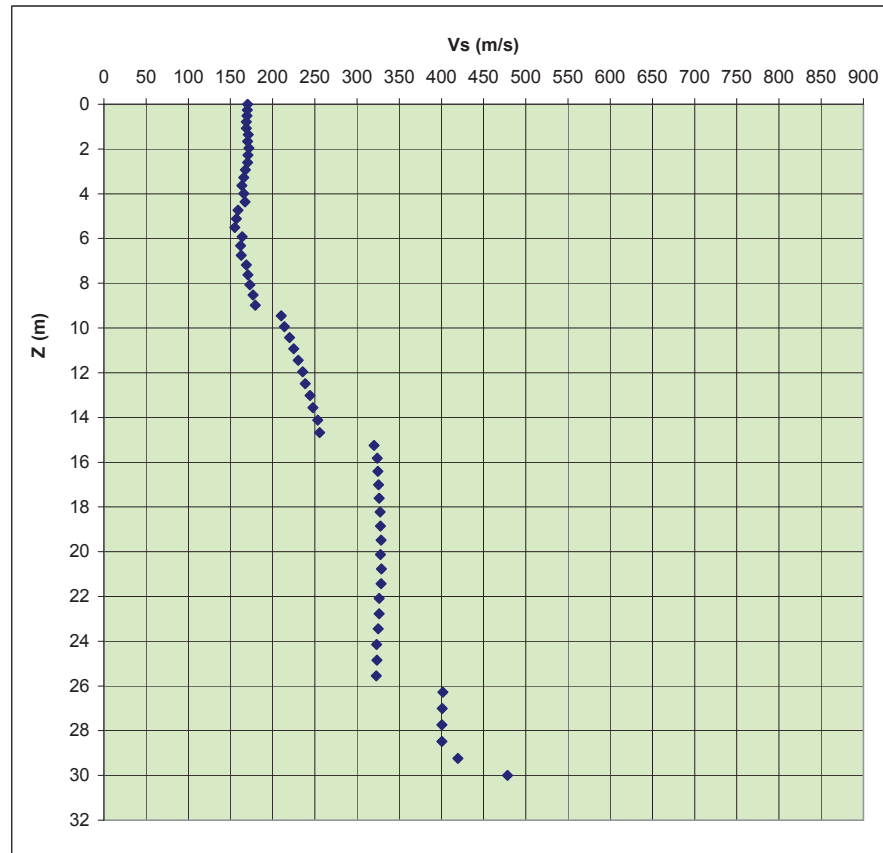
S-velocity (m/s)



S-velocity model : 2013-01-07_08-50-48_01000_00200_024_Interl_SEG2.dat

Depth(m)	S-velocity(m/s)	hi (m)	hi/Vi _s
0	170.287798		
0.254237	169.809633	0.254237	0.001497
0.517241	169.644869	0.263004	0.00155
0.789012	168.758503	0.271771	0.00161
1.06955	168.834172	0.280538	0.001662
1.358855	171.083041	0.289305	0.001691
1.656926	170.420091	0.298071	0.001749
1.963764	171.825838	0.306838	0.001786
2.279369	170.716111	0.315605	0.001849
2.603741	170.260842	0.324372	0.001905
2.936879	167.649816	0.333138	0.001987
3.278784	165.864603	0.341905	0.002061
3.629457	163.524131	0.350673	0.002144
3.988896	165.783831	0.359439	0.002168
4.357101	167.147832	0.368205	0.002203
4.734074	158.943642	0.376973	0.002372
5.119813	157.117395	0.385739	0.002455
5.51432	155.004994	0.394507	0.002545
5.917592	163.715281	0.403272	0.002463
6.329632	162.028083	0.41204	0.002543
6.750439	162.764079	0.420807	0.002585
7.180012	168.855522	0.429573	0.002544
7.618352	170.769729	0.43834	0.002567
8.065459	172.823409	0.447107	0.002587
8.521333	176.780473	0.455874	0.002579
8.985974	179.311692	0.464641	0.002591
9.459381	209.953144	0.473407	0.002255
9.941556	213.875354	0.482175	0.002254
10.432497	220.076469	0.490941	0.002231
10.932204	225.051907	0.499707	0.00222
11.440678	230.208253	0.508474	0.002209
11.95792	235.391484	0.517242	0.002197
12.483928	238.596943	0.526008	0.002205
13.018703	244.310222	0.534775	0.002189
13.562245	247.608378	0.543542	0.002195
14.114554	253.488684	0.552309	0.002179
14.675629	255.771558	0.561075	0.002194
15.245471	320.224717	0.569842	0.00178
15.82408	323.916919	0.578609	0.001786
16.411455	324.564097	0.587375	0.00181
17.007599	325.346883	0.596144	0.001832
17.612508	326.285719	0.604909	0.001854
18.226184	327.222297	0.613676	0.001875
18.848628	327.846022	0.622444	0.001899
19.479837	328.453416	0.631209	0.001922
20.119814	327.736864	0.639977	0.001953
20.768557	328.707691	0.648743	0.001974
21.426067	328.378176	0.65751	0.002002
22.092344	326.043683	0.666277	0.002044
22.767387	326.099155	0.675043	0.00207
23.451198	325.097665	0.683811	0.002103
24.143776	323.283375	0.692578	0.002142
24.84512	323.435146	0.701344	0.002168
25.555231	322.806901	0.710111	0.0022
26.274109	401.565445	0.718878	0.00179
27.001753	400.805164	0.727644	0.001815
27.738165	400.433496	0.736412	0.001839
28.483344	400.433496	0.745179	0.001861
29.237289	419.488334	0.753945	0.001797
30	478.358958	0.762711	0.001594
Somma		30	Somma 0.122133

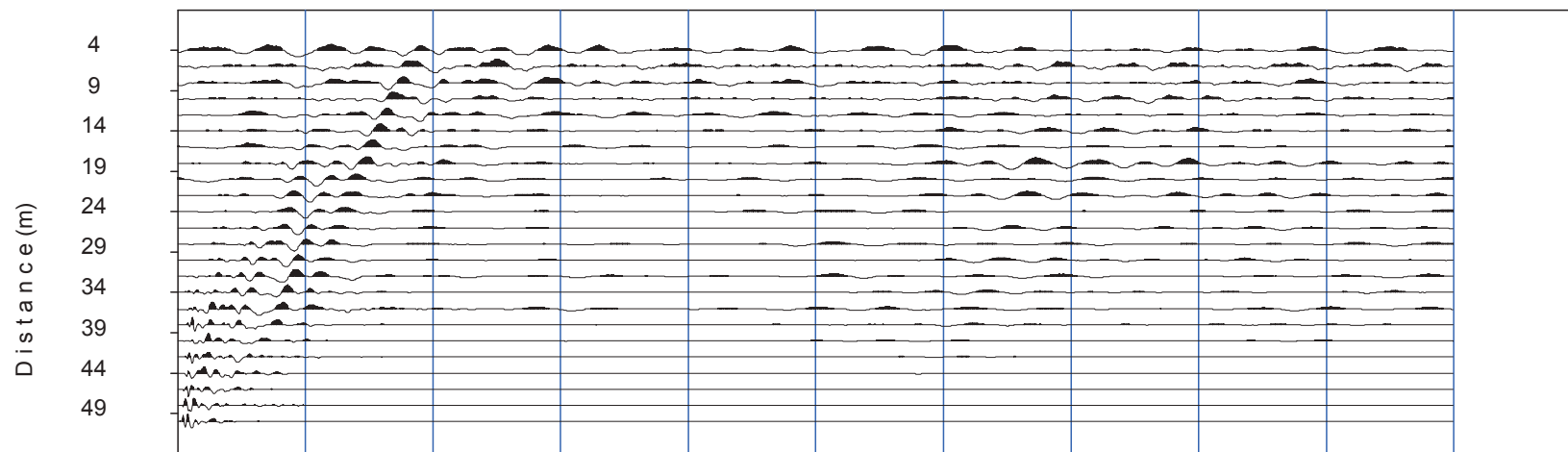
Vs30 (SHOT 1)= 245.6329



Source= 54.0m

T i m e (msec)

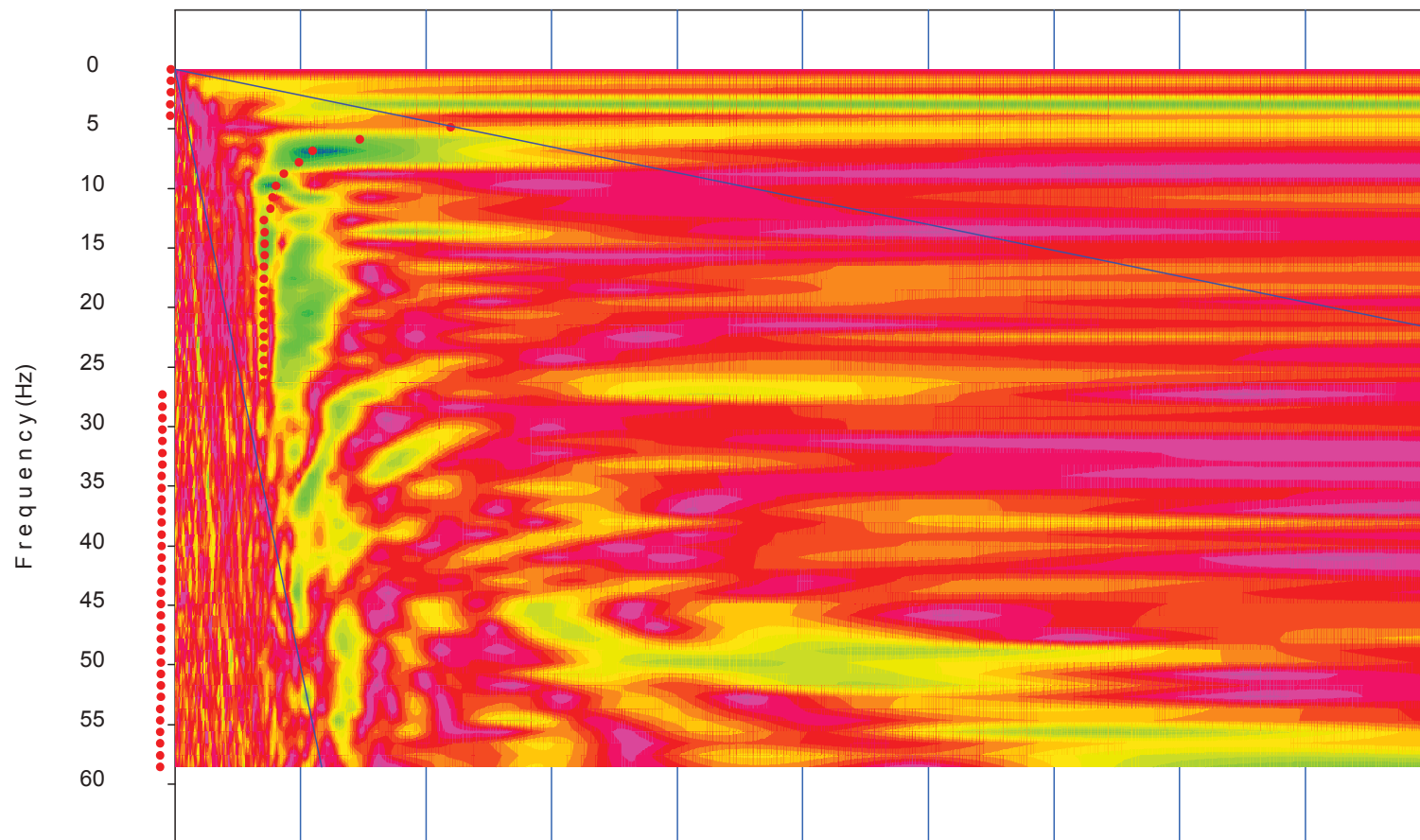
0 200 400 600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000 2200



Source= 54.0m

Phase velocity (m/sec)

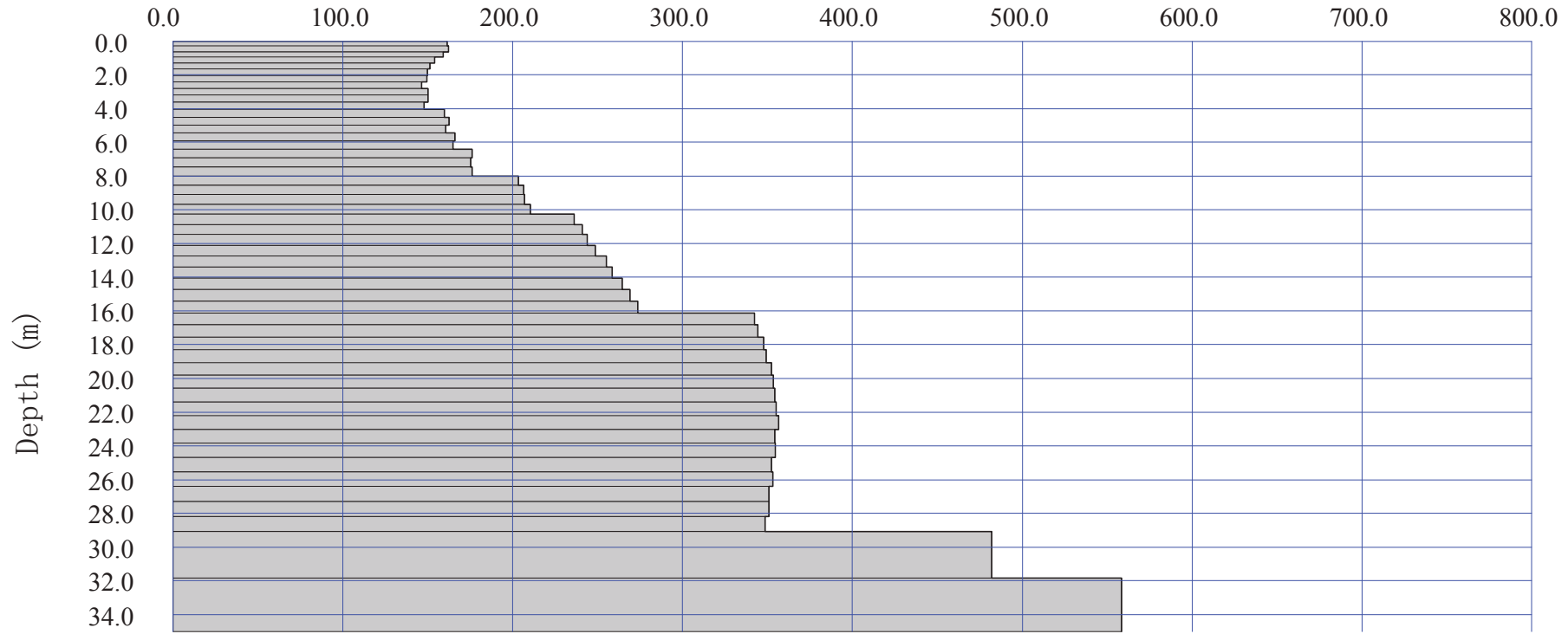
0 200 400 600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000



Dispersion curve : 2013-01-07_08-51-15_01000_00200_024_Interl_SEG2.dat

1D MASW analysis

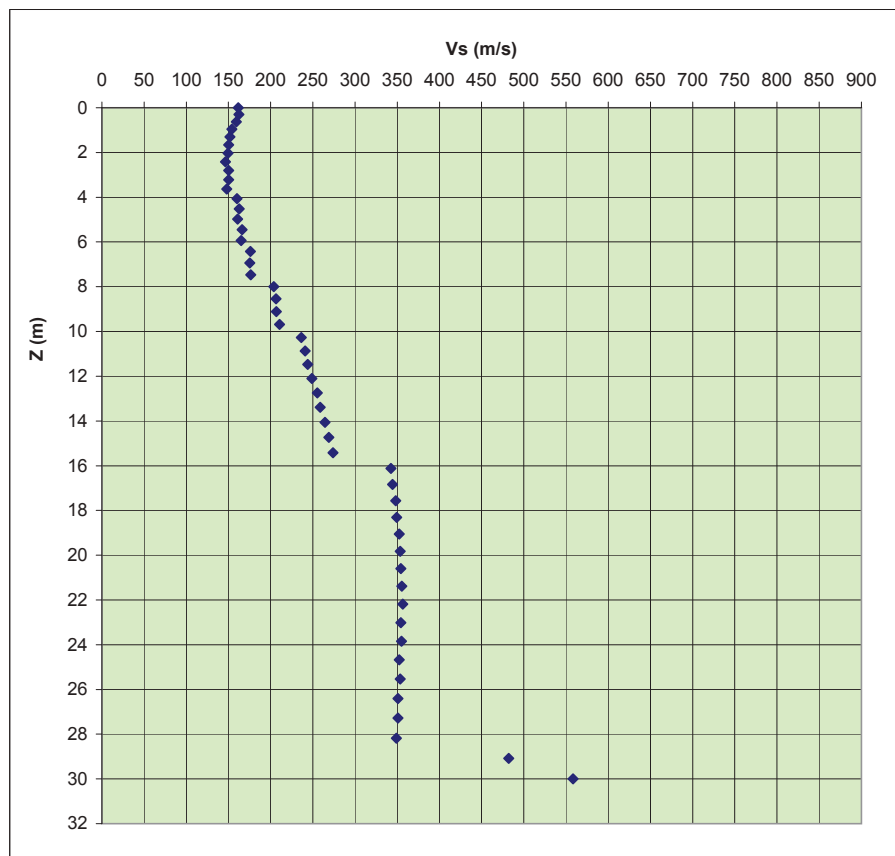
S-velocity (m/s)



S-velocity model : 2013-01-07_08-51-15_01000_00200_024_Interl_SEG2.dat

Depth(m)	S-velocity(m/s)	hi (m)	hi/Vi _s
0	161.637624		
0.306122	162.360863	0.306122	0.001885
0.625	159.118527	0.318878	0.002004
0.956633	154.154518	0.331633	0.002151
1.301021	151.545954	0.344388	0.002272
1.658163	150.015253	0.357142	0.002381
2.028061	149.47801	0.369898	0.002475
2.410714	146.562627	0.382653	0.002611
2.806122	150.199631	0.395408	0.002633
3.214286	150.261337	0.408164	0.002716
3.635204	147.823462	0.420918	0.002847
4.068878	160.045975	0.433674	0.00271
4.515306	162.675881	0.446428	0.002744
4.97449	160.79241	0.459184	0.002856
5.446428	166.099447	0.471938	0.002841
5.931122	164.806011	0.484694	0.002941
6.428571	176.157052	0.497449	0.002824
6.938776	175.18518	0.510205	0.002912
7.461735	176.307188	0.522959	0.002966
7.997449	203.520356	0.535714	0.002632
8.545918	206.508926	0.548469	0.002656
9.107143	206.83148	0.561225	0.002713
9.681122	210.565302	0.573979	0.002726
10.267857	236.220294	0.586735	0.002484
10.867347	240.971059	0.59949	0.002488
11.479592	243.858276	0.612245	0.002511
12.104592	248.818749	0.625	0.002512
12.742347	255.206698	0.637755	0.002499
13.392857	258.725127	0.65051	0.002514
14.056123	264.327513	0.663266	0.002509
14.732143	268.9079	0.67602	0.002514
15.420918	273.910522	0.688775	0.002515
16.122449	342.515658	0.701531	0.002048
16.836734	344.400293	0.714285	0.002074
17.563775	347.989479	0.727041	0.002089
18.303571	349.433721	0.739796	0.002117
19.056123	352.495234	0.752552	0.002135
19.82143	353.398364	0.765307	0.002166
20.59949	354.21833	0.77806	0.002197
21.390306	355.226089	0.790816	0.002226
22.193877	356.502124	0.803571	0.002254
23.010204	354.367937	0.816327	0.002304
23.839286	354.862267	0.829082	0.002336
24.681123	352.33344	0.841837	0.002389
25.535716	353.341199	0.854593	0.002419
26.403062	350.705446	0.867346	0.002473
27.283164	350.885467	0.880102	0.002508
28.176021	348.763143	0.892857	0.00256
29.081633	482.233615	0.905612	0.001878
30	558.322014	0.918367	0.001645
Somma		30	0.119861

Vs30 (SHOT 2)= 250.2899



INTERPRETAZIONE ED ANALISI DEI DATI

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel cap. 7.11.3 delle Norme Tecniche.

Tuttavia considerando la natura dei terreni d'indagine e l'assenza del bed-rock sismico ($V_S > 800$ m/s) a profondità inferiori a 30 m, per la definizione dell'azione sismica si è scelto di fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

Alla luce di quanto detto, l'indagine eseguita, considerando la sismostratigrafia fino alla profondità di 30,00m, ha fornito dei risultati che permettono di collocare i terreni oggetto d'indagine in categoria C del D.M. 14 gennaio 2008 (Tab. 1; Tab. 2).

Infatti applicando la formula:

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

dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30m di profondità, si ottengono le seguenti V_{s30} rispettivamente per lo Shot n° 1 e per lo shot n° 2 e, considerando un'incertezza di misura dell'ordine del 20% (Mulargia & Castellaro, 2009, Seism. Res. Lett., 80, 958, 989), il sito in esame ricade in **categoria C**:

$V_{s30} 1 = 245.63 \pm 49.126$ m/s da cui si ottiene per difetto **$V_{s30} 1 = 196.504$ m/s;**

$V_{s30} 2 = 250.29 \pm 50.058$ m/s da cui si ottiene per difetto **$V_{s30} 2 = 200.232$ m/s;**

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 3.00m.
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 30m, 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 $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fine).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30m, 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 $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fine).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessori non superiori a 20 m</i> , posti su substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s).

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiore a 100 m/s (ovvero $1 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3m 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.

Tab. 1 – Categorie Suolo di fondazione (D.M. 14 gennaio 2008)

Prospezione sismica	V_{s30} (m/s)	Categoria Suolo di Fondazione (D.M. 14 gennaio 2008)
MASW	180 - 360	C

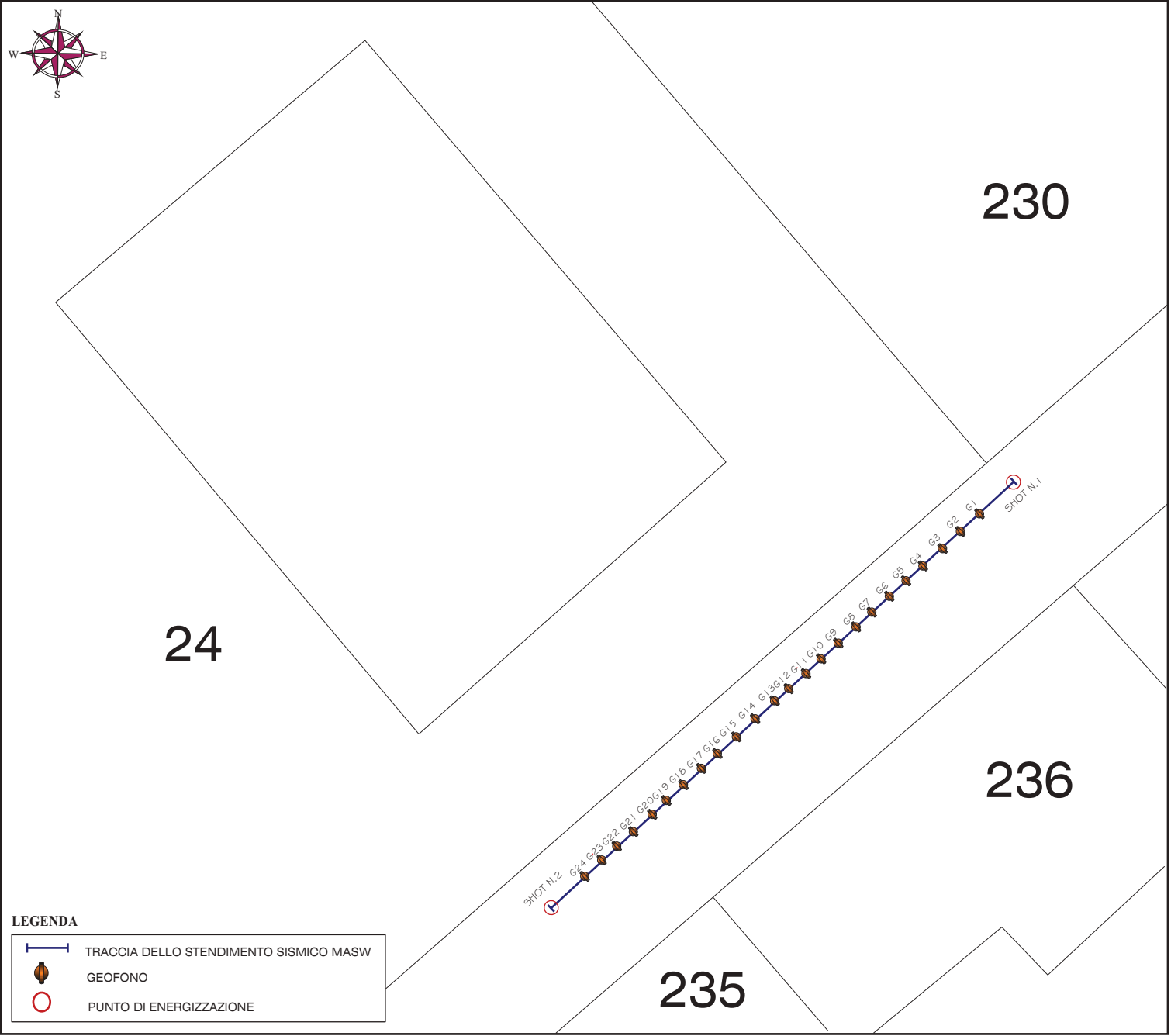
Tab. 2 – Categorie Suolo di fondazione ottenuta dalla prospezione sismica MASW effettuata.

DOTT. GEOLOGO DIEGO ALBINI



ALLEGATI

PLANIMETRIA DELL'AREA IN ESAME CON UBICAZIONE INDAGINE SISMICA MASW - SCALA 1:500



REGIONE UMBRIA
COMUNE DI ASSISI
Provincia di Perugia

REALIZZAZIONE DI IMPIANTO TECNICO CONSISTENTE NELLA INSTALLAZIONE
DI UN SERBATOIO CRIOGENICO PER STOCCAGGIO AZOTO LIQUIDO E
OPERE ACCESSORIE

**RAPPORTO DI INDAGINI GEOGNOSTICHE
E GEOFISICHE**



Piazza Martiri della Libertà 14
06023 Gualdo Tadino (PG)
Tel. 075.9142348 - Mob. 3477334566
email: info@geosurveys.it
sito internet: www.geosurveys.it
P.IVA 03524370545

Committente:

F.LLI FRAGOLA S.P.A.

Il Direttore Tecnico:

Dott. Geol. Diego Albini

GEO-SURVEYS srl
P.zza Martiri Della Libertà, 14
06023 Gualdo Tadino (PG)
Partita IVA: 03524370545

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE

2. RELAZIONE SULLA PROSPEZIONE SISMICA MASW

2.1 DESCRIZIONE GENERALE DEL METODO

2.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

2.3 INDAGINE ESEGUITA: METODOLOGIA ED ACQUISIZIONE DATI

2.4 ELABORAZIONE DATI

2.5 ANALISI DEI DATI AI FINI SISMICI

3. PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT

4. BIBLIOGRAFIA

5. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

1. INTRODUZIONE

Il presente rapporto tecnico riferisce una descrizione dettagliata sulla metodologia di acquisizione, sulla strumentazione utilizzata, sulle tecniche e modalità di inversione/interpretazione, con particolare attenzione sui risultati della campagna di indagine geognostica e geofisica eseguita sui terreni di fondazione del sito progettuale, sito nel territorio comunale di Assisi (PG).

Le indagini e le prove sono state condotte in ottemperanza alle prescrizioni contenute nelle *Linee Guida sulla Modalità di indagine sulle strutture e sui terreni per i progetti di riparazione, miglioramento e ricostruzione di edifici inagibili* (Dipartimento della Protezione Civile, ReLUIS, A.G.I., A.L.G.I., A.L.I.G.) e nelle *Raccomandazioni A.G.I./1977*.

Il piano di indagine ha previsto:

- N. 1 stendimento sismico M.A.S.W.;
- N. 1 prova penetrometrica dinamica SCPT.

Le diverse indagini sono state disposte in modo tale da avere il maggior numero possibile di informazioni nelle vicinanze più prossime al sito progettuale.

Lo scopo delle indagini geofisiche è la caratterizzazione dinamica del sottosuolo nelle prime decine di metri di profondità, con l'individuazione delle principali unità sismostratigrafiche e delle relative proprietà meccaniche ed elastiche, quali la velocità delle onde trasversali S (V_s) ed i relativi parametri elastici (E , G , K e ν). Sulla base dei valori delle onde di taglio (V_s) e del modulo di taglio (G) è possibile valutare la rigidezza del suolo ed eseguire le conseguenti valutazioni sul comportamento del sottosuolo ai fini sismici. Lo scopo dell'indagine penetrometrica è, invece, quello di caratterizzare dal punto di vista geotecnico, il volume significativo dei terreni interessati dalle strutture fondali delle opere oggetto di studio.

L'ubicazione delle indagini eseguite è riportata nella planimetria in Figura 1.

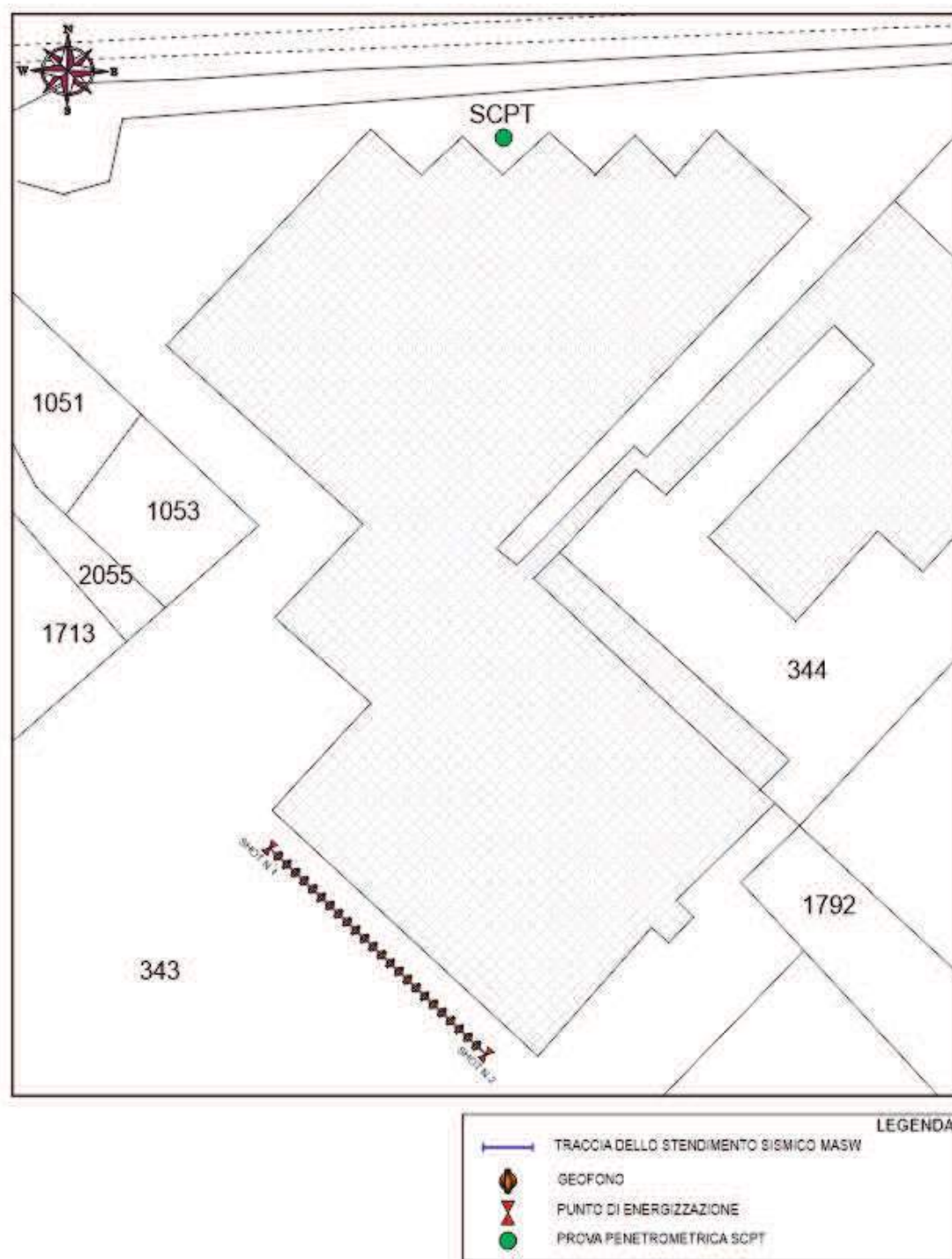


Figura 1. Ubicazione planimetrica delle indagini.

2. RELAZIONE SULLA PROSPEZIONE SISMICA MASW

2.1 DESCRIZIONE GENERALE DEL METODO

La tecnica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) è un'efficiente ed accreditata metodologia sismica utilizzata nella valutazione del profilo verticale delle velocità delle onde di taglio (V_s) nei primi metri del terreno. Attualmente, grazie alla rapidità della procedura di analisi, è il metodo più largamente utilizzato nel calcolo delle V_{seq} , secondo le indicazioni riportate nelle NTC2018 e successive modifiche ed integrazioni. Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale (Park et al., 1999). Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione, sono registrate lungo lo stendimento di geofoni e sono poi analizzate attraverso complesse tecniche computazionali, simili alla tecnica S.A.S.W., basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza (lunghezza d'onda corta) si propagano negli strati più superficiali e, quindi, forniscono informazioni più superficiali, mentre onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi.

La metodologia, per la realizzazione di un'indagine sismica MASW, prevede quattro passi fondamentali:

1. Ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici (Figura 2), generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni che viene spostato lungo la linea dello stendimento stesso dopo ogni acquisizione;
2. Estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione);
3. Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle V_s (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);
4. Ricostruzione di una sezione (modello 1D) delle V_s dei terreni con approccio multicanale (con almeno due acquisizioni dei segnali, ovvero uno spostamento lungo la linea dello stendimento).

Quando sono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra (circolare), vengono originate sia onde di volume (P ed S), che onde di superficie (Rayleigh e Love), le quali si propagano in tutte le direzioni.

Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, canali sotterranei, trovanti lapidei, ecc.) e diventano rumore. Inoltre, sono spesso rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività antropica.

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW risiede nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh, evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni.

L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali.

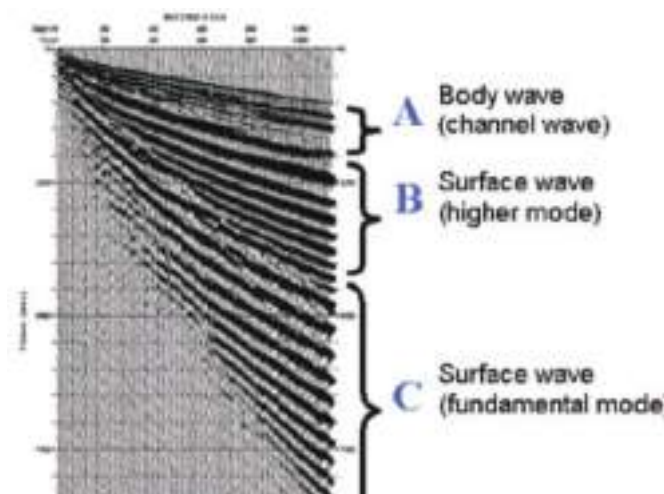


Figura 2. Segnali sismici con acquisizione multicanale e riconoscimento delle varie fasi sismiche (onde di volume, modo fondamentale e modi superiori delle onde superficiali).

Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti in un'immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni (Figura 3).

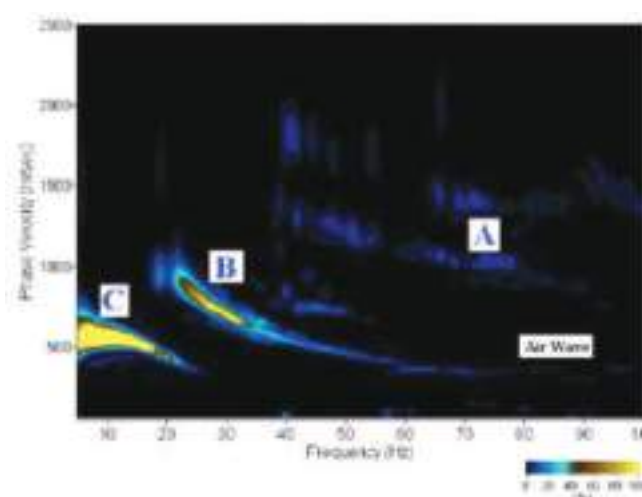


Figura 3. Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh relativa ai segnali sismici con acquisizione multicanale: C, il picco energetico rappresenta, nel modello della dispersione, il modo fondamentale da estrarre; B, il picco energetico rappresenta il primo modo; A, picco energetico poco evidente, rappresenterebbe il secondo modo.

Il modo fondamentale (proprietà della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico. Tutte le altre onde (riflesse, disperse, modi superiori delle onde superficiali, rumore ambientale) vengono rimosse durante il processo di elaborazione.

2.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'attrezzatura e la strumentazione utilizzata è costituita da:

- un sistema di energizzazione: la sorgente è costituita da una mazza del peso di 8 Kg battente verticalmente su piastra circolare in plexiglass del diametro di 25 cm adagiata opportunamente sul p.c. per la generazione prevalentemente di onde P e secondariamente di onde SH, in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali;
- un sistema di ricezione: costituito da 24 geofoni verticali monocomponente di tipo elettromagnetico a bobina mobile e a massa sospesa (peso della massa 12.2gr) con frequenza propria di 4.5 Hz, ovvero dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche prodotte da una specifica sorgente;
- un sistema di acquisizione dati: nel nostro caso è stata utilizzata una strumentazione con memoria dinamica a 24 bit, 24 canali, cavo sismico di 120 m, notebook PC Windows 10 con software DoReMi; il sistema è in grado di convertire in digitale e registrare su memoria il segnale proveniente da ciascun canale del sistema di ricezione; la conversione A/D avviene già dal primo metro di cavo: è possibile, pertanto, eliminare molte fonti di disturbo dovute al trasferimento del segnale lungo centinaia metri di cavo sismico;
- un sistema di trigger: necessario per individuare l'inizio della registrazione (metodologie attive), consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la massa battente colpisce la base di battuta (piastra), consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre 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 fissare l'inizio della registrazione (tempo zero di riferimento per il calcolo dei tempi di percorso delle onde generate).

2.3 INDAGINE ESEGUITA: METODOLOGIA ED ACQUISIZIONE DATI

Per valutare la validità delle ipotesi di monodimensionalità (strati piani e paralleli) sono state eseguite acquisizioni coniugate: le curve di dispersione sperimentale ottenute dalle diverse acquisizioni hanno mostrato una buona stabilità e, quindi, il modello 1D medio ottenuto risulta affidabile.

La lunghezza complessiva della linea sismica è stata sufficiente a determinare la sismostratigrafia dei terreni, risultando soddisfacente per una caratterizzazione geometrica e geotecnica del sottosuolo e per la valutazione del parametro V_{seq} , come da normativa.

In seguito, si riporta una sintesi della geometria dello stendimento sismico MASW utilizzato.

GEOMETRIA STENDIMENTO “MASW 50”

La prospezione sismica “MASW 50” presenta, invece, la seguente configurazione spazio-temporale:

LUNGHEZZA DELLO STENDIMENTO GEOFONICO (L):	50.00 m;
N. GEOFONI:	24 (Geospace) da 4.5 Hz;
DISTANZA INTERGEOFONICA (d _i):	2.00 m;
OFFSET SORGENTI (d):	2.00 m, 4.00 m, 6.00 m;
N. PUNTI DI ENERGIZZAZIONE PER ESTREMO:	3;
DURATA ACQUISIZIONE:	2000 ms;
INTERVALLO DI CAMPIONAMENTO:	1 ms;
MASSIMA FREQUENZA CAMPIONABILE:	1000 Hz.

2.4 ELABORAZIONE DATI

L'elaborazione è stata eseguita tramite il software SeisImager/2DTM/SW (Surface Wave Analysis Wizard) della OYO/Geometrics.

Le onde sismiche superficiali non evidenziano elevati contrasti di velocità. Infatti, si verifica un aumento graduale delle velocità con la profondità (gradiente di velocità) delle onde S, le quali non individuano un bedrock sismico di riferimento ($V_s > 800$ m/s) prima dei 30 m dal p.c.

Gli elaborati che si riferiscono alla prova effettuata sono di seguito riportati.

STENDIMENTO SISMICO “MASW 50”

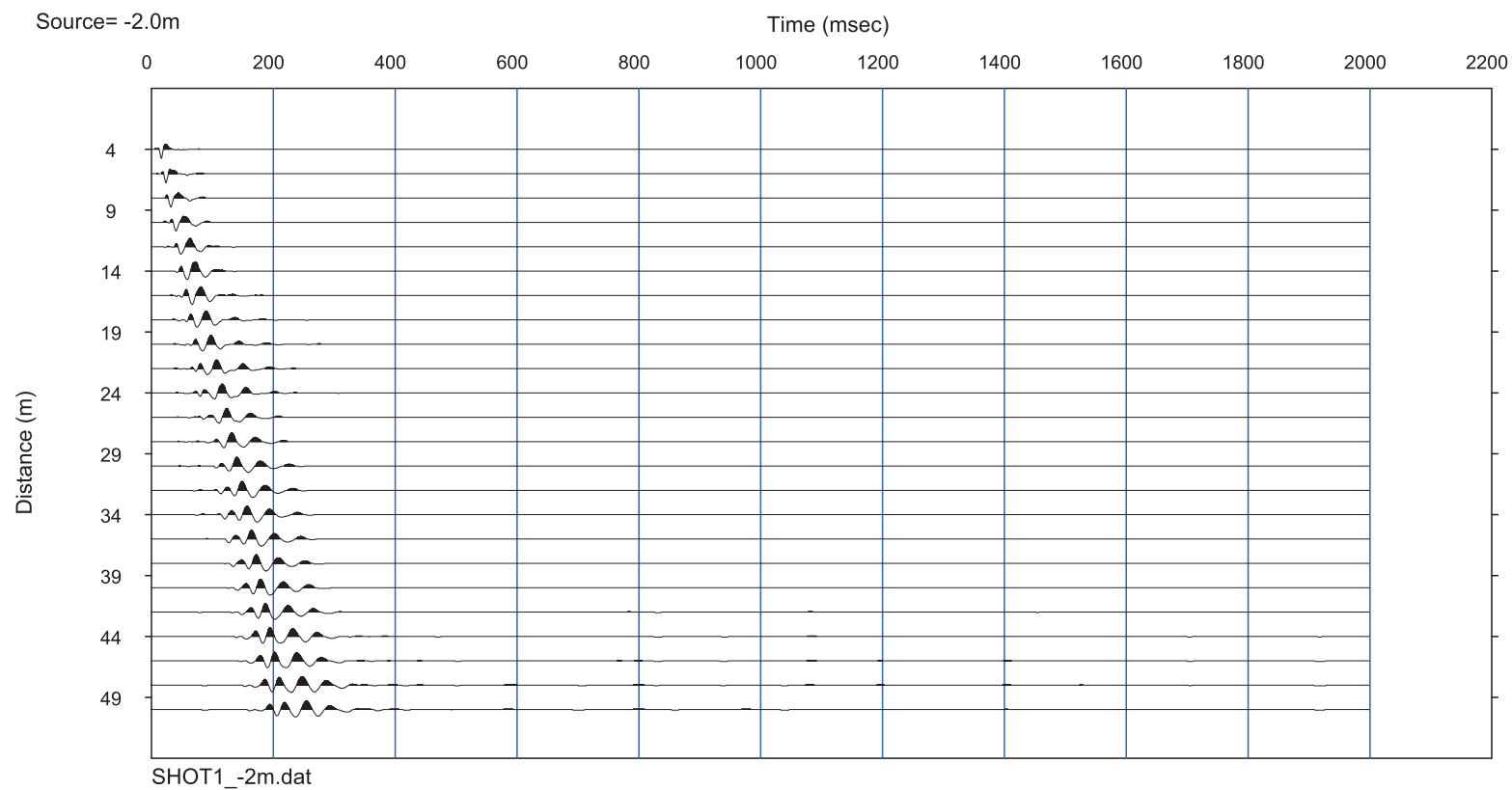
COMUNE: Assisi (PG) Fraz. S. Maria degli Angeli
INDAGINE: Stendimento sismico 24 ch

COMMITTENTE: F.lli Fragola s.p.a.
DATA ESECUZIONE INDAGINE: 16-01-2020

SISMOGRAMMA - Shot 1

Battuta: Andata

Distanza : -2 m



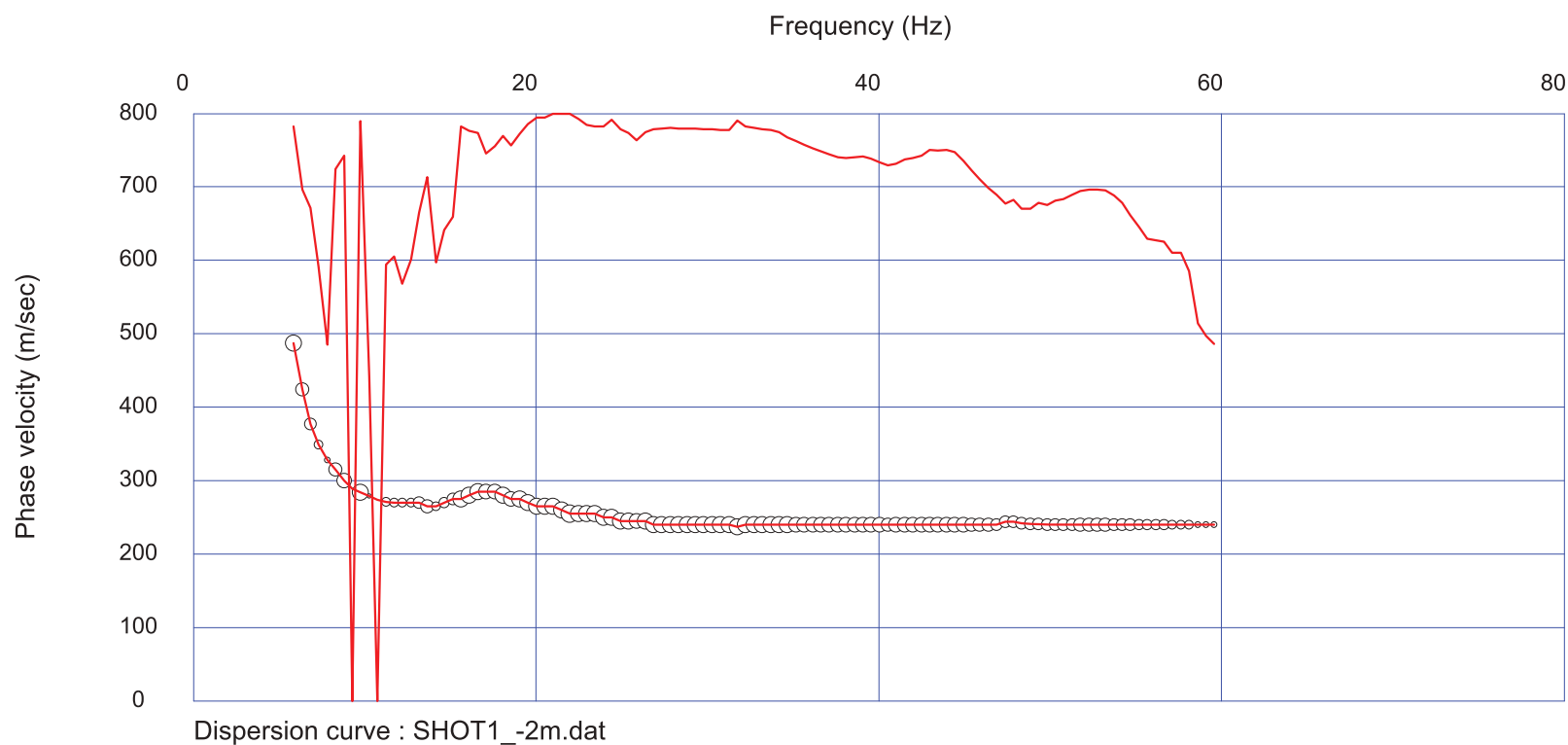
Strumentazione utilizzata: **Sismografo multicanale DoReMi 24 ch**

COMUNE: Assisi (PG) Fraz. S. Maria degli Angeli
INDAGINE: Stendimento sismico 24 ch

COMMITTENTE: F.lli Fragola s.p.a.
DATA ESECUZIONE INDAGINE: 16-01-2020

CURVA DI DISPERSIONE APPARENTE NUMERICA CON MODI TEORICI DI RAYLEIGHT - Shot 1

1D Surface wave analysis (0)

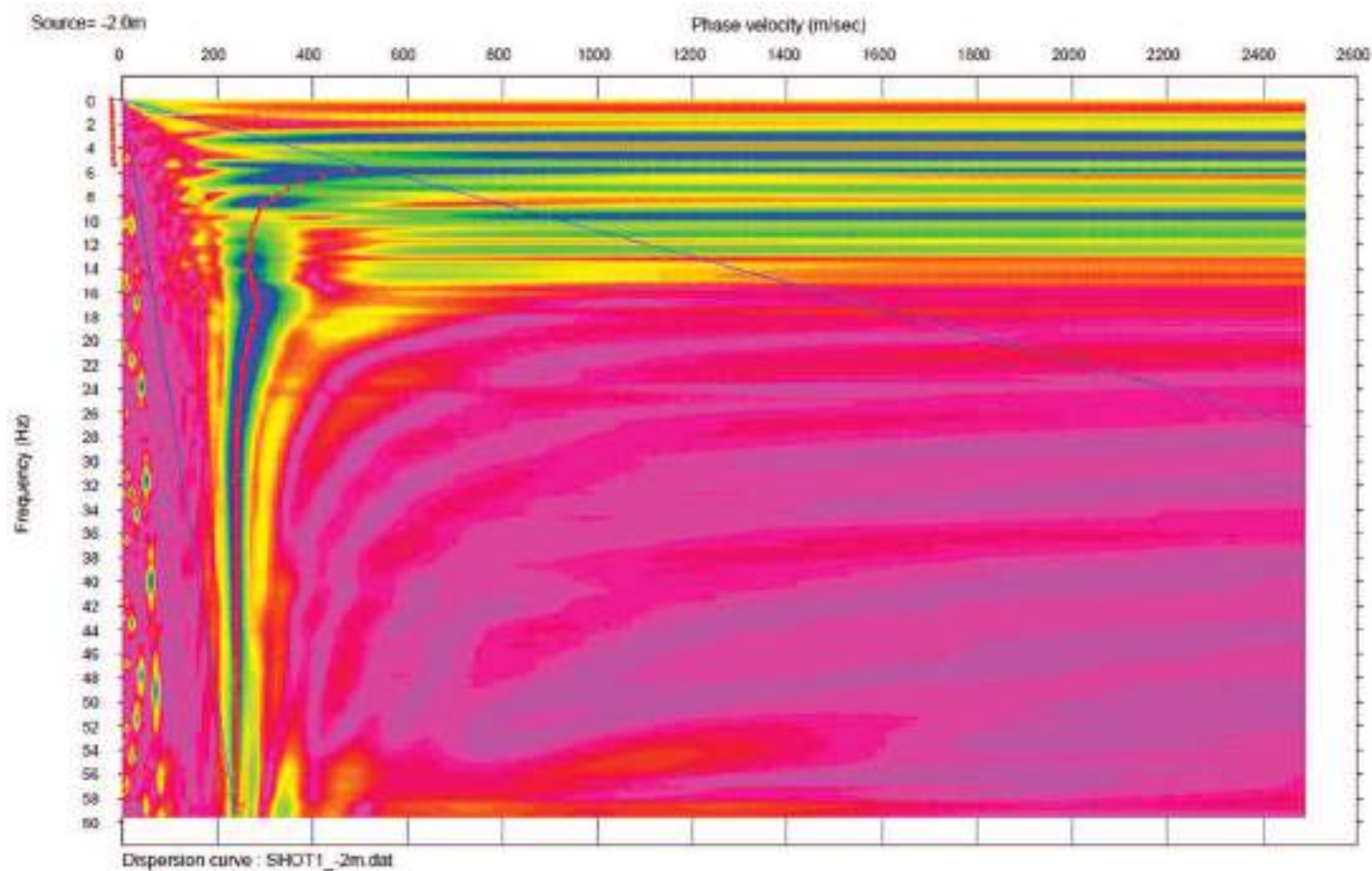


Strumentazione utilizzata: **Sismografo multicanale DoReMi 24 ch**

COMUNE: Assisi (PG) Fraz. S. Maria degli Angeli
INDAGINE: Stendimento sismico 24 ch

COMMITTENTE: F.lli Fragola s.p.a.
DATA ESECUZIONE INDAGINE: 16-01-2020

CURVA DI DISPERSIONE DELLA VELOCITA' DI FASE - Shot 1



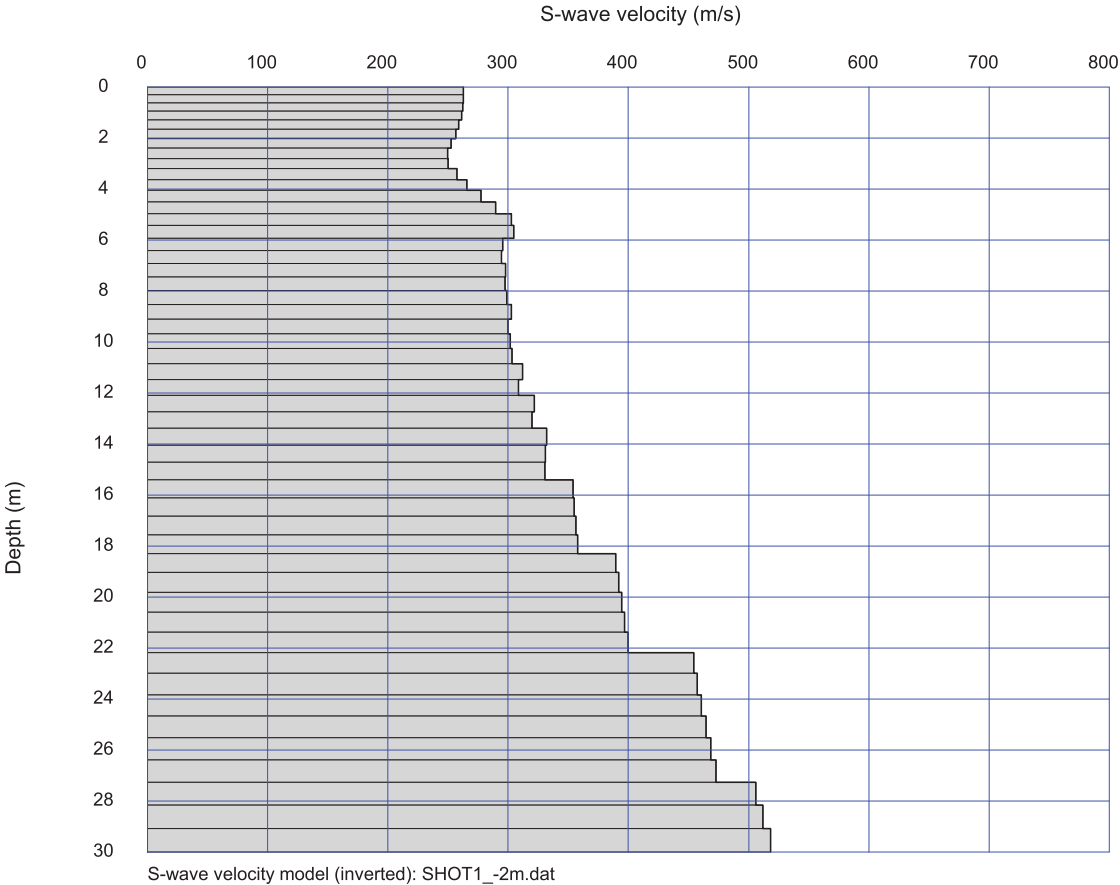
Strumentazione utilizzata: **Sismografo multicanale DoReMi 24 ch**

COMUNE: Assisi (PG) Fraz. S. Maria degli Angeli
INDAGINE: Stendimento sismico 24 ch

COMMITTENTE: F.lli Fragola s.p.a.
DATA ESECUZIONE INDAGINE: 16-01-2020

PROFILO DI VELOCITA' - Shot 1

1D Surface wave analysis (3)



Strumentazione utilizzata: **Sismografo multicanale DoReMi 24 ch**

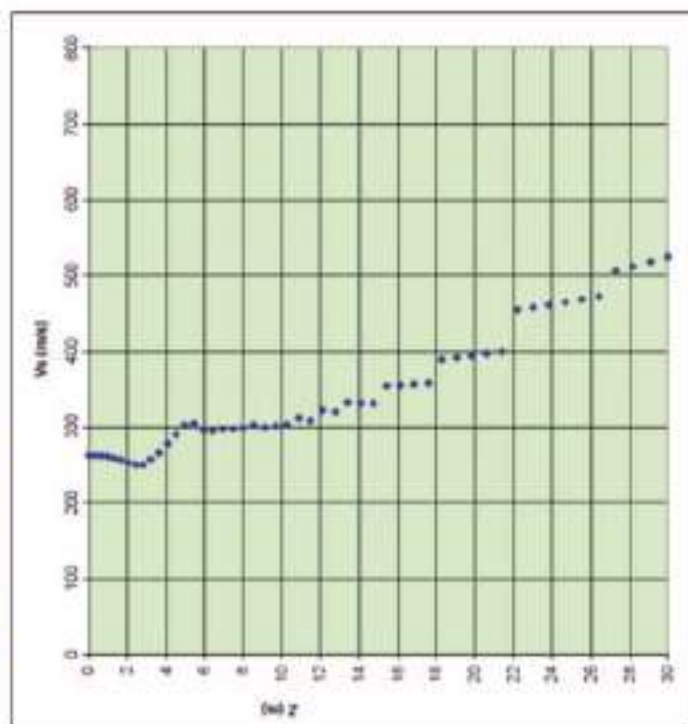
COMUNE: Assisi (PG) Fraz. S. Maria degli Angeli
INDAGINE: Stendimento sismico 24 ch

COMMITTENTE: F.lli Fragola s.p.a.
DATA ESECUZIONE INDAGINE: 16-01-2020

CALCOLO VSeq - Shot 1

Depth(m)	Seismicity(m/s)	ht (m)	to/Vs
0.000	262.633	0.308122	0.001185
0.308	262.864	0.311876	0.001214
0.625	262.599	0.321633	0.001268
0.937	261.437	0.344387	0.001328
1.201	259.207	0.357143	0.001391
1.658	246.689	0.369388	0.001463
2.038	252.816	0.382653	0.001531
2.411	249.912	0.395408	0.001591
2.800	250.026	0.408164	0.001668
3.214	257.385	0.420918	0.001762
3.635	268.079	0.433674	0.001841
4.069	277.753	0.446429	0.001922
4.515	289.741	0.459184	0.001958
4.974	303.897	0.471938	0.001962
5.448	324.753	0.484694	0.001972
5.931	295.339	0.497449	0.001972
6.429	254.485	0.510205	0.001972
6.939	297.982	0.522959	0.001972
7.463	297.465	0.535714	0.001972
7.997	299.010	0.548468	0.001972
8.546	302.913	0.561225	0.001972
9.107	299.934	0.573979	0.001972
9.681	301.732	0.586735	0.001972
10.268	303.459	0.599489	0.001972
10.867	312.026	0.612245	0.001972
11.480	308.864	0.625	0.001972
12.105	322.113	0.637755	0.001972
12.742	319.658	0.650501	0.001972
13.393	321.884	0.663246	0.001972
14.056	330.868	0.676002	0.001972
14.732	330.535	0.688758	0.001972
15.421	344.276	0.701511	0.001972
16.122	365.052	0.714265	0.001972
16.837	396.308	0.727019	0.001972
17.564	359.660	0.739774	0.001972
18.304	389.639	0.752528	0.001972
19.056	381.878	0.765282	0.001972
19.821	394.381	0.778036	0.001972
20.599	397.083	0.790791	0.001972
21.390	399.816	0.803545	0.001972
22.194	454.380	0.816299	0.001972
23.010	457.586	0.829053	0.001972
23.839	460.954	0.841807	0.001972
24.681	464.555	0.854561	0.001972
25.536	468.593	0.867315	0.001972
26.403	472.806	0.880069	0.001972
27.283	458.144	0.892823	0.001972
28.176	511.746	0.905577	0.001972
29.082	518.124	0.918331	0.001972
30.000	525.087	0.931085	0.001972
Somma		30	0.001972

Vs (m/s) (Shot 1) = 360.15



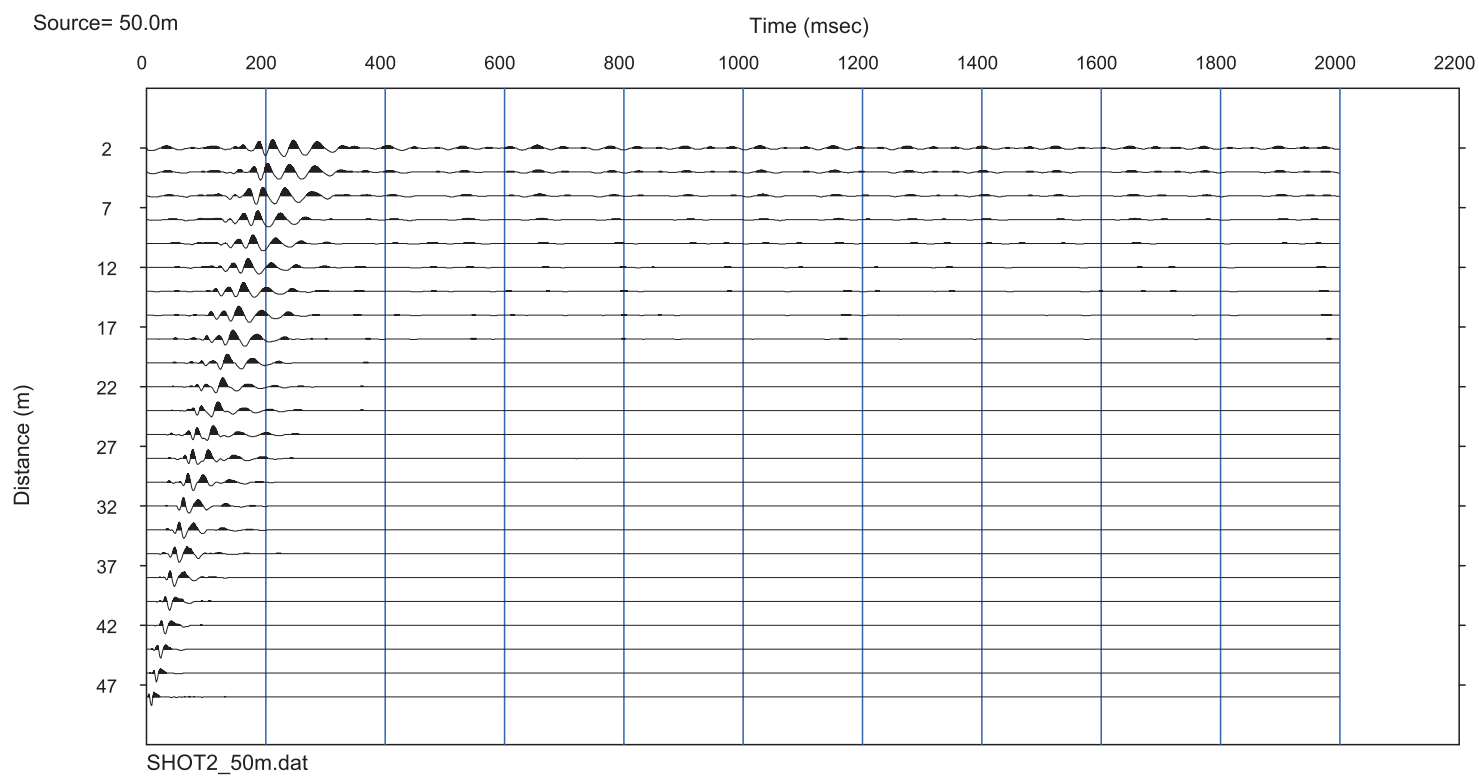
COMUNE: Assisi (PG) Fraz. S. Maria degli Angeli
INDAGINE: Stendimento sismico 24 ch

COMMITTENTE: F.lli Fragola s.p.a.
DATA ESECUZIONE INDAGINE: 16-01-2020

SISMOGRAMMA - Shot 2

Battuta: Ritorno

Distanza : 50 m



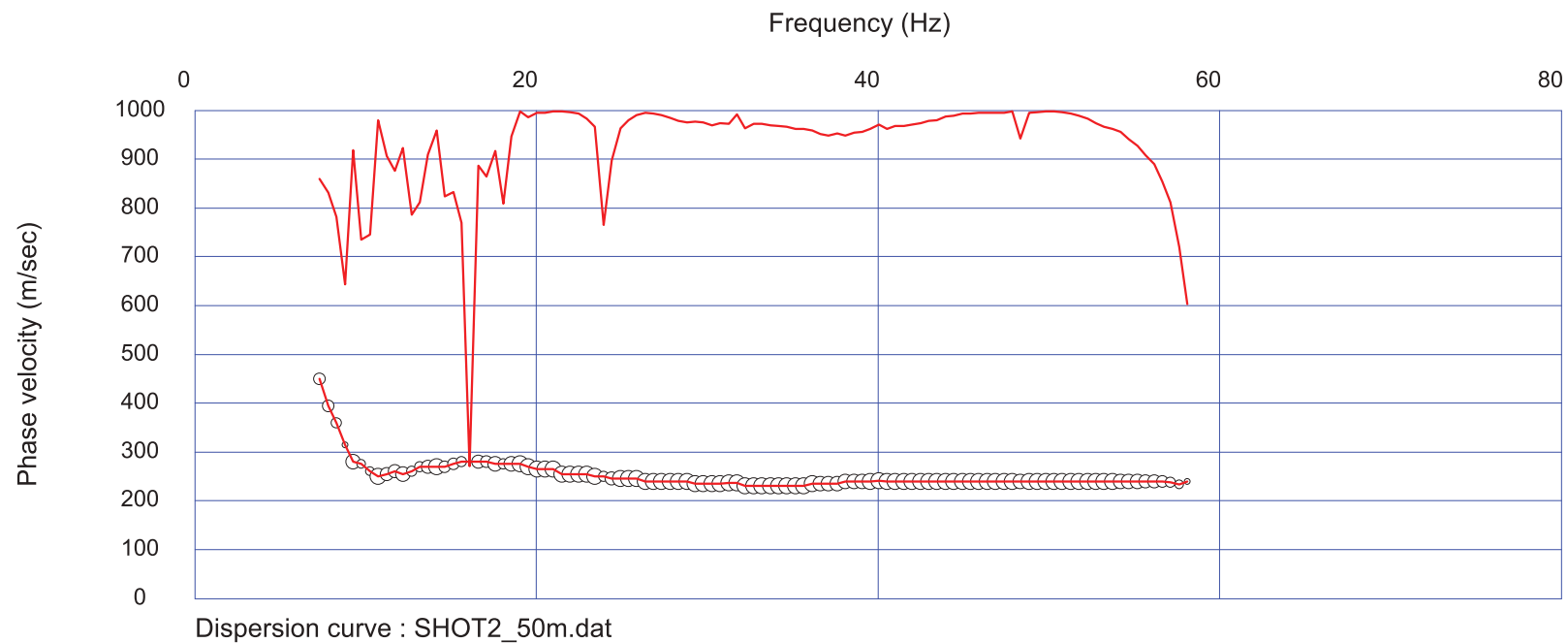
Strumentazione utilizzata: **Sismografo multicanale DoReMi 24 ch**

COMUNE: Assisi (PG) Fraz. S. Maria degli Angeli
INDAGINE: Stendimento sismico 24 ch

COMMITTENTE: F.lli Fragola s.p.a.
DATA ESECUZIONE INDAGINE: 16-01-2020

CURVA DI DISPERSIONE APPARENTE NUMERICA CON MODI TEORICI DI RAYLEIGHT - Shot 2

1D Surface wave analysis (0)

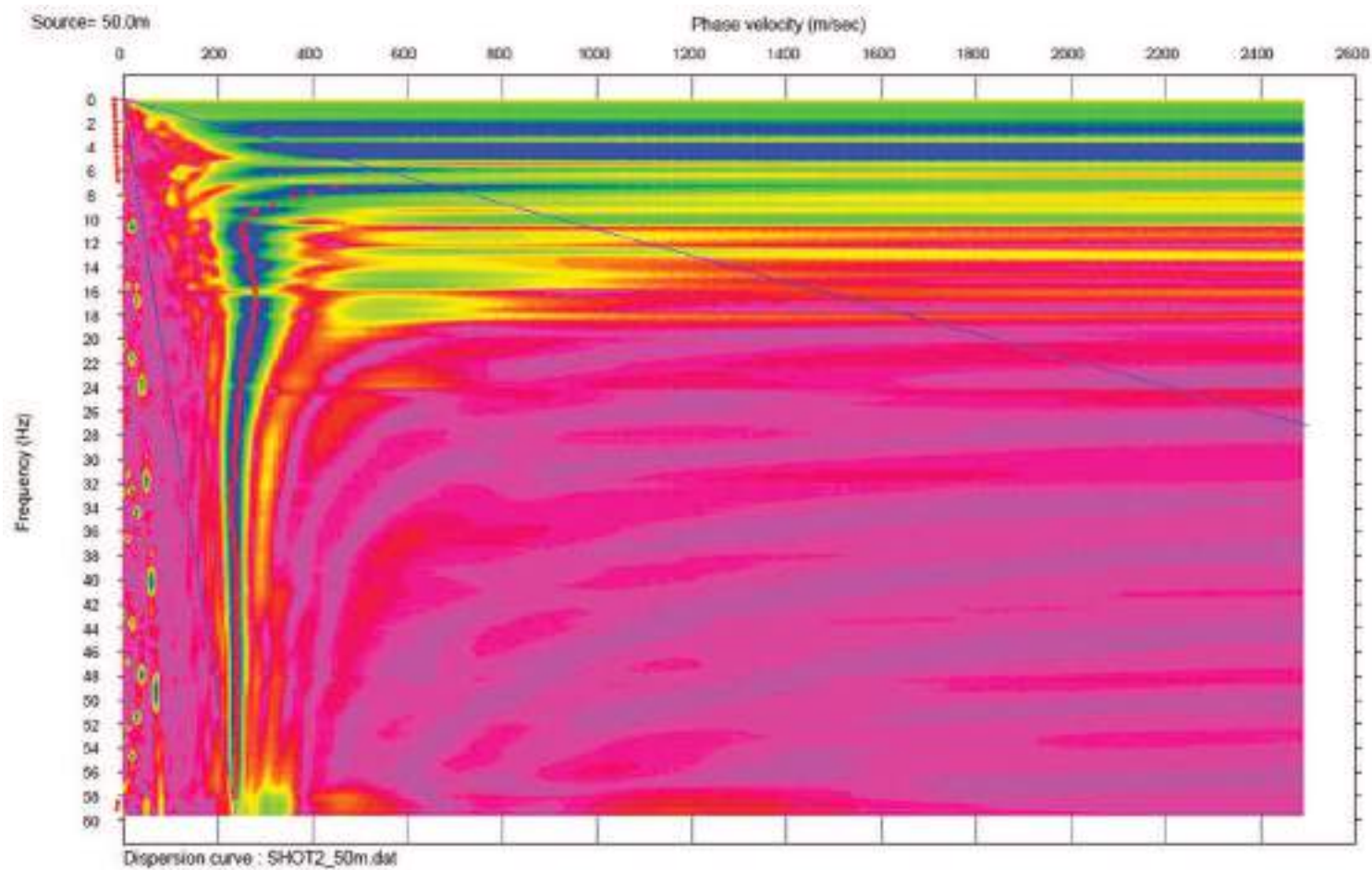


Strumentazione utilizzata: **Sismografo multicanale DoReMi 24 ch**

COMUNE: Assisi (PG) Fraz. S. Maria degli Angeli
INDAGINE: Stendimento sismico 24 ch

COMMITTENTE: F.lli Fragola s.p.a.
DATA ESECUZIONE INDAGINE: 16-01-2020

CURVA DI DISPERSIONE DELLA VELOCITA' DI FASE - Shot 2



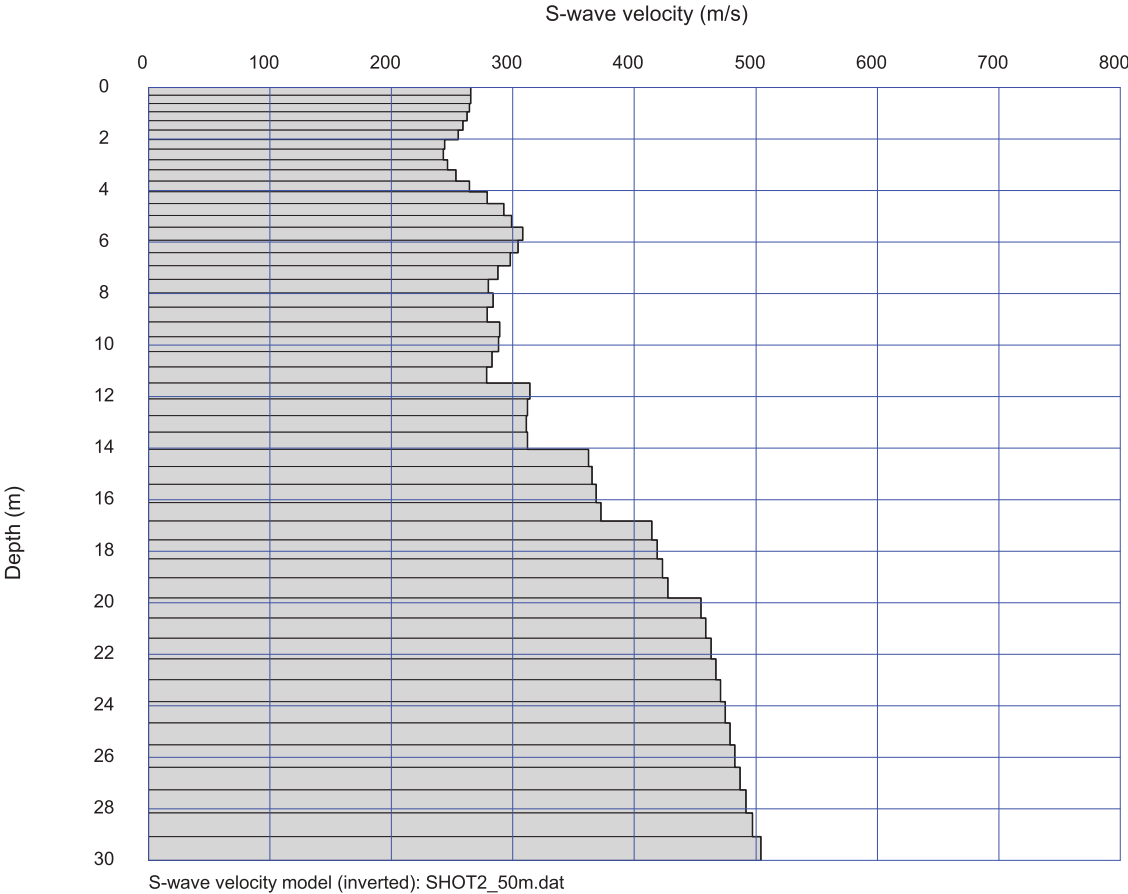
Strumentazione utilizzata: **Sismografo multicanale DoReMi 24 ch**

COMUNE: Assisi (PG) Fraz. S. Maria degli Angeli
INDAGINE: Stendimento sismico 24 ch

COMMITTENTE: F.lli Fragola s.p.a.
DATA ESECUZIONE INDAGINE: 16-01-2020

PROFILO DI VELOCITA' - Shot 2

1D Surface wave analysis (3)



Strumentazione utilizzata: **Sismografo multicanale DoReMi 24 ch**

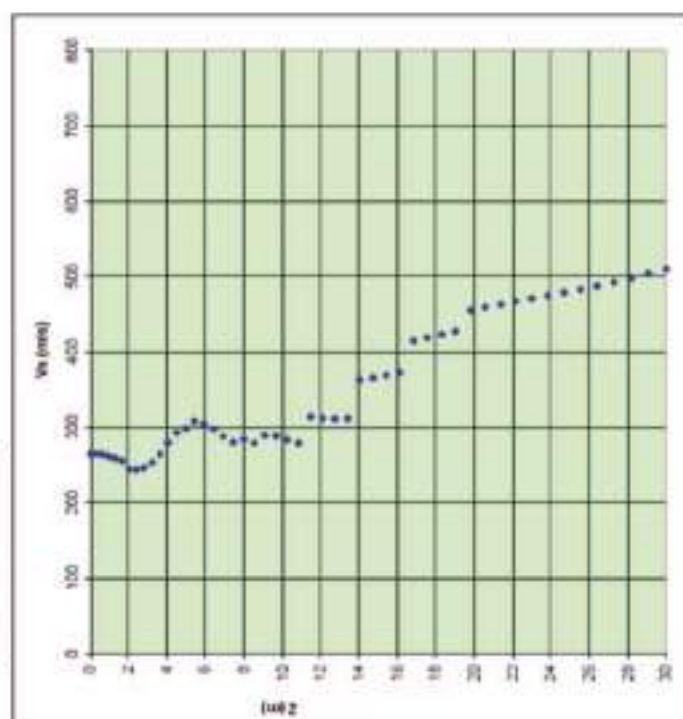
COMUNE: Assisi (PG) Fraz. S. Maria degli Angeli
INDAGINE: Stendimento sismico 24 ch

COMMITTENTE: F.lli Fragola s.p.a.
DATA ESECUZIONE INDAGINE: 16-01-2020

CALCOLO VSeq - Shot 2

Complessivi	\$-velocità (m/s)	Velocità	Velocità
0.000	265.326	0.308122	0.001155
0.308	265.115	0.3116676	0.001206
0.625	264.433	0.311633	0.001265
0.957	262.202	0.344287	0.001329
1.301	259.176	0.357143	0.001395
1.658	255.265	0.369880	0.001517
2.020	243.809	0.383653	0.001574
2.411	243.862	0.395456	0.001626
2.806	246.233	0.407164	0.001611
3.214	253.321	0.420918	0.001562
3.635	264.431	0.433674	0.001554
4.069	279.819	0.446420	0.001526
4.515	292.530	0.459164	0.001507
4.974	306.828	0.471930	0.001451
5.446	309.483	0.484654	0.001392
5.931	304.386	0.497449	0.001369
6.429	299.000	0.510255	0.001174
6.939	297.673	0.522959	0.001658
7.462	279.903	0.535714	0.001666
7.997	264.822	0.548459	0.001927
8.546	278.858	0.561225	0.001954
9.107	269.302	0.573979	0.00199
9.681	268.381	0.586735	0.002072
10.268	263.115	0.59949	0.001611
10.867	278.238	0.612245	0.00195
11.480	313.943	0.625	0.002003
12.105	311.990	0.637755	0.002048
12.742	311.337	0.65051	0.002045
13.393	311.962	0.663266	0.00163
14.056	362.466	0.67602	0.001881
14.732	365.188	0.688775	0.001869
15.421	368.578	0.701531	0.001883
16.122	372.472	0.714285	0.001723
16.837	414.465	0.727041	0.001736
17.564	418.862	0.739796	0.001747
18.304	423.340	0.752552	0.001759
19.056	427.263	0.765307	0.001883
19.821	454.741	0.77806	0.001895
20.599	459.856	0.790818	0.001708
21.390	463.832	0.803571	0.00172
22.194	467.876	0.816327	0.001733
23.010	470.976	0.829082	0.001746
23.839	474.841	0.841837	0.001758
24.681	478.726	0.854591	0.00177
25.536	482.792	0.867346	0.001710
26.403	487.767	0.880102	0.001759
27.283	492.804	0.892857	0.001756
28.176	497.430	0.905612	0.001757
29.082	503.976	0.918369	0.001801
30.000	509.888	0.931124	0.001801

V_{seq} (m/s) = 364.72



2.5 ANALISI DEI DATI AI FINI SISMICI

Il calcolo delle $V_{s,eq}$ (m/s) per lo Shot n° 1 e per lo Shot n° 2 dell'indagine MASW eseguita, fa riferimento alla seguente equazione:

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

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

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

N numero di strati;

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

Si ottengono le seguenti $V_{s,eq}$ (m/s) per lo Shot n° 1 e per lo Shot n° 2:

"MASW 50"

$$V_{Seq,1} = 350.10 \text{ m/s}$$

$$V_{Seq,2} = 354.72 \text{ m/s}$$

L'incertezza sui valori calcolati di V_{Seq} è dell'ordine del 20% (Mulargia & Castellaro, 2009), pertanto:

$$V_{Seq,1} = 350.10 \text{ m/s} \pm 70.02 \text{ da cui si ottiene per difetto } V_{Seq,1} = 280.08 \text{ m/s}$$

$$V_{Seq,2} = 354.72 \text{ m/s} \pm 70.94 \text{ da cui si ottiene per difetto } V_{Seq,2} = 283.78 \text{ m/s}$$

Febbraio 2020

IL DIRETTORE TECNICO

Dott. Geol. Diego Albini

GEO-SURVEYS srl
P.zza Martiri Della Libertà, 14
06023 Gualdo Tadino (PG)
Partita IVA: 03524370545

3. PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT

PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE

SCHEDA PENETROMETRO

DPSH (S. Heavy)

DPSH (S. Heavy)

Sigla	DPSH	nominativo o sigla dello strumento
Beta eff.	1.80	Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
M(massa)	64 kg	Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
H(maglio)	0.75 m	Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0.01m a 0.02m)
L(aste)	1.00 m	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a 2.00m (toll. da 0.1% a 0.2%)
M(aste)	8.00 kg	Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
M(sistema)	30 kg	Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
A(punta)	20.00 cm²	Area della superficie laterale del cono della punta
Alfa(punta)	90 °	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°
Prf.(1°asta)	0.80 m	Profondità di giunzione della prima asta infissa
N	0.20 m	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi
Rivest.	Sì	Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
ø(punta)	50.50 mm	Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (toll. da 0.3 a 0.5mm)
MaxCE%	50.00 %	Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
L/DM	2.00	Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
D(tb)	100.00 mm	Diametro della testa di battuta.
DEV(a)[<5m]	2.00 °	Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5.00 metri
DEV(a)[>5m]	1.00 °	Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5.00 metri
ECCmax(a)	0.02 mm	Massima eccentricità consentita alle aste
Dest(aste)	32.00 mm	Diametro esterno delle aste (toll. max 0.2mm)
Dint(aste)		Diametro interno delle aste cave (toll. da 0.2mm a 0.3mm)
Dmin(punta)	49.00 mm	Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
hcl(punta)	50.50 mm	Altezza del cilindro alla base del cono della punta (toll. da 1.00mm a 2.00mm)
Ras(punta)	11.00 mm	Rastremazione del cono nella parte alta
Hc(punta)		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (toll. da 0.1mm a 0.4mm)
RangeCP	5 - 100	Massimo numero di colpi utile
Spinta	t	Spinta nominale strumento

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio:

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	1
	riferimento	Fragola
	certificato n°	

Committente: F.lli Fratelli s.p.a.	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 04/02/2020
Cantiere: Realizzazione di un impianto tecnico	Pagina: 1	Data certificato: 04/02/2020
Località: Assisi - fraz. Santa Maria degli Angeli	Elaborato:	Falda: Assente

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²
0.20	1	16		119.18					
0.40	1	27		136.54					
0.60	2	8		40.46					
0.80	2	3		15.17					
1.00	2	3		15.17					
1.20	2	4		20.23					
1.40	2	4		20.23					
1.60	3	4		20.23					
1.80	3	5		25.29					
2.00	3	4		20.23					
2.20	3	6		30.34					
2.40	3	6		30.34					
2.60	4	5		25.29					
2.80	4	6		30.34					
3.00	4	4		20.23					
3.20	4	4		20.23					
3.40	4	4		20.23					
3.60	5	3		15.17					
3.80	5	4		20.23					
4.00	5	4		20.23					
4.20	5	3		15.17					
4.40	5	3		15.17					
4.60	6	3		15.17					
4.80	6	3		15.17					
5.00	6	3		15.17					
5.20	6	4		20.23					
5.40	6	21		106.20					
5.60	7	45		227.57					
5.80	7	46		232.63					
6.00	7	60		303.43					

H = profondità
L1 = prima lettura (colpi punta)
L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

qcd = resistenza dinamica punta
Asta = numero di asta impiegata

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio:

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

DIN**1**

riferimento

Fragola

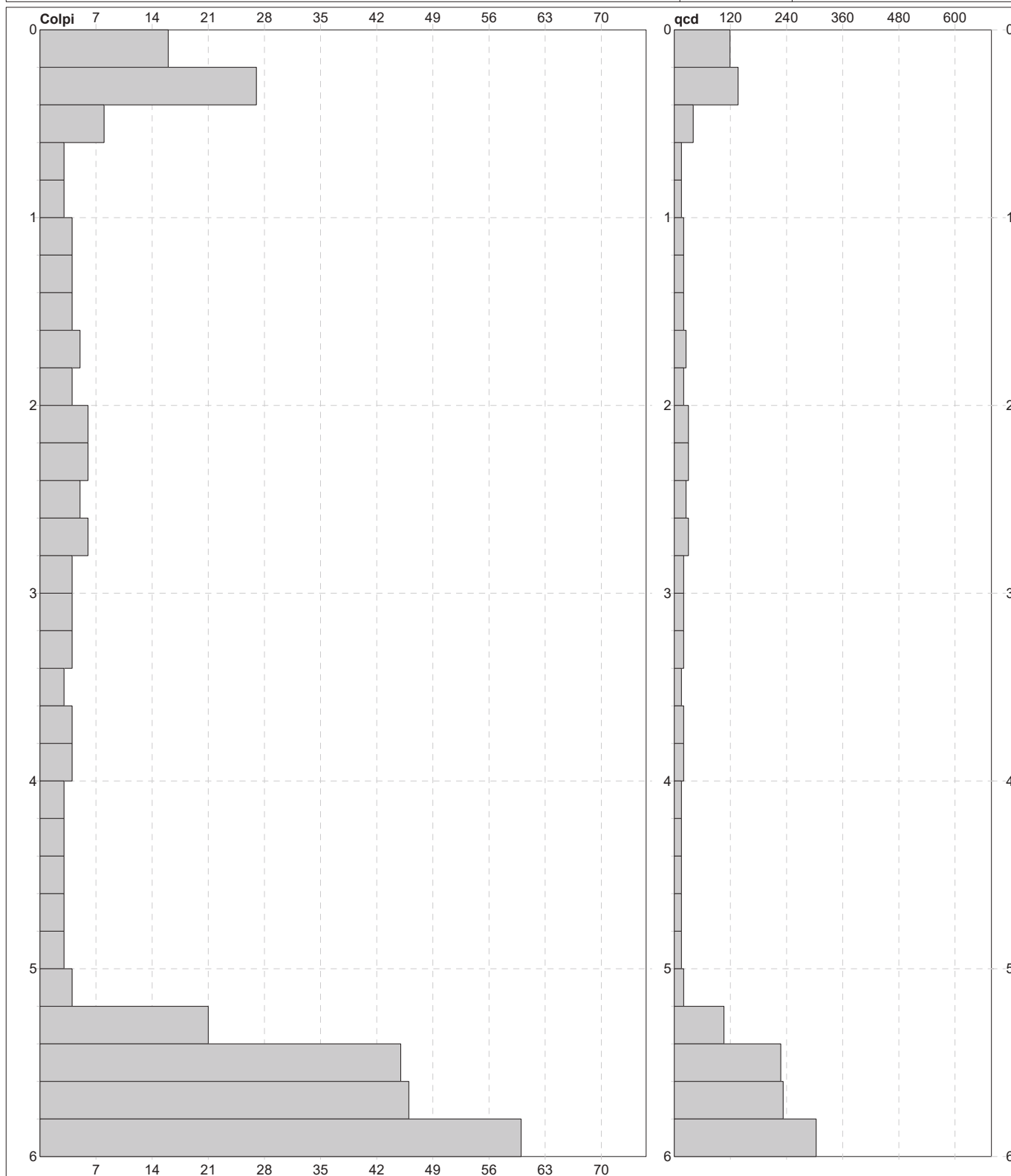
certificato n°

Committente: **F.lli Fratelli s.p.a.**Cantiere: **Realizzazione di un impianto tecnico**Località: **Assisi - fraz. Santa Maria degli Angeli**

Quota inizio:

U.M.: **kg/cm²**Scala: **1:30**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **04/02/2020**Data certificato: **04/02/2020**Falda: **Assente**

Responsabile:

Assistente:

Corr.astine: kg/ml
Cod.ISTAT: 0

Preforo: m

Lo sperimentatore:**Il direttore laboratorio:**

FON098

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	1
	referimento	Fragola
	certificato n°	

Committente: F.Ili Fratelli s.p.a.	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 04/02/2020
Cantiere: Realizzazione di un impianto tecnico	Pagina: 1	Data certificato: 04/02/2020
Località: Assisi - fraz. Santa Maria degli Angeli	Elaborato:	Falda: Assente

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0.00 : 0.60	Media	17	1.52	26	98.73	63.31	114	220	4.94	Torbosa	
2	0.60 : 5.20	Media	4	1.52	6	20.23	23.16	125	50	1.01	Coes./Gran.	
3	5.20 : 5.80	Media	37	1.52	57	188.80	179.53	228	305	9.44	Coes./Gran.	
4	5.80 : 6.00	Media	60	1.52	91	303.43	288.53	250	443	15.17	Coes./Gran.	

NATURA COESIVA

NATURA GRANULARE

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ϕ °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0.00 : 0.60	26	1.30	1.85	37.04	1.00	75	---	---	---	---	---	---	---
2	0.60 : 5.20	6	0.38	1.85	37.04	1.00	36	22	28	238	1.89	1.43	139	---
3	5.20 : 5.80	57	3.56	2.10	20.20	0.55	144	88	42	631	2.17	1.87	608	---
4	5.80 : 6.00	91	5.69	2.10	20.20	0.55	213	100	45	893	2.24	1.99	898	---

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio:

FON098

4. BIBLIOGRAFIA

Bowles, J.E., 1982. Foundation Analysis and Design, 3rd Ed., McGraw-Hill, Inc., New York.

Iyisan, R. (1996). Correlations between shear wave velocity and in – situ penetration test results. *Teknik Dergi* Vol. 7, n. 2: 1187 – 1199

Mulargia, F., & Castellaro, S. (2009). Experimental uncertainty on the $V_s(z)$ profile and seismic soil classification. *Seismological Research Letters*, 80 (6): 985-988.

Park, C. B., Miller, R. D., & Xia, J. (1999). Multichannel analysis of surface waves. *Geophysics*, 64(3), 800-808.

Peck, R.B., Hanson, W.E. and Thourburn, T.H. (1953). Foundation Engineering, Wiley, New York.

Peck, R.B., Hanson, W.E. and Thourburn, T.H. (1953). Foundation Engineering 2nd Edition, Wiley, New York.

Terzaghi, K. & Peck, R.B. 1948. Soil Mechanics in Engineering Practice, 1st Edition, John Wiley and Sons, New York.

Terzaghi, K. & Peck, R.B. 1967. Soil Mechanics in Engineering Practice, 2nd Edition, John Wiley and Sons, New York.

5. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

INDAGINE SISMICA MASW50 - SHOT 1



INDAGINE SISMICA MASW50 - SHOT 2

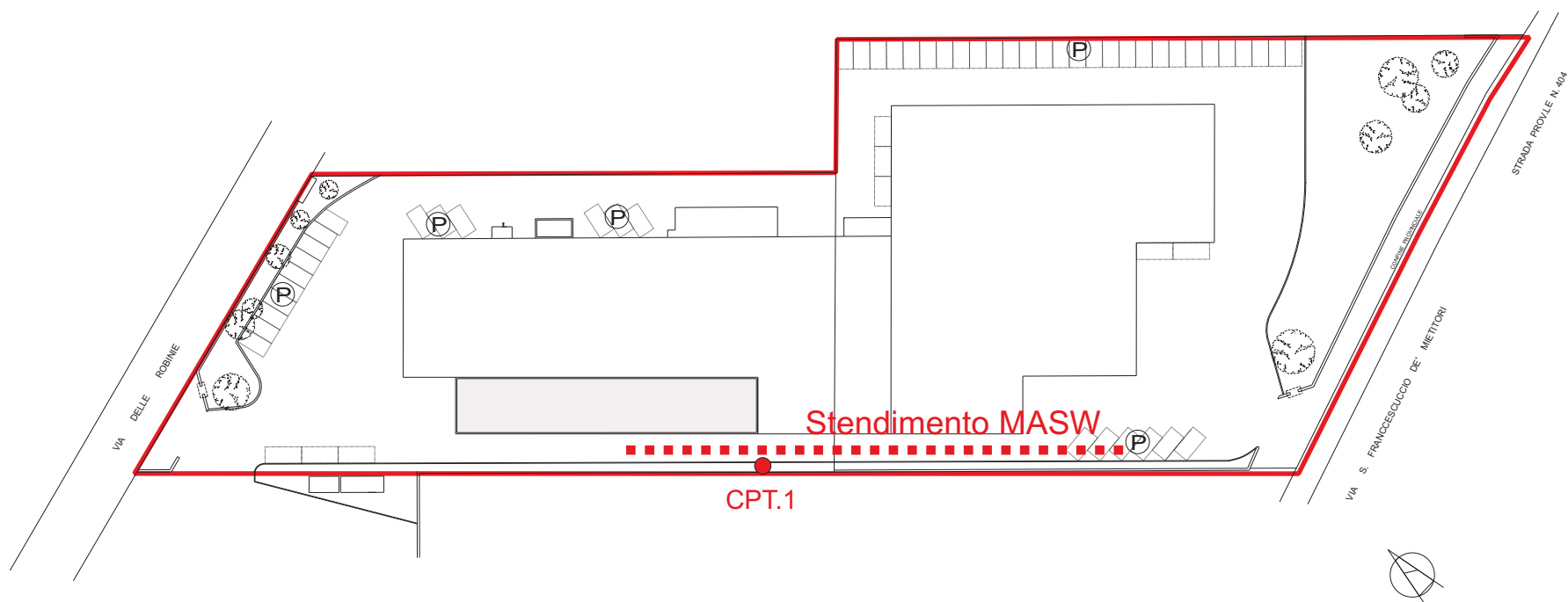


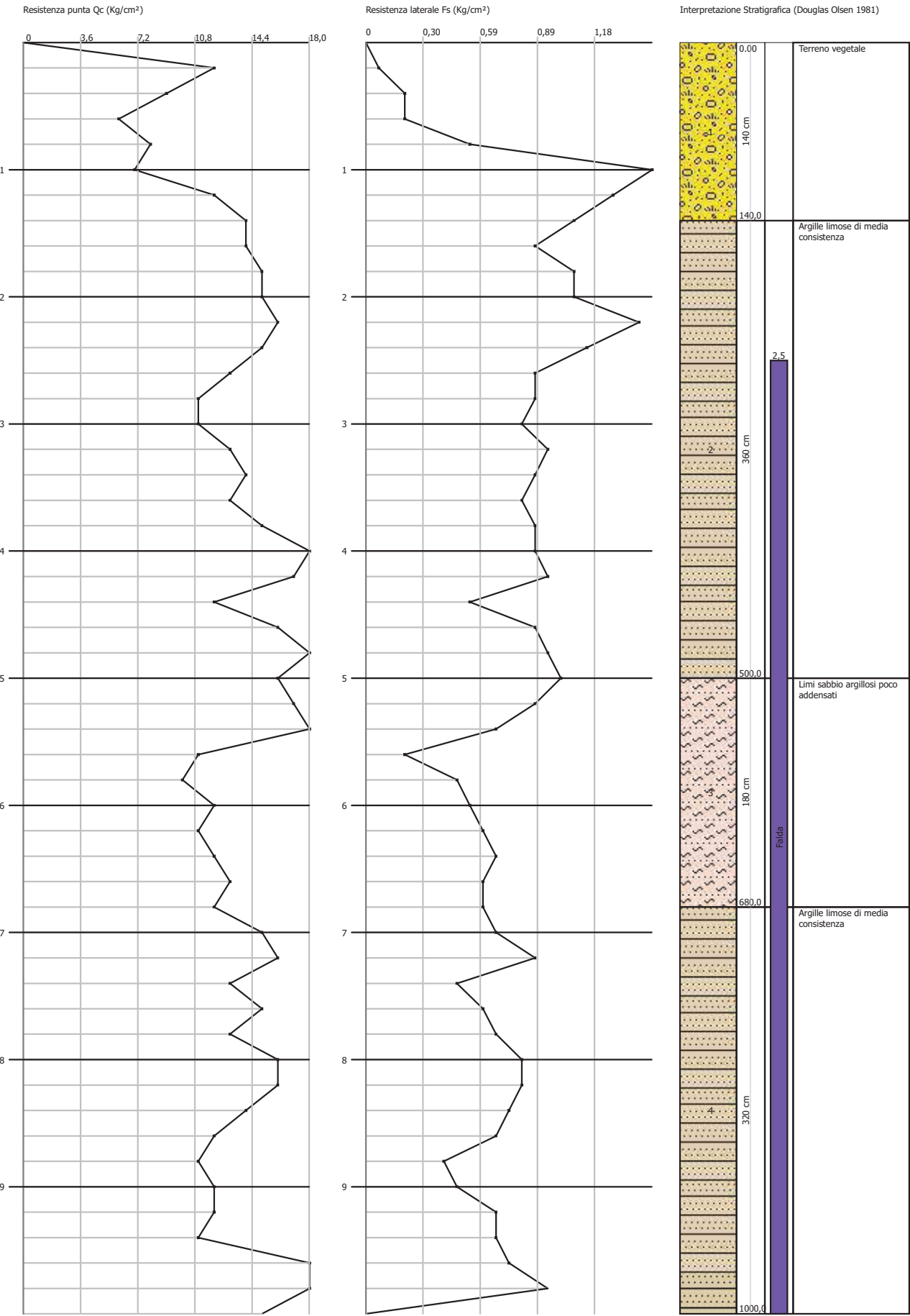
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA – SCPT



Allegato 4

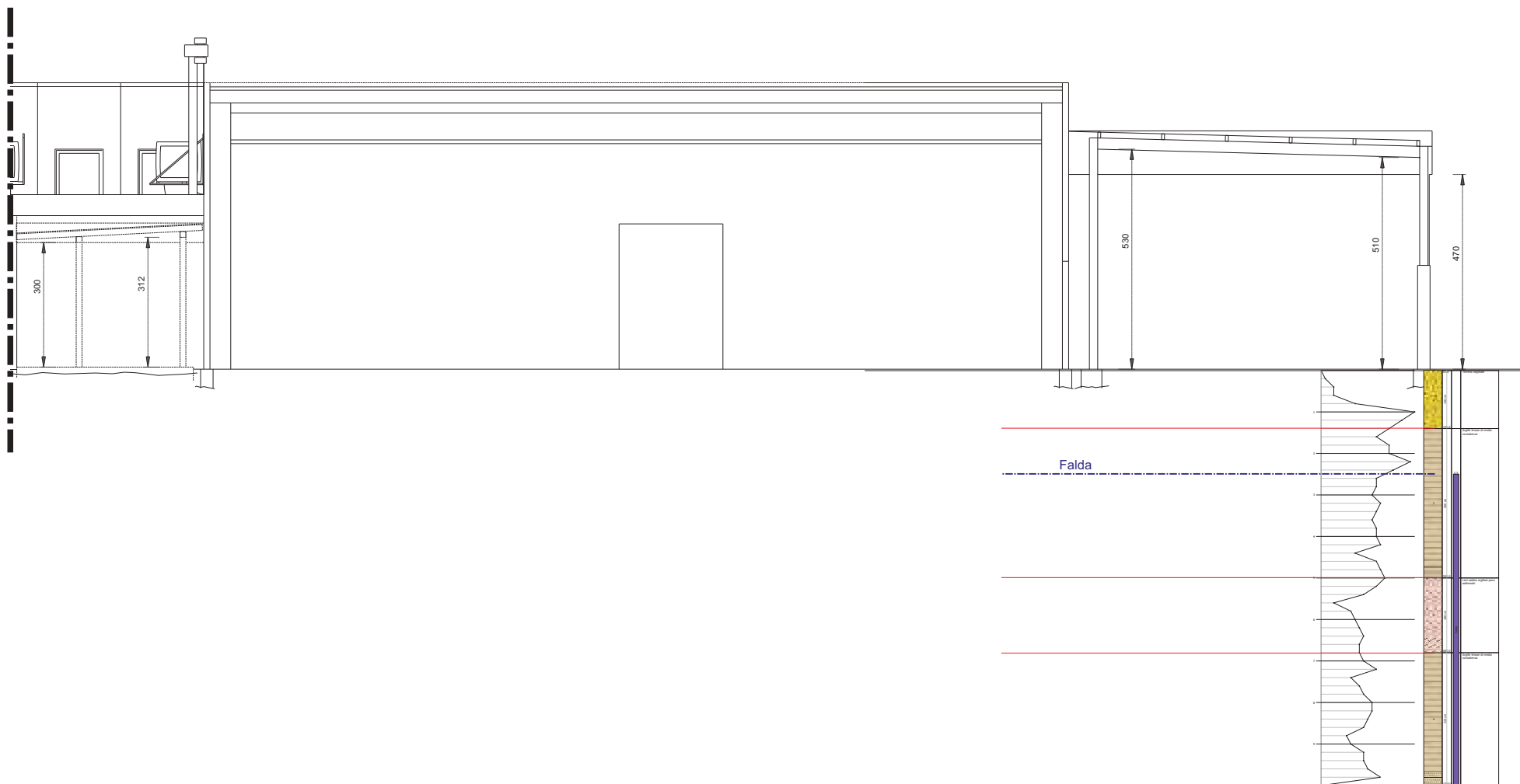
PLANIMETRIA DI PROGETTO CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI F° 18 - Part. 156 (Comune di Bastia Umbra)

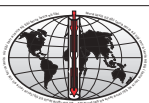




Allegato 5

SEZIONE GEOLOGICA
F° 18 - Part. 156 (Comune di Bastia Umbra)





Studio di geologia
Dr. Geol. Simone SFORNA

Ibo O.R.G.U. n. 112
Via Bastia, 2 - 06080 Brolo di Torgiano (PG)
Cell. 347/3362235
E-mail: simonesforna@tiscali.net

C.F. SFR SMN 64M05 L216A - P. IVA 01859390542

Comune di Bastia Umbra

AMPLIAMENTO TETTOIA PER CARICO E SCARICO E
REALIZZAZIONE VOLUME TECNICO ESTERNO
Via S. Francescuccio de' Mottori, 32

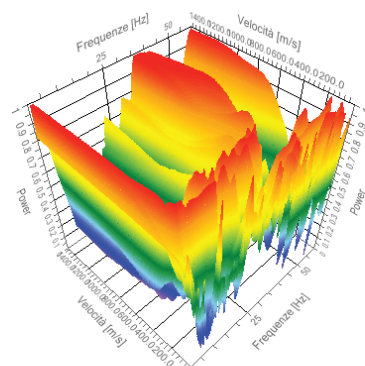
INDAGINE SISMICA MASW

PROPRIETÀ: EFFEGI S.r.l.

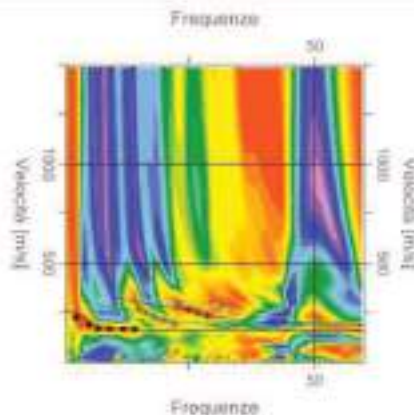
Dr. Geol. Simone SFORNA

ELABORAZIONE

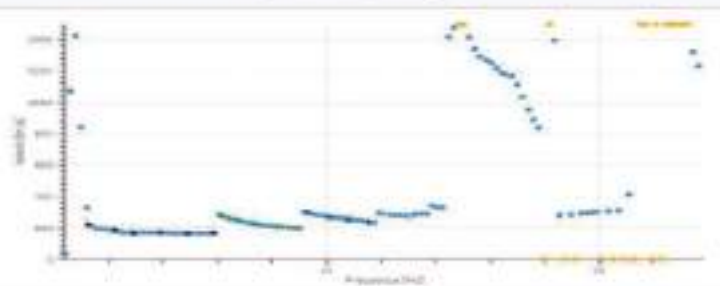
Spettro Velocità di fase - Frequenze



Inversione

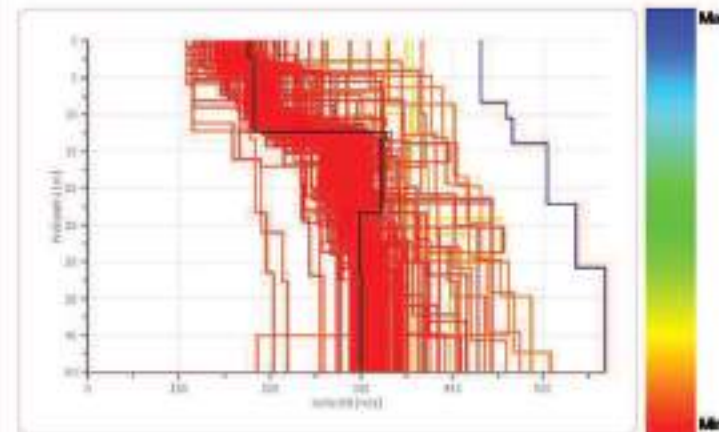


Curva di dispersione

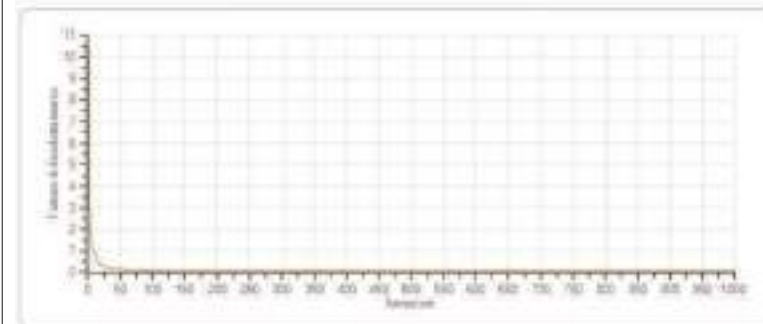


INVERSIONE

Profilo di velocità



Andamento del fattore di smorzamento



n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	2.39	2.39	1800.0	0.2	No	287.4	176.0
2	12.39	10.00	1800.0	0.2	No	299.2	183.3
3	13.39	1.00	1800.0	0.2	No	534.0	327.0
4	23.39	10.00	1800.0	0.2	No	527.4	323.0
5	31.16	7.78	1800.0	0.2	No	486.8	298.1
6	oo	oo	1800.0	0.2	No	489.5	299.8

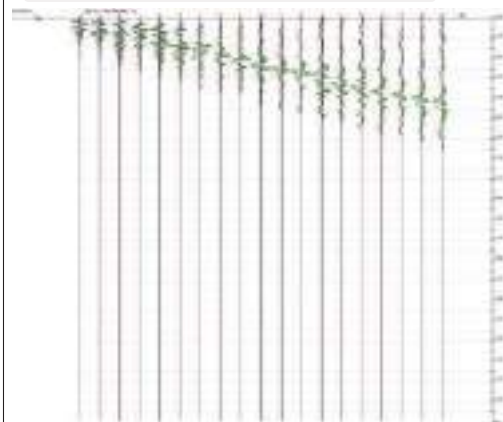
Profondità piano di
posa [m] 0.00
Vs30 [m/sec] 241.28
Categoria del suolo C

Suolo di tipo 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).

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



SISMOGRAMMI - Dist. 3.0 m



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: EFFEGI Srl Cantiere: Ampliamento Località: Bastia Umbra	
--	--

Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 kN)

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35,7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

PROVA ...CPT. 1

Committente: EFFEGI Srl
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
 Prova eseguita in data: 03/06/2016
 Profondità prova: 10,00 mt
 Località: Bastia Umbra

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	12,00	15,0	12,0	0,067	179,104	0,6
0,40	9,00	10,0	9,0	0,2	45,0	2,2
0,60	6,00	9,0	6,0	0,2	30,0	3,3
0,80	8,00	11,0	8,0	0,533	15,009	6,7
1,00	7,00	15,0	7,0	1,467	4,772	21,0
1,20	12,00	34,0	12,0	1,267	9,471	10,6
1,40	14,00	33,0	14,0	1,067	13,121	7,6
1,60	14,00	30,0	14,0	0,867	16,148	6,2
1,80	15,00	28,0	15,0	1,067	14,058	7,1
2,00	15,00	31,0	15,0	1,067	14,058	7,1
2,20	16,00	32,0	16,0	1,4	11,429	8,8
2,40	15,00	36,0	15,0	1,133	13,239	7,6
2,60	13,00	30,0	13,0	0,867	14,994	6,7
2,80	11,00	24,0	11,0	0,867	12,687	7,9
3,00	11,00	24,0	11,0	0,8	13,75	7,3
3,20	13,00	25,0	13,0	0,933	13,934	7,2
3,40	14,00	28,0	14,0	0,867	16,148	6,2
3,60	13,00	26,0	13,0	0,8	16,25	6,2
3,80	15,00	27,0	15,0	0,867	17,301	5,8
4,00	18,00	31,0	18,0	0,867	20,761	4,8
4,20	17,00	30,0	17,0	0,933	18,221	5,5
4,40	12,00	26,0	12,0	0,533	22,514	4,4
4,60	16,00	24,0	16,0	0,867	18,454	5,4
4,80	18,00	31,0	18,0	0,933	19,293	5,2
5,00	16,00	30,0	16,0	1,0	16,0	6,3
5,20	17,00	32,0	17,0	0,867	19,608	5,1
5,40	18,00	31,0	18,0	0,667	26,987	3,7
5,60	11,00	21,0	11,0	0,2	55,0	1,8
5,80	10,00	13,0	10,0	0,467	21,413	4,7
6,00	12,00	19,0	12,0	0,533	22,514	4,4
6,20	11,00	19,0	11,0	0,6	18,333	5,5
6,40	12,00	21,0	12,0	0,667	17,991	5,6
6,60	13,00	23,0	13,0	0,6	21,667	4,6
6,80	12,00	21,0	12,0	0,6	20,0	5,0
7,00	15,00	24,0	15,0	0,667	22,489	4,4
7,20	16,00	26,0	16,0	0,867	18,454	5,4
7,40	13,00	26,0	13,0	0,467	27,837	3,6
7,60	15,00	22,0	15,0	0,6	25,0	4,0
7,80	13,00	22,0	13,0	0,667	19,49	5,1
8,00	16,00	26,0	16,0	0,8	20,0	5,0
8,20	16,00	28,0	16,0	0,8	20,0	5,0
8,40	14,00	26,0	14,0	0,733	19,1	5,2
8,60	12,00	23,0	12,0	0,667	17,991	5,6
8,80	11,00	21,0	11,0	0,4	27,5	3,6
9,00	12,00	18,0	12,0	0,467	25,696	3,9
9,20	12,00	19,0	12,0	0,667	17,991	5,6
9,40	11,00	21,0	11,0	0,667	16,492	6,1
9,60	18,00	28,0	18,0	0,733	24,557	4,1
9,80	18,00	29,0	18,0	0,933	19,293	5,2
10,00	15,00	29,0	15,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc (Minimo) (Kg/cm ²)	fs Minima (Kg/cm ²)	Gamma (Minimo) (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1,4	6,0	0,067	1,8	Incoerente-Coesivo	terreno vegetale
5,00	11,0	0,533	1,9	Incoerente-Coesivo	Argille limose di media consistenza
6,80	10,0	0,2	1,8	Incoerente-Coesivo	Limi sabbio argillosi poco addensati

10,00

11,0

0,0

1,9 Incoerente-Coesivo

Argille limose di
media consistenza**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI MINIMI****TERRENI COESIVI I**

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	1,4	6,0	0,067	0,1	0,1	Begemann	0,42
Strato 2	5,00	11,0	0,533	0,6	0,5	Begemann	0,74
Strato 3	6,80	10,0	0,2	1,1	0,8	Begemann	0,66
Strato 4	10,00	11,0	0,0	1,6	1,0	Begemann	0,72

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	1,4	6,0	0,067	0,1	0,1	Valore medio degli autori su suoli coesivi	36,0
Strato 2	5,00	11,0	0,533	0,6	0,5	Valore medio degli autori su suoli coesivi	55,0
Strato 3	6,80	10,0	0,2	1,1	0,8	Valore medio degli autori su suoli coesivi	60,0
Strato 4	10,00	11,0	0,0	1,6	1,0	Valore medio degli autori su suoli coesivi	55,0

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	1,4	6,0	0,067	0,1	0,1	Harman	33,3
Strato 2	5,00	11,0	0,533	0,6	0,5	Harman	12,4
Strato 3	6,80	10,0	0,2	1,1	0,8	Harman	5,0
Strato 4	10,00	11,0	0,0	1,6	1,0	Harman	5,0

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	1,4	6,0	0,067	0,1	0,1	Durgunoglu -Mitchell 1973	33,8
Strato 2	5,00	11,0	0,533	0,6	0,5	Durgunoglu -Mitchell 1973	28,9
Strato 3	6,80	10,0	0,2	1,1	0,8	Durgunoglu -Mitchell	26,7

Strato 4	10,00	11,0	0,0	1,6	1,0	1973 Durgunouglu -Mitchell 1973	26,0
----------	-------	------	-----	-----	-----	--	------

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 1	1,4	6,0	0,067	0,1	0,1	Robertson & Campanella 1983	40
Strato 2	5,00	11,0	0,533	0,6	0,5	Robertson & Campanella 1983	60
Strato 3	6,80	10,0	0,2	1,1	0,8	Robertson & Campanella 1983	64
Strato 4	10,00	11,0	0,0	1,6	1,0	Robertson & Campanella 1983	59

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	1,4	6,0	0,067	0,1	0,1	Meyerhof	1,9
Strato 2	5,00	11,0	0,533	0,6	0,5	Meyerhof	1,8
Strato 3	6,80	10,0	0,2	1,1	0,8	Meyerhof	1,8
Strato 4	10,00	11,0	0,0	1,6	1,0	Meyerhof	2

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	1,4	6,0	0,067	0,1	0,1	Meyerhof	2,2
Strato 2	5,00	11,0	0,533	0,6	0,5	Meyerhof	2,1
Strato 3	6,80	10,0	0,2	1,1	0,8	Meyerhof	2,1
Strato 4	10,00	11,0	0,0	1,6	1,0	Meyerhof	2,2

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

TERRENI COESIV I

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	1,4	8,4	0,493	0,1	0,1	Begemann	0,59
Strato 2	5,00	14,4	0,95	0,6	0,5	Begemann	0,99
Strato 3	6,80	12,889	0,578	1,1	0,8	Begemann	0,86
Strato 4	10,00	14,188	0,633	1,6	1,0	Begemann	0,94

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	1,40	8,4	0,493	0,1	0,1	Valore medio degli autori su suoli coesivi	50,4
Strato 2	5,00	14,4	0,95	0,6	0,5	Valore medio degli autori su suoli coesivi	72,0
Strato 3	6,80	12,889	0,578	1,1	0,8	Valore medio degli autori su suoli coesivi	64,5
Strato 4	10,00	14,188	0,633	1,6	1,0	Valore medio degli autori su suoli coesivi	70,9

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	1,4	8,4	0,493	0,1	0,1	Harman	44,8
Strato 2	5,00	14,4	0,95	0,6	0,5	Harman	21,6
Strato 3	6,80	12,889	0,578	1,1	0,8	Harman	7,9
Strato 4	10,00	14,188	0,633	1,6	1,0	Harman	5

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	1,4	8,4	0,493	0,1	0,1	Durgunouglu -Mitchell 1973	35,5
Strato 2	5,00	14,4	0,95	0,6	0,5	Durgunouglu -Mitchell 1973	30,2
Strato 3	6,80	12,889	0,578	1,1	0,8	Durgunouglu -Mitchell 1973	27,8
Strato 4	10,00	14,188	0,633	1,6	1,0	Durgunouglu -Mitchell 1973	27,2

Modulo di Young

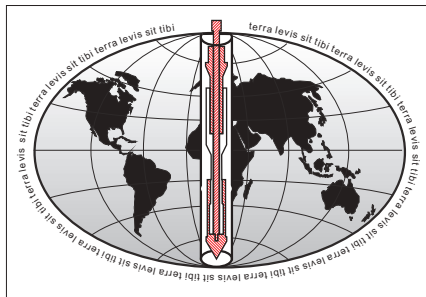
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 1	1,4	8,4	0,493	0,1	0,1	Robertson & Campanella 1983	55,4
Strato 2	5,00	14,4	0,95	0,6	0,5	Robertson & Campanella 1983	77
Strato 3	6,80	12,889	0,578	1,1	0,8	Robertson & Campanella 1983	68,5
Strato 4	10,00	14,188	0,633	1,6	1,0	Robertson & Campanella 1983	75,9

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	1,4	8,4	0,493	0,1	0,1	Meyerhof	2
Strato 2	5,00	14,4	0,95	0,6	0,5	Meyerhof	1,9
Strato 3	6,80	12,889	0,578	1,1	0,8	Meyerhof	1,9
Strato 4	10,00	14,188	0,633	1,6	1,0	Meyerhof	2

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	1,40	8,4	0,493	0,1	0,1	Meyerhof	2,2
Strato 2	5,00	14,4	0,95	0,6	0,5	Meyerhof	2,1
Strato 3	6,80	12,889	0,578	1,1	0,8	Meyerhof	2,1
Strato 4	10,00	14,188	0,633	1,6	1,0	Meyerhof	2,2



Dr. Geol. Simone SFORNA

Albo O.R.G.U. n. 112

Villaggio XXV Aprile, 62/G - 06083 Bastia Umbra (PG)

Cell. 347 - 3362235

Fax: 075 - 3727946

E-mail: simonesfora@tiscali.it
simonesfora@libero.it

PEC: simonesfora@epap.sicurezzapostale.it

C.F. SFR SMN 64M05 L216A - P. IVA 01859390542

COMUNE DI ASSISI

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN EDIFICIO
INDUSTRIALE**

Zona Ind.le S. Maria Degli Angeli

INDAGINE SISMICA MEDIANTE TECNICA MASW

(Multi-channel Analysis of Surface Waves)

RAPPORTO TECNICO

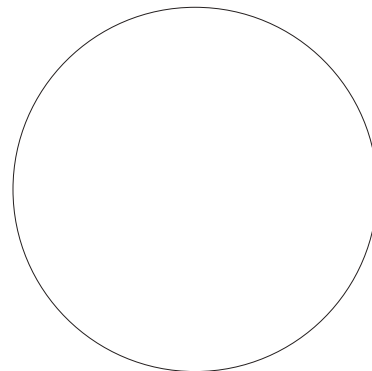
COMMITTENTE:

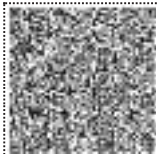
Ciambella Legnami S.r.l.

febbraio 2021

Archivio

Dr. Geol. Simone SFORNA





1.0 PREMESSA

Su commissione della Soc. Cimbella Legnami S.r.l., nell'ambito del progetto di «**REALIZZAZIONE EDIFICIO INDUSTRIALE – Zona Ind.le S. Maria degli Angeli**», Foglio 119 – Part. 55, Comune di Assisi, è stata eseguita n. 1 indagine sismica con tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).

L'indagine è finalizzata a ricostruire l'assetto sismostratigrafico dei livelli più superficiali e di fornire il parametro Vs30, così come indicato dalla Normativa Sismica vigente.

L'indagine è stata condotta mediante sismografo Do.re.mi., prodotto dalla Ditta SARA Electronic Instruments S.r.l. con le seguenti specifiche tecniche:

Architettura

Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica
Topologia: rete differenziale RS485 half-duplex multipoint
Lunghezza massima della rete: 1200 metri senza ripetitori (virtualmente illimitata con ripetitori)
Numero massimo di canali per tratta: 255
Dimensioni dell'elemento (escluso il cavo): 80x55x18 mm
Peso: 250 g (un elemento con lunghezza cavo 5 metri)
Cavo: 4 conduttori, 2 coppie ritorte, robotico resistente a torsioni, flessione-torsioni, abrasioni ed agenti chimici

Campionamento

Memoria: 64 kByte (>30000 campioni)
Frequenze in Hz: 200,300,400,500,800,1000,2000,3000,4000, 8000,10000,20000
pari ad intervalli in ms di: 5, 3.33, 2.5, 2, 1.25, 1, 0.5, 0.33, 0.25, 0.125, 0.1, 0.05
Esempi di utilizzo della memoria: ReMi: 500Hz, t-max 60 secondi
MASW: 4000Hz, t-max 7.5 secondi
Riflessione: 20000Hz, t-max 1.5 secondi

Dinamica del sistema

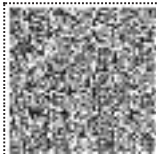
Risoluzione con guadagno 10x: 7.600 μV
Risoluzione con guadagno 1000x: 0.076 μV
Dinamica di base: 96dB (16 bit)
Dinamica massima del preamplificatore: 80dB
Signal to Noise Ratio RMS fra 0.5 e 30Hz: >90dB
Full range a 10x: 0.5V p-p
Risoluzione RMS a 1000x e 4000SPS: 0.0000002V p-p
Dinamica totale teorica: 155dB
Dinamica totale senza postprocessing: > 127dB (a qualsiasi frequenza di campionamento)
Dinamica totale in postprocessing: >140dB

Alimentazione

Tensione di alimentazione: 10-15VdC
Consumo:
Unità di testa: 20mA
Per Canale: 40mA
Consumo totale 12 canali: 510mA

Convertitore A/D

Tipologia: SAR



Risoluzione: 16 bit
Dinamica: 96 dB

Pramplicatore

Tipologia: ultra-low noise con ingresso differenziale
Filtri: 3Hz passa alto 1 polo, 200Hz passa basso 4 poli
Guadagni: da 10x a 8000x
Reiezione di modo comune: >80dB
Diafonia (crosstalk): non applicabile (elementi singoli a trasmissione digitale)
Impedenza d'ingresso: >100k Ω

2.0 LA TECNICA MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

2.1 Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

2.2 Onde di Rayleigh – “R”

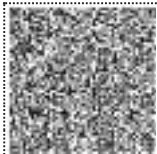
In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P, S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare.

Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

2.3 Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro.

Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche.



L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale.

L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza.

Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

2.4 Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidezza.

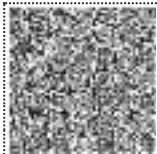
2.5 Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno.

I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

2.6 Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

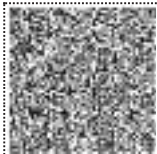


STENDIMENTO SISMICO MASW 1

Il sito ha reso possibile l'esecuzione di uno stendimento 24 canali a distanza intergeofonica di 2,0 m e punto di scoppi a 2.0 m.



Ubicazione dello stendimento



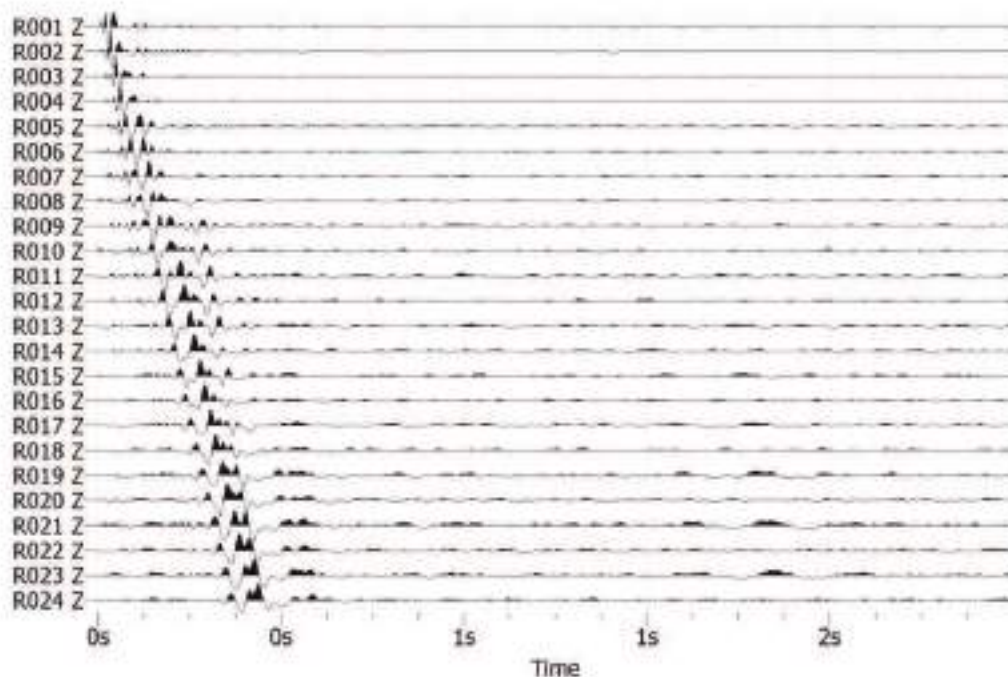
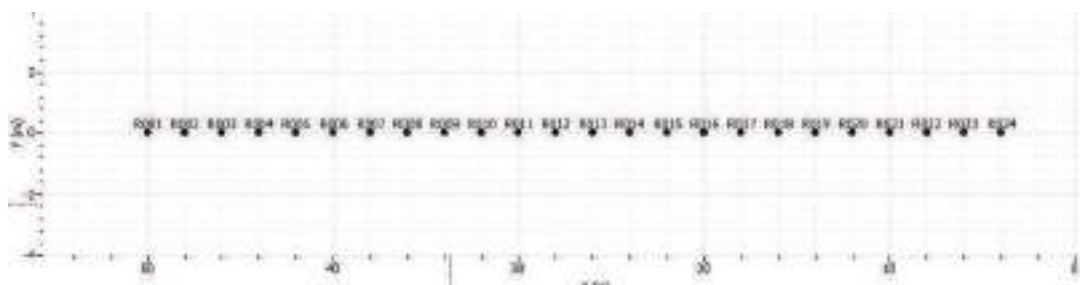
3.0 RISULTATI

3.1 Dati generali

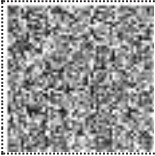
Data Esecuzione | 18/02/2021 09:05

3.2 Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

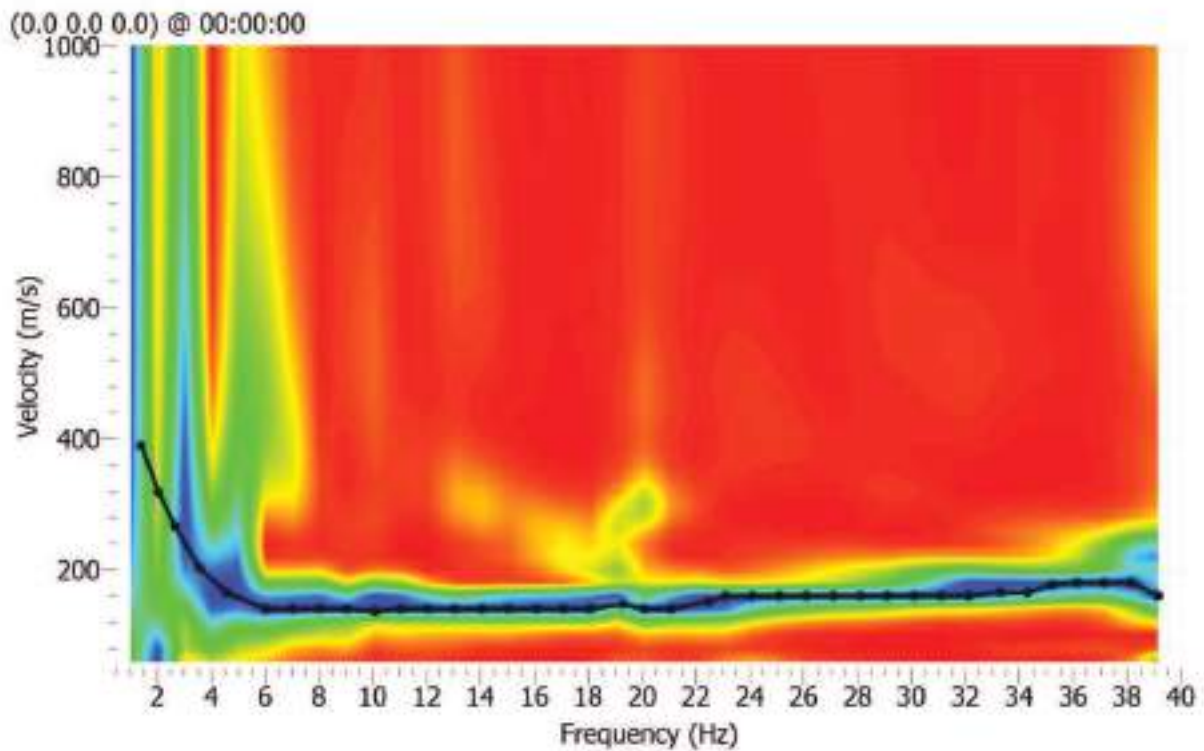


Sismogrammi acquisiti

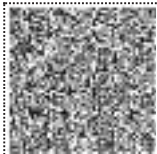


3.3 Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz] 1.0
Frequenza massima di elaborazione [Hz] 39.0
Velocità minima di elaborazione [m/sec] 50
Velocità massima di elaborazione [m/sec] 1000
Intervallo velocità [m/sec] 1



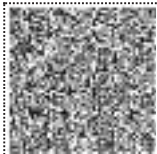
Velocità di fase – Frequenza e punti della curva di dispersione



3.4 Punti della curva di dispersione

Frequenza (Hz)	Lentezza sec/m	Velocità m/sec	Modo
1,40	0,0025706	389	0
2,04	0,0031423	318	0
2,67	0,0037583	266	0
3,57	0,0049323	203	0
4,57	0,0060427	165	0
6,02	0,0071429	140	0
7,03	0,0071429	140	0
8,03	0,0071429	140	0
9,04	0,0071429	140	0
10,08	0,0073699	136	0
11,04	0,0071429	140	0
12,05	0,0071429	140	0
13,05	0,0071429	140	0
14,05	0,0071429	140	0
15,06	0,0071429	140	0
16,06	0,0071429	140	0
17,07	0,0071429	140	0
18,07	0,0071429	140	0
19,30	0,0068091	147	0
20,08	0,0071429	140	0
21,08	0,0071429	140	0
22,46	0,0066406	151	0
23,09	0,0062500	160	0
24,09	0,0062500	160	0
25,10	0,0062500	160	0
26,10	0,0062500	160	0
27,11	0,0062500	160	0
28,11	0,0062500	160	0
29,11	0,0062500	160	0
30,12	0,0062500	160	0
31,12	0,0062500	160	0
32,12	0,0062500	160	0
33,31	0,0060427	165	0
34,31	0,0060427	165	0
35,21	0,0056604	177	0
36,14	0,0055556	180	0
37,14	0,0055556	180	0
38,15	0,0055556	180	0
39,15	0,0062500	160	0

Punti della curva di dispersione



3.5 Inversione

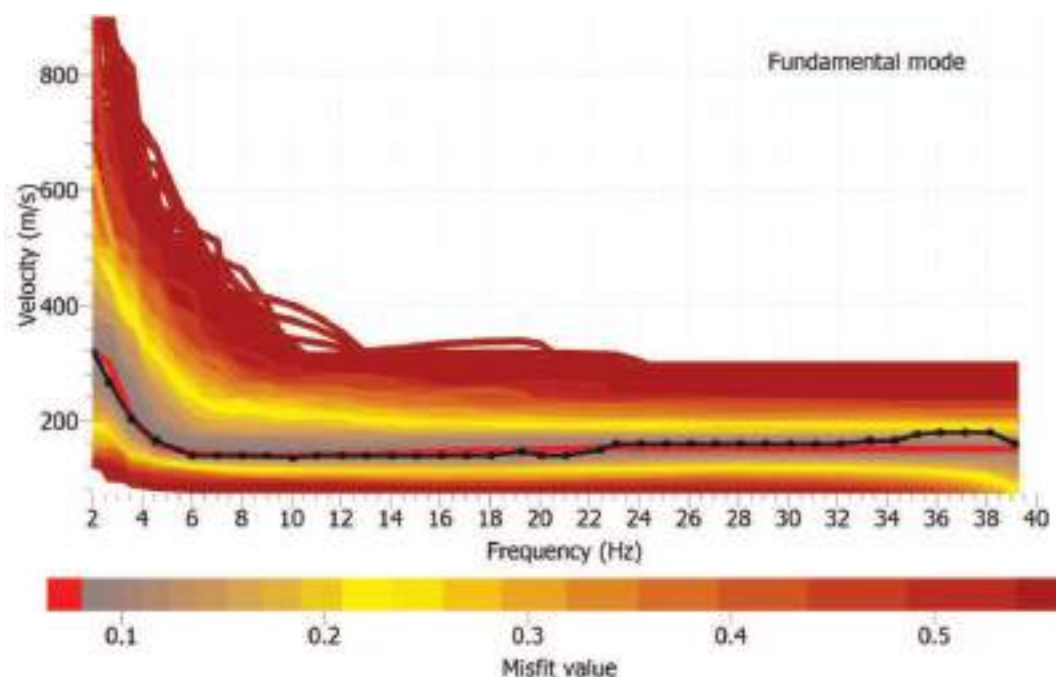
Profondità (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Rho (Kg/m ³)
0,82	0,82	132,91	773,99	1805
3,25	2,42	225,21	374,35	1811
5,05	1,80	82,44	2684,78	2001
6,74	1,69	236,70	1406,11	2086
10,35	3,61	142,50	3116,95	2148
20,02	9,67	151,26	289,02	2209
30,00	9,98	367,29	2406,43	2249

Piano fondale (m)	0,00
VsH 30,00	184,77

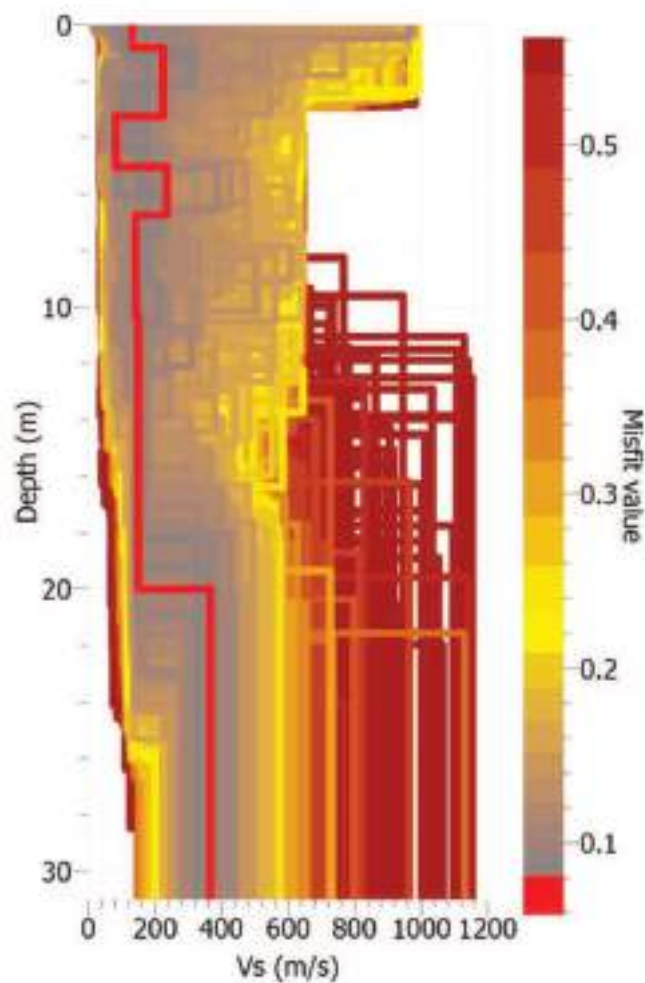
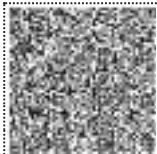
Piano fondale (m)	2,00
VsH 30,00	191,86

Fattore di disadattamento della soluzione

0.0651



Velocità di fase – Frequenza, punti della curva di dispersione e andamento del modello ricavato



Profili di velocità analizzati

3.6 Risultati e categoria di suolo

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	184.77 (con piano fondale a 2.0 m = 191,86)
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo B: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Bastia. U., febbraio 2021

Dr. Geol. Simone Sfora

ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

Committente: Ciambella Legnami Srl
Cantiere: Edificio Industriale
Località: S. M. Angeli - Assisi

Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 kN)

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35.7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

PROVA ...CPT.1

Committente: Ciambella Legnami Srl
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
 Prova eseguita in data: 19/02/2021
 Profondità prova: 12.60 mt
 Località: S. M. Angeli - Assisi

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	2.00	3.0	2.00	0.13	15.38	6.5
0.40	3.00	5.0	3.00	0.13	23.08	4.3
0.60	21.00	23.0	21.00	1.27	16.54	6.0
0.80	15.00	34.0	15.00	1.27	11.81	8.5
1.00	13.00	32.0	13.00	0.67	19.40	5.2
1.20	13.00	23.0	13.00	1.07	12.15	8.2
1.40	14.00	30.0	14.00	0.87	16.09	6.2
1.60	13.00	26.0	13.00	1.00	13.00	7.7
1.80	12.00	27.0	12.00	0.93	12.90	7.8
2.00	9.00	23.0	9.00	0.73	12.33	8.1
2.20	9.00	20.0	9.00	0.53	16.98	5.9
2.40	10.00	18.0	10.00	0.53	18.87	5.3
2.60	7.00	15.0	7.00	0.53	13.21	7.6
2.80	12.00	20.0	12.00	0.53	22.64	4.4
3.00	12.00	20.0	12.00	0.87	13.79	7.3
3.20	11.00	24.0	11.00	0.53	20.75	4.8
3.40	9.00	17.0	9.00	0.40	22.50	4.4
3.60	12.00	18.0	12.00	0.53	22.64	4.4
3.80	12.00	20.0	12.00	0.80	15.00	6.7
4.00	9.00	21.0	9.00	0.40	22.50	4.4
4.20	8.00	14.0	8.00	0.40	20.00	5.0
4.40	9.00	15.0	9.00	0.53	16.98	5.9
4.60	9.00	17.0	9.00	0.53	16.98	5.9
4.80	9.00	17.0	9.00	0.47	19.15	5.2
5.00	12.00	19.0	12.00	0.60	20.00	5.0
5.20	13.00	22.0	13.00	0.60	21.67	4.6
5.40	14.00	23.0	14.00	0.80	17.50	5.7
5.60	15.00	27.0	15.00	0.67	22.39	4.5
5.80	15.00	25.0	15.00	0.87	17.24	5.8
6.00	12.00	25.0	12.00	0.47	25.53	3.9
6.20	8.00	15.0	8.00	0.40	20.00	5.0
6.40	7.00	13.0	7.00	0.27	25.93	3.9
6.60	6.00	10.0	6.00	0.33	18.18	5.5
6.80	6.00	11.0	6.00	0.40	15.00	6.7
7.00	8.00	14.0	8.00	0.47	17.02	5.9
7.20	8.00	15.0	8.00	0.67	11.94	8.4
7.40	11.00	21.0	11.00	0.33	33.33	3.0
7.60	24.00	29.0	24.00	1.60	15.00	6.7
7.80	105.00	129.0	105.00	0.47	223.40	0.4
8.00	47.00	54.0	47.00	0.53	88.68	1.1
8.20	23.00	31.0	23.00	0.53	43.40	2.3
8.40	30.00	38.0	30.00	0.53	56.60	1.8
8.60	5.00	13.0	5.00	0.33	15.15	6.6
8.80	6.00	11.0	6.00	0.40	15.00	6.7
9.00	7.00	13.0	7.00	0.40	17.50	5.7
9.20	7.00	13.0	7.00	0.47	14.89	6.7
9.40	7.00	14.0	7.00	0.33	21.21	4.7
9.60	11.00	16.0	11.00	0.67	16.42	6.1
9.80	8.00	18.0	8.00	0.53	15.09	6.6
10.00	11.00	19.0	11.00	0.53	20.75	4.8
10.20	11.00	19.0	11.00	0.67	16.42	6.1
10.40	11.00	21.0	11.00	0.60	18.33	5.5
10.60	10.00	19.0	10.00	0.67	14.93	6.7
10.80	8.00	18.0	8.00	0.53	15.09	6.6
11.00	6.00	14.0	6.00	0.40	15.00	6.7
11.20	5.00	11.0	5.00	0.33	15.15	6.6
11.40	5.00	10.0	5.00	0.40	12.50	8.0
11.60	5.00	11.0	5.00	0.40	12.50	8.0

11.80	8.00	14.0	8.00	0.53	15.09	6.6
12.00	6.00	14.0	6.00	0.47	12.77	7.8
12.20	4.00	11.0	4.00	0.33	12.12	8.3
12.40	4.00	9.0	4.00	0.40	10.00	10.0
12.60	2.00	8.0	2.00	0.40	5.00	20.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.40	2.50	0.13	1.7	Incoerente-Coesivo	Terreno di riporto
7.20	10.94	0.65	1.9	Incoerente-Coesivo	Argille limose plastiche, di bassa consistenza
8.40	40.00	0.67	1.9	Incoerente-Coesivo	Limi sabbiosi
12.60	7.00	0.47	2.0	Incoerente-Coesivo	Argille e argille torbose plastiche

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI MEDI CPT. 1

TERRENI COESIVI I

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.40	2.50	0.13	0.0	0.0	Lunne T.- Kleven A. 1981	0.2
Strato 2	7.20	10.94	0.65	0.7	0.4	Lunne T.- Kleven A. 1981	0.7
Strato 3	8.40	40.00	0.67	1.5	0.8	Lunne T.- Kleven A. 1981	2.6
Strato 4	12.60	7.00	0.47	2.0	1.1	Lunne T.- Kleven A. 1981	0.3

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0.40	2.50	0.13	0.0	0.0	Metodo generale del modulo Edometrico	15.1
Strato 2	7.20	10.94	0.65	0.7	0.4	Metodo generale del modulo Edometrico	45.3
Strato 3	8.40	40.00	0.67	1.5	0.8	Metodo generale del modulo Edometrico	80.0
Strato 4	12.60	7.00	0.47	2.0	1.1	Metodo generale del modulo Edometrico	35.2

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.40	2.50	0.13	0.0	0.0	Meyerhof	1.6
Strato 2	7.20	10.94	0.65	0.7	0.4	Meyerhof	1.9
Strato 3	8.40	40.00	0.67	1.5	0.8	Meyerhof	2.1
Strato 4	12.60	7.00	0.47	2.0	1.1	Meyerhof	1.8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.40	2.50	0.13	0.0	0.0	Meyerhof	1.7
Strato 2	7.20	10.94	0.65	0.7	0.4	Meyerhof	1.9
Strato 3	8.40	40.00	0.67	1.5	0.8	Meyerhof	2.2
Strato 4	12.60	7.00	0.47	2.0	1.1	Meyerhof	1.8

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	0.40	2.50	0.13	0.0	0.0	Harman	26.6
Strato 2	7.20	10.94	0.65	0.7	0.4	Harman	16.1
Strato 3	8.40	40.00	0.67	1.5	0.8	Harman	46.1
Strato 4	12.60	7.00	0.47	2.0	1.1	Harman	5.0

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	0.40	2.50	0.13	0.0	0.0	Caquot	31.1
Strato 2	7.20	10.94	0.65	0.7	0.4	Caquot	25.8
Strato 3	8.40	40.00	0.67	1.5	0.8	Caquot	29.2
Strato 4	12.60	7.00	0.47	2.0	1.1	Caquot	19.2

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 1	0.40	2.50	0.13	0.0	0.0	Schmertmann	6.3
Strato 2	7.20	10.94	0.65	0.7	0.4	Schmertmann	27.4
Strato 3	8.40	40.00	0.67	1.5	0.8	Schmertmann	100.0
Strato 4	12.60	7.00	0.47	2.0	1.1	Schmertmann	17.5

PROVA ...CPT.2

Committente: Ciambella Legnami Srl
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
 Prova eseguita in data: 19/02/2021
 Profondità prova: 10.80 mt
 Località: S. M. Angeli - Assisi

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	16.00	17.0	16.00	0.13	123.08	0.8
0.40	15.00	17.0	15.00	0.93	16.13	6.2
0.60	12.00	26.0	12.00	0.87	13.79	7.3
0.80	10.00	23.0	10.00	0.67	14.93	6.7
1.00	12.00	22.0	12.00	0.80	15.00	6.7
1.20	14.00	26.0	14.00	0.87	16.09	6.2
1.40	12.00	25.0	12.00	0.60	20.00	5.0
1.60	15.00	24.0	15.00	0.60	25.00	4.0
1.80	17.00	26.0	17.00	0.47	36.17	2.8
2.00	14.00	21.0	14.00	0.60	23.33	4.3
2.20	11.00	20.0	11.00	0.33	33.33	3.0
2.40	16.00	21.0	16.00	0.73	21.92	4.6
2.60	14.00	25.0	14.00	0.53	26.42	3.8
2.80	16.00	24.0	16.00	0.73	21.92	4.6
3.00	14.00	25.0	14.00	0.87	16.09	6.2
3.20	16.00	29.0	16.00	0.80	20.00	5.0
3.40	23.00	35.0	23.00	1.33	17.29	5.8
3.60	15.00	35.0	15.00	0.87	17.24	5.8
3.80	14.00	27.0	14.00	0.73	19.18	5.2
4.00	13.00	24.0	13.00	0.93	13.98	7.2
4.20	9.00	23.0	9.00	0.53	16.98	5.9
4.40	9.00	17.0	9.00	0.60	15.00	6.7
4.60	6.00	15.0	6.00	0.40	15.00	6.7
4.80	7.00	13.0	7.00	0.40	17.50	5.7
5.00	5.00	11.0	5.00	0.27	18.52	5.4
5.20	7.00	11.0	7.00	0.33	21.21	4.7
5.40	7.00	12.0	7.00	0.27	25.93	3.9
5.60	6.00	10.0	6.00	0.40	15.00	6.7
5.80	8.00	14.0	8.00	0.53	15.09	6.6
6.00	7.00	15.0	7.00	0.47	14.89	6.7
6.20	8.00	15.0	8.00	0.53	15.09	6.6
6.40	6.00	14.0	6.00	0.47	12.77	7.8
6.60	7.00	14.0	7.00	0.40	17.50	5.7
6.80	6.00	12.0	6.00	0.47	12.77	7.8
7.00	34.00	41.0	34.00	0.87	39.08	2.6
7.20	8.00	21.0	8.00	0.40	20.00	5.0
7.40	6.00	12.0	6.00	0.27	22.22	4.5
7.60	6.00	10.0	6.00	0.40	15.00	6.7
7.80	8.00	14.0	8.00	0.80	10.00	10.0
8.00	9.00	21.0	9.00	0.53	16.98	5.9
8.20	11.00	19.0	11.00	0.73	15.07	6.6
8.40	9.00	20.0	9.00	0.53	16.98	5.9
8.60	7.00	15.0	7.00	0.53	13.21	7.6
8.80	10.00	18.0	10.00	0.60	16.67	6.0
9.00	10.00	19.0	10.00	0.67	14.93	6.7
9.20	9.00	19.0	9.00	0.53	16.98	5.9
9.40	8.00	16.0	8.00	0.40	20.00	5.0
9.60	9.00	15.0	9.00	0.40	22.50	4.4
9.80	9.00	15.0	9.00	0.53	16.98	5.9
10.00	9.00	17.0	9.00	0.53	16.98	5.9
10.20	13.00	21.0	13.00	0.73	17.81	5.6

10.40	9.00	20.0	9.00	0.53	16.98	5.9
10.60	10.00	18.0	10.00	0.67	14.93	6.7
10.80	10.00	20.0	10.00	0.50	20.00	5.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.60	14.33	0.64	1.9	Incoerente-Coesivo	Terreno vegetale
6.80	11.10	0.60	1.9	Incoerente-Coesivo	Argille limose plastiche di bassa consistenza
7.20	21.00	0.64	1.9	Incoerente-Coesivo	Limi sabbiosi
10.80	9.00	0.55	1.8	Incoerente-Coesivo	Argille e argille torbose plastiche

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI MEDI CPT. 2

TERRENI COESIV I

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.60	14.33	0.64	0.1	0.1	Lunne T.-Kleven A. 1981	1.0
Strato 2	6.80	11.10	0.60	0.7	0.4	Lunne T.-Kleven A. 1981	0.7
Strato 3	7.20	21.00	0.64	1.3	0.7	Lunne T.-Kleven A. 1981	1.3
Strato 4	10.80	9.00	0.55	1.7	0.8	Lunne T.-Kleven A. 1981	0.5

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0.60	14.33	0.64	0.1	0.1	Metodo generale del modulo Edometrico	48.4
Strato 2	6.80	11.10	0.60	0.7	0.4	Metodo generale del modulo Edometrico	45.6
Strato 3	7.20	21.00	0.64	1.3	0.7	Metodo generale del modulo Edometrico	42.0
Strato 4	10.80	9.00	0.55	1.7	0.8	Metodo generale del modulo Edometrico	41.2

PROVINCIA DI PERUGIA

COMUNE DI ASSISI

ELABORAZIONI INDAGINI GEOFISICHE

PROFILO SISMICO DI TIPO HVSR

TECNICI INCARICATI:

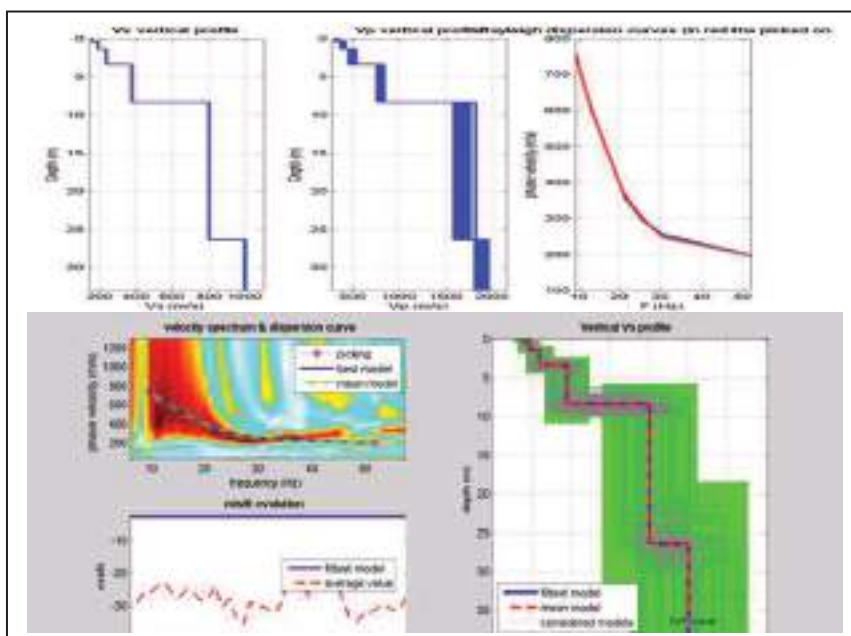
DATA: dicembre 2021

SCALA: Varie

Collaboratori:

LOCALITA': **ZONA INDUSTRIALE DI SANTA MARIA
DEGLI ANGELI - ASSISI (PG)**

COMMITTENTE: **COMUNE DI ASSISI**



STUDIO GEOLOGICO-GEOTECNICO-AMBIENTALE

Dott. Geol. Giorgio Leoni

P.I. 02344070541 – e-mail geostudio.leoni@alice.it

Vicolo delle Conservette n. 12

06036 MONTEFALCO (PG)

Tel./fax 0742/378657-347/3561957

Via G. Lo Cascio n. 15

06125 Perugia

Tel./fax 075/43079-347/3561957

INDICE

PREMESSA	3
ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI.....	3
HVSR - STAZIONE DI MISURA ST1 (Palazzetto dello Sport - Trevi).....	5
CONSIDERAZIONI SUL MODELLO SISMICO DI SITO	8

Premessa

Su incarico del *Comune di Assisi* è stata eseguita un'indagine con metodologia HVSR metodo Nakamura, al fine di conoscere le frequenze caratteristiche di sito relative all'area in esame; zona industriale di Santa Maria degli Angeli del Comune di Assisi.

Acquisizione ed elaborazione dati

Per le misure è stata impiegata una terna di sensori velocimetrici ad alta sensibilità della SARA Electronics Instruments S.r.l., con frequenza naturale pari a 4,5 Hz, contenuti in scatola di alluminio livellabile. I sensori utilizzano elementi di alta stabilità, con tecnica di assemblaggio che garantisce una ortogonalità assoluta degli elementi e un livellamento perfetto, essenziale specialmente per i sensori da 4,5Hz.

Il rumore sismico ambientale viene prodotto da cause naturali come onde oceaniche, perturbazioni atmosferiche, venti, o da vibrazioni di origine antropica che possono essere rappresentate principalmente da traffico veicolare o da attività industriale. I microtremiti che sono prodotti da fenomeni naturali a grande distanza, sono in genere caratterizzati da frequenze molto basse (<0.5 Hz) e stabili che si compongono principalmente in onde superficiali.

Il segnale registrato nelle tre componenti viene processato dividendolo in finestre temporali di uguale grandezza. Su tali finestre temporali vengono calcolati gli spettri di risposta e successivamente la componente H viene ricavata dalla media tra le due componenti NS ed EW.

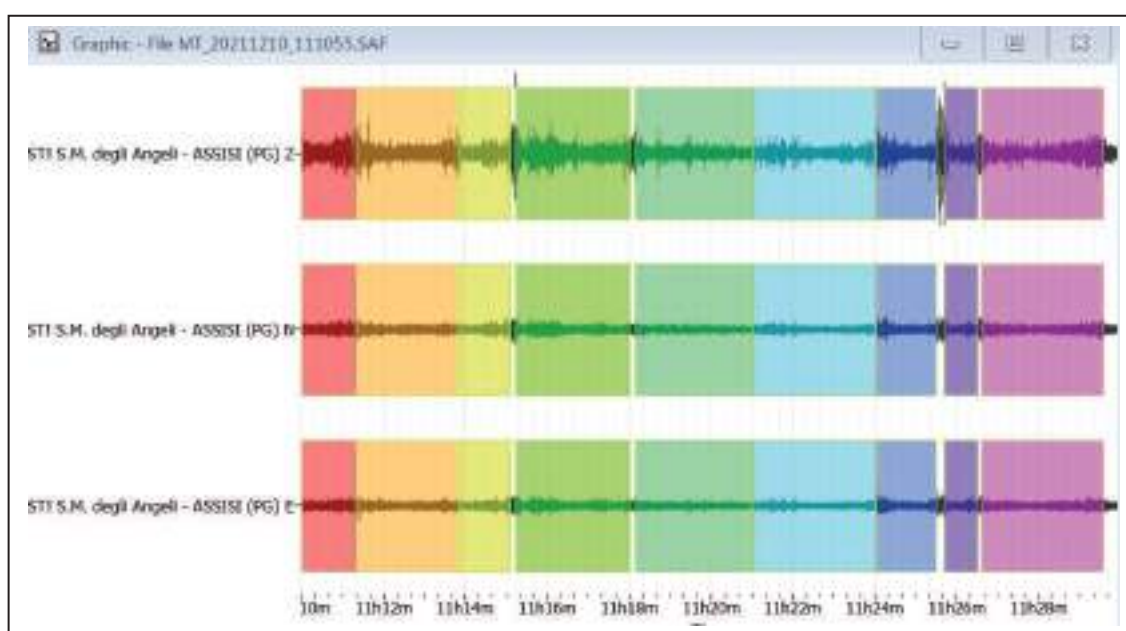
Vengono ricavati i rapporti spettrali H/V per ciascuna finestra ed infine, dopo un confronto tra le varie finestre per verificare la continuità nel tempo del rapporto spettrale tra le componenti orizzontali e la verticale, si ottiene per media la curva H/V del sito. Attraverso un confronto tra i singoli spettri di risposta, sia tra quelli delle componenti orizzontali che tra questi e quello della componente verticale, e attraverso il confronto tra il rapporto spettrale H/V e quello della componente verticale, vengono escluse quelle frequenze dipendenti da cause non correlabili alle caratteristiche fisiche del mezzo, come ad esempio quelle

provenienti da cause artificiali attive, vicine e monodirezionali o passive (trasmissione dinamica delle frequenze modali di un edificio), oppure quelle causate da rumore elettromagnetico.

Le frequenze rilevate sono ampiamente contenute nell'intervallo 0.5÷20 Hz di interesse ingegneristico.

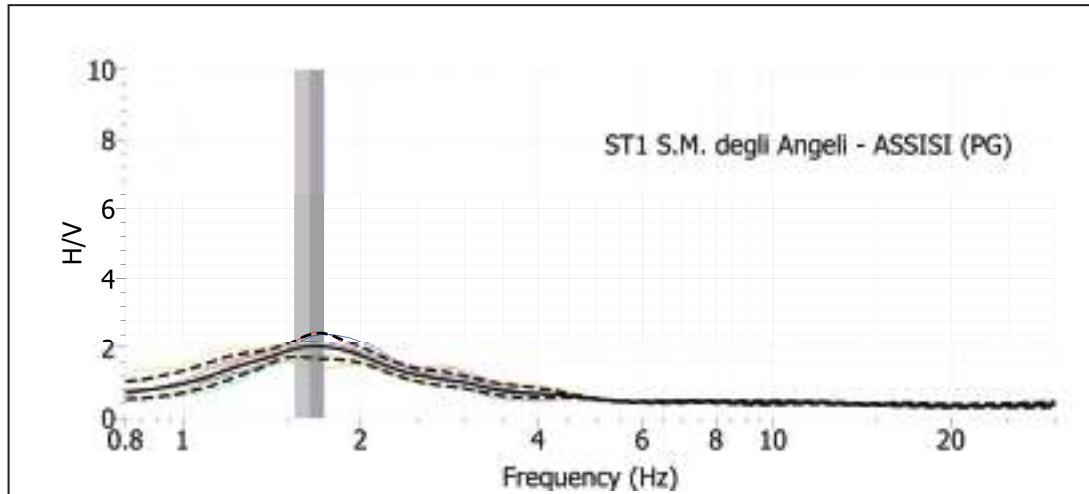
HVSR - Stazione di Misura ST1 (Zona Industriale S.M.A - Assisi)

COORDINATE GEOGRAFICHE (WGS84)		COORDINATE GEOGRAFICHE (ED50)	
LAT.	LONG.	LAT.	LONG.
43.052863	12.563074	43.053826	12.564016

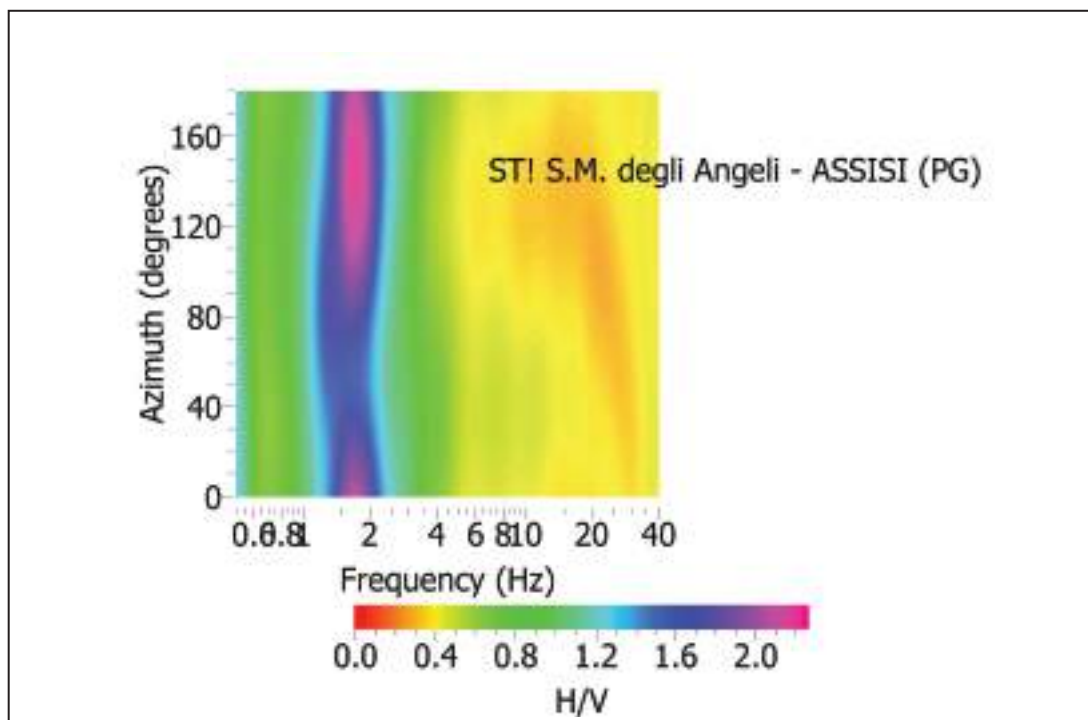
**Elaborazione della curva H/V**

Dati di Modellazione della curva di frequenza

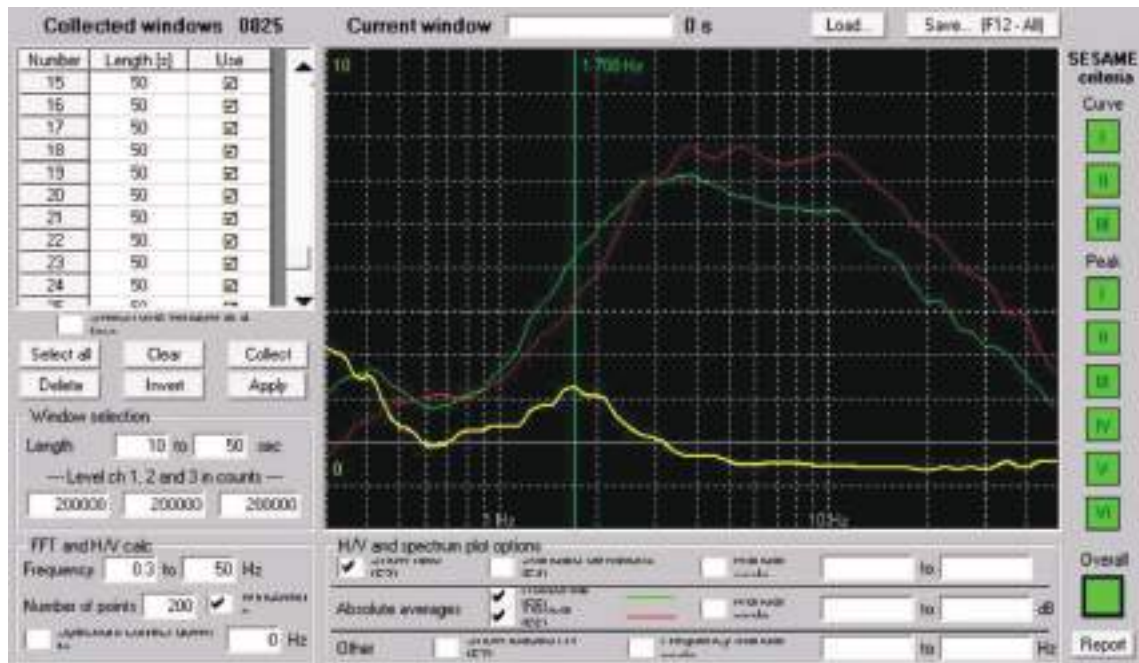
```
# GEOPSY output version 1.1
# Number of windows = 7
# f0 from average 1.6637
# Number of windows for f0 = 7
# f0 from windows 1.70825      1.54449      1.836
# Peak amplitude 2.02918
```



Valutazione della Stazionarietà e della Direzionalità del rapporto HVSR



Verifica dei Criteri Sesame



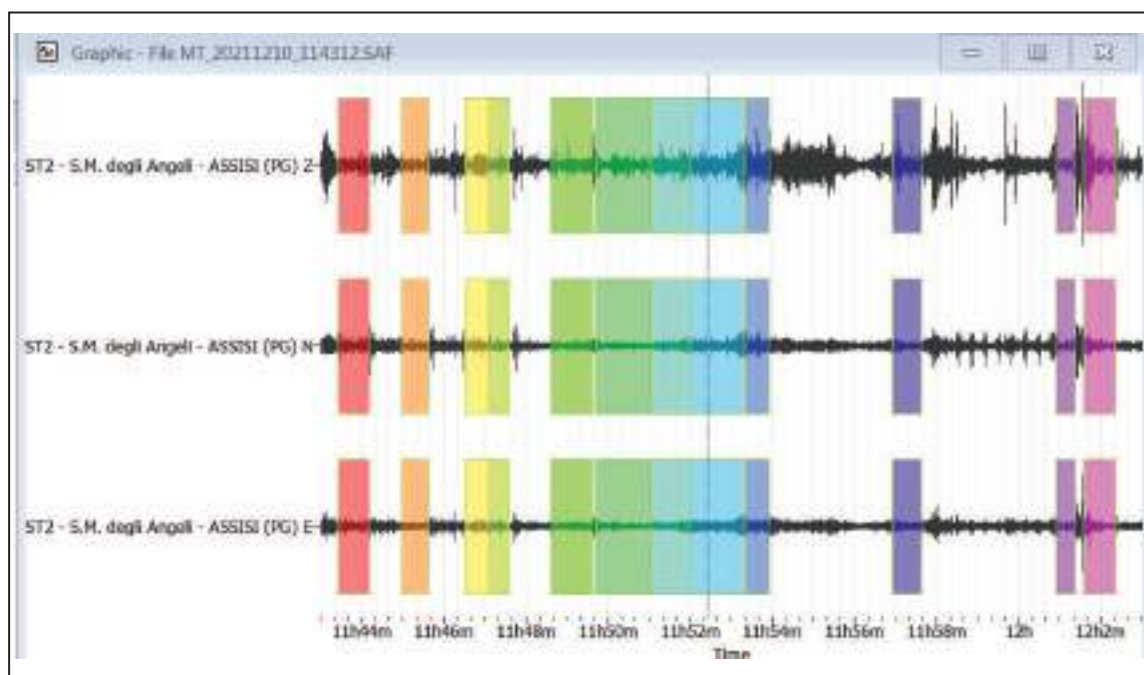
La curva della frequenza caratteristica risulta abbastanza piatta e con la presenza di un solo picco significativo riconducibili ad un salto di impedenza sismica per la presenza di litotipi differenti..

HVSR - Stazione di Misura ST2 (Zona Industriale S.M.A - Assisi)

COORDINATE GEOGRAFICHE (WGS84)		COORDINATE GEOGRAFICHE (ED50)	
LAT.	LONG.	LAT.	LONG.
43.050753	12.567750	43.051716	12.568692

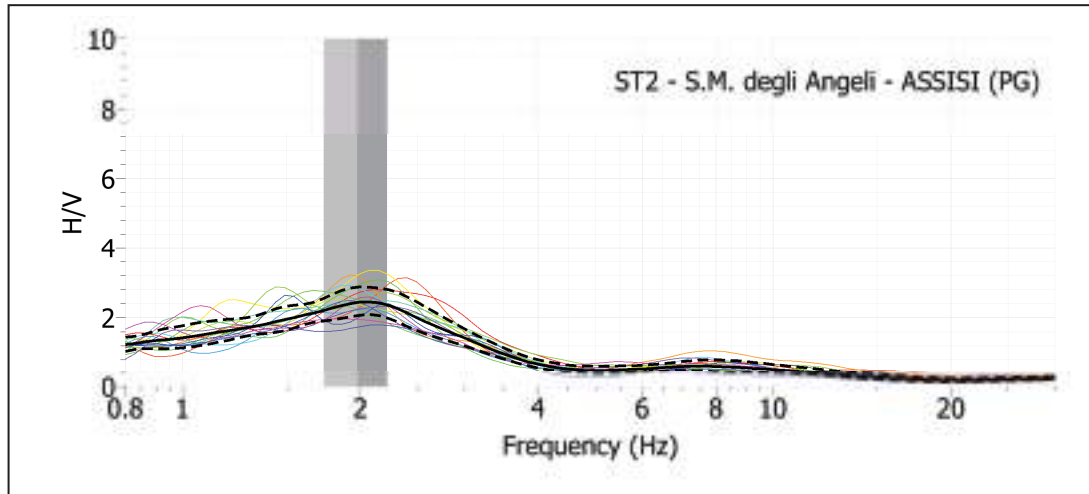


Elaborazione della curva H/V

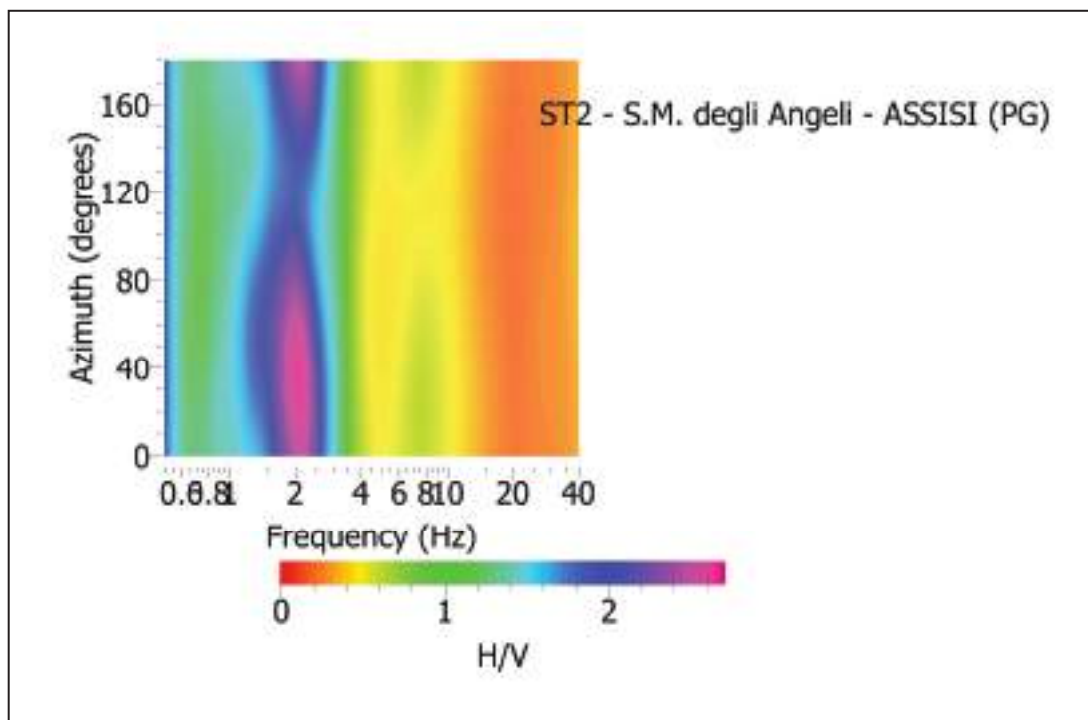


Dati di Modellazione della curva di frequenza

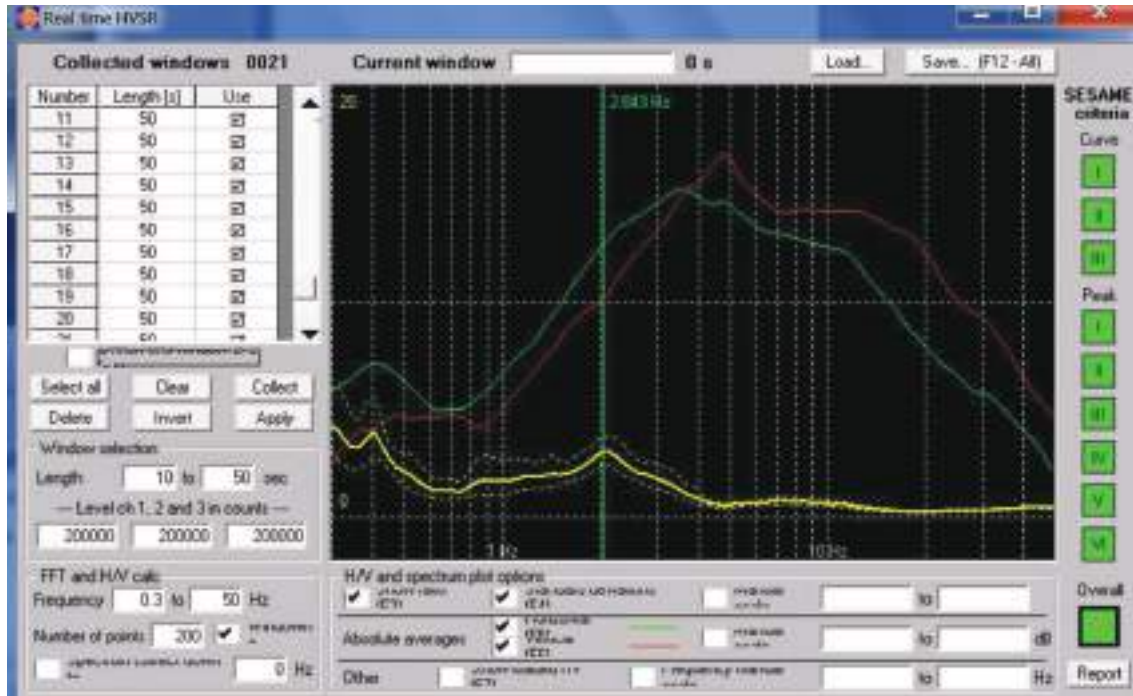
```
# GEOPSY output version 1.1
# Number of windows = 18
# f0 from average 2.07239
# Number of windows for f0 = 18
# f0 from windows 2.0433      1.93365      2.21894
# Peak amplitude 2.42702
```



Valutazione della Stazionarietà e della Direzionalità del rapporto HVSr



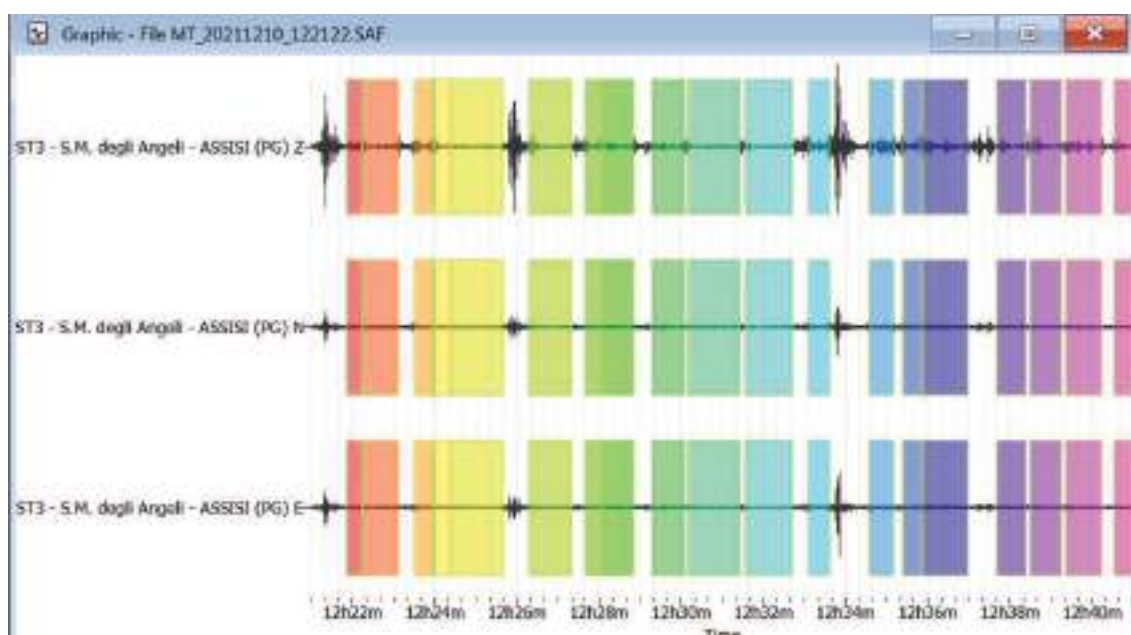
Verifica dei Criteri Sesame



La curva della frequenza caratteristica risulta abbastanza piatta e con la presenza di un solo picco significativo riconducibili ad un salto di impedenza sismica per la presenza di litotipi differenti..

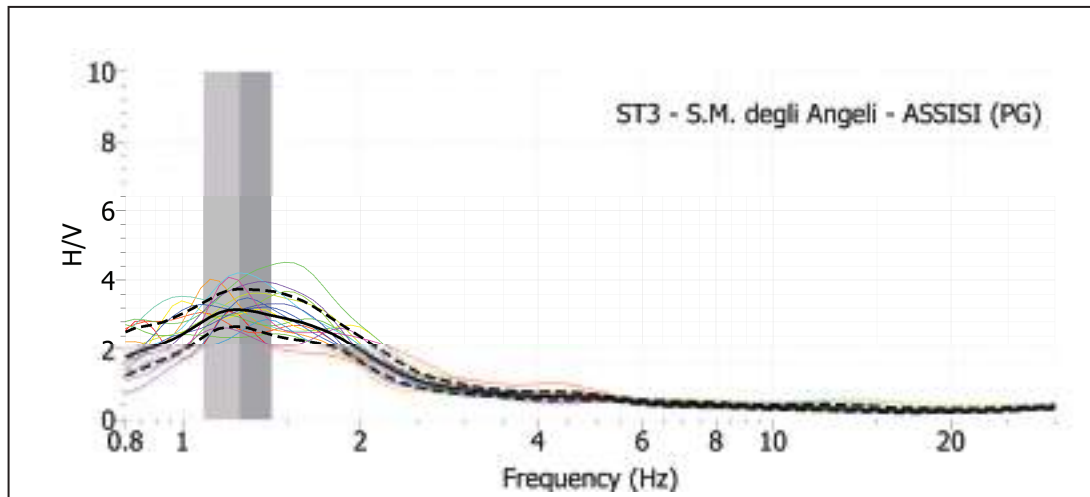
HVSR - Stazione di Misura ST3 (Zona Industriale S.M.A - Assisi)

COORDINATE GEOGRAFICHE (WGS84)		COORDINATE GEOGRAFICHE (ED50)	
LAT.	LONG.	LAT.	LONG.
43.049380	12.560721	43.050343	12.561663

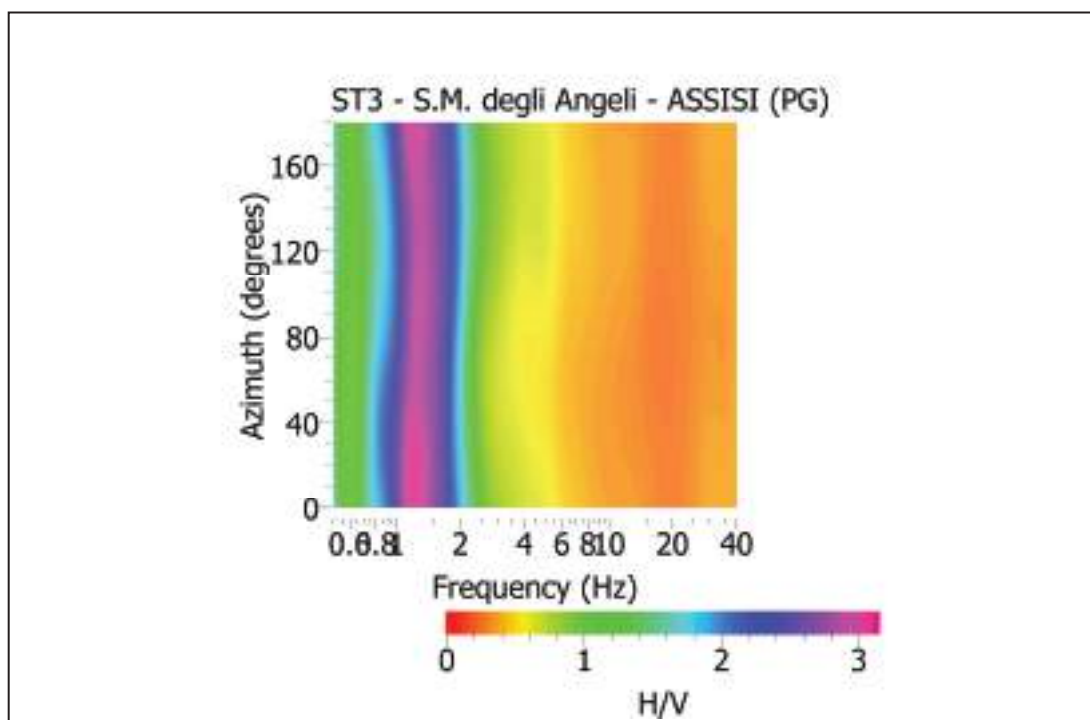
**Elaborazione della curva H/V**

Dati di Modellazione della curva di frequenza

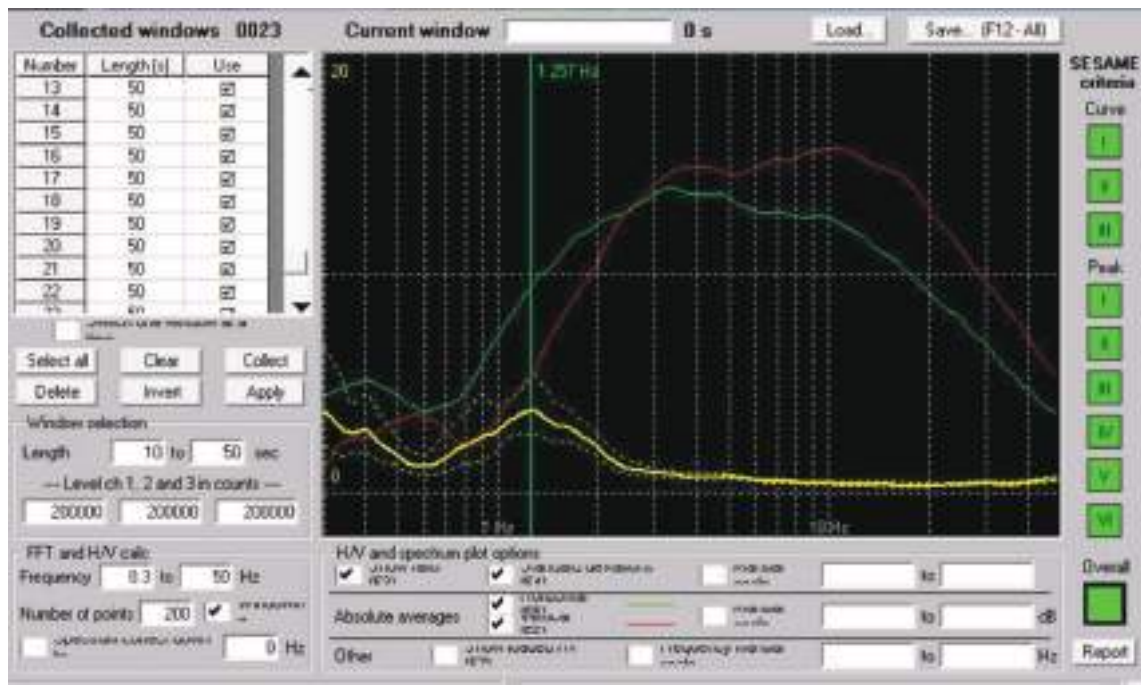
```
# GEOPSY output version 1.1
# Number of windows = 18
# f0 from average 1.24131
# Number of windows for f0 = 18
# f0 from windows 1.25713      1.08466      1.41359
# Peak amplitude  3.15668
```



Valutazione della Stazionarietà e della Direzionalità del rapporto HVSR



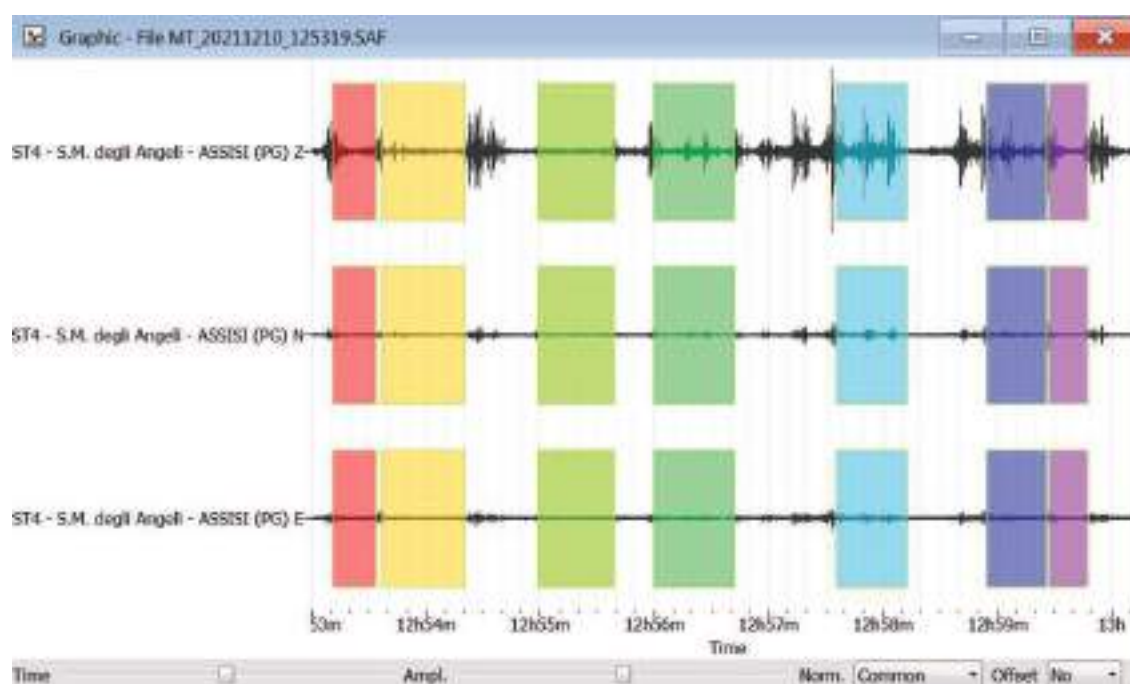
Verifica dei Criteri Sesame



La curva della frequenza caratteristica risulta abbastanza piatta e con la presenza di un solo picco significativo riconducibili ad un salto di impedenza sismica per la presenza di litotipi differenti..

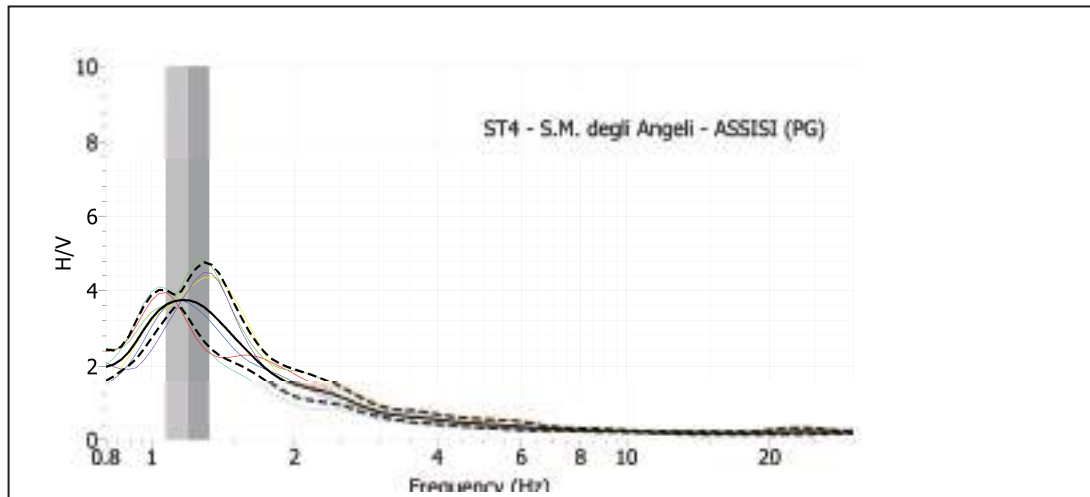
HVSR - Stazione di Misura ST4 (Zona Industriale S.M.A - Assisi)

COORDINATE GEOGRAFICHE (WGS84)		COORDINATE GEOGRAFICHE (ED50)	
LAT.	LONG.	LAT.	LONG.
43.050665	12.557362	43.051628	12.558304

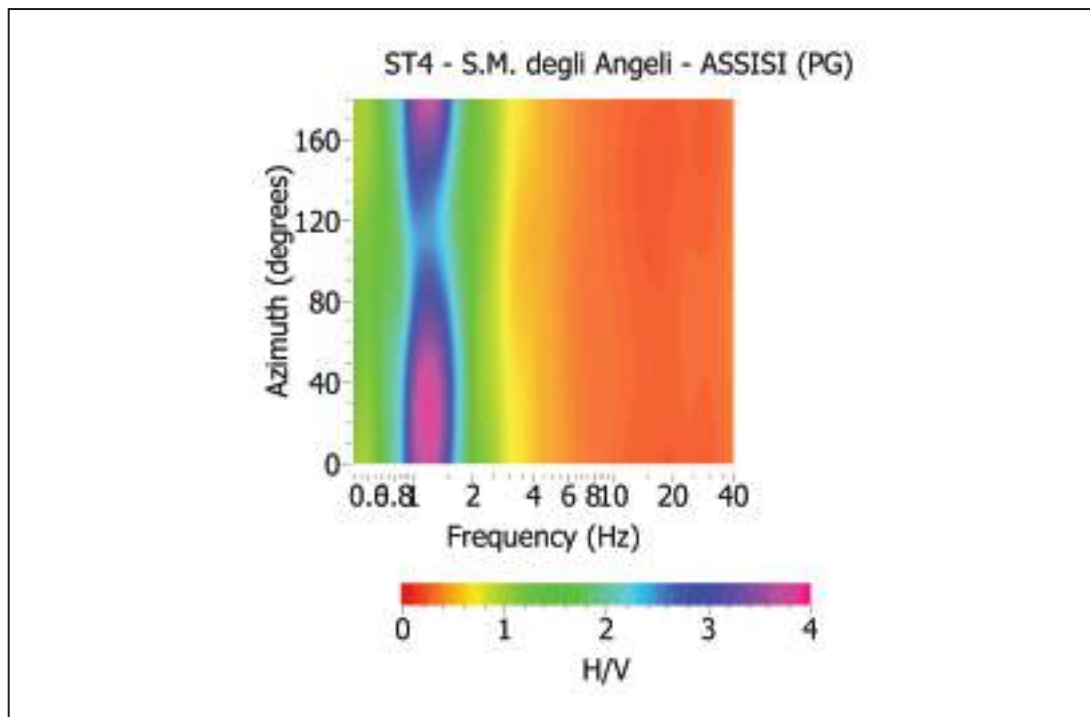
**Elaborazione della curva H/V**

Dati di Modellazione della curva di frequenza

```
# GEOPSY output version 1.1
# Number of windows = 6
# f0 from average 1.15367
# Number of windows for f0 = 6
# f0 from windows 1.051506    1.00879    1.32134
# Peak amplitude 3.73979
```



Valutazione della Stazionarietà e della Direzionalità del rapporto HVSR



Verifica dei Criteri Sesame



La curva della frequenza caratteristica risulta abbastanza piatta e con la presenza di un solo picco significativo riconducibili ad un salto di impedenza sismica per la presenza di litotipi differenti..

Considerazioni sul modello sismico di sito

Le curve della frequenza caratteristica dei siti indagati risultano sempre abbastanza piatta e con la presenza di un solo picco significativo riconducibile ad un salto di impedenza sismica per la presenza di litotipi differenti a più alto grado di addensamento o di consistenza.

Le frequenze ottenute sono ampiamente contenute nell'intervallo 0.5÷20 Hz di interesse ingegneristico.

Nella Tabelle seguente si riportano i valori delle elaborazioni delle registrazioni eseguite:

HVSR – Zona industriale di Santa Maria degli Angeli - Assisi (PG)	FREQUENZA (f_0)	Peak Amplitude
HVSR – ST1	1.70825 Hz	2.02918
HVSR – ST2	2.0433 Hz	2.42702
HVSR – ST3	1.25713 Hz	3.15668
HVSR – ST4	1.05150 Hz	3.73979

Montefalco, dicembre 2021

Dott. Geol. Giorgio Leoni