PAGNOTTA ANDREA ***Geologo***
Via E. Proietti Divi, 45 - Terni
3282260547 – 0744405908
e mail: pagnotta.andrea@alice.it
Pec: pagnotta.andrea@epap.sicurezzapostale.it
c.f. PGNNDR62E05L117E – P. Iva 00637820556

COMUNE DI TERNI

PROVINCIA DI TERNI

LOCALITA' "MARATTA BASSA"

VARIANTE PARZIALE AL PRG PARTE OPERATIVA

Area paip Marattta
REALIZZAZIONE DI UN PARCO COMMERCIALE

RIFERIMENTI CATASTALI:
Foglio n. 82 - particelle (vds. elenco allegato)

RELAZIONE GEOLOGICA - RELAZIONE GEOFISICA

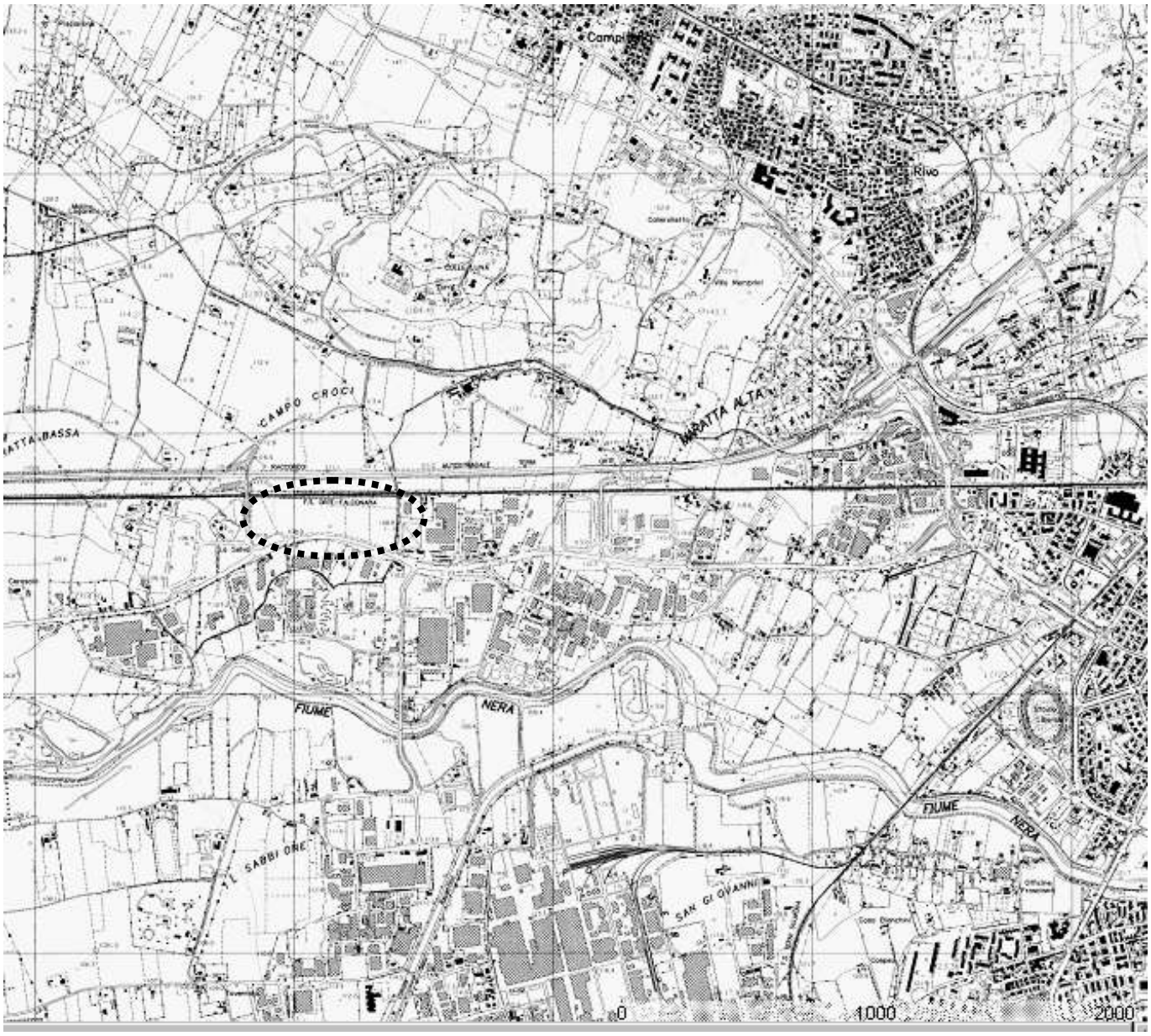
Ditta:
MARE BLU SPA
VIA ROMA, 447
MARTINSICURO - TERAMO

luglio 2019

Aggiornamento Professionale Continuo
A.P.C.
CERTIFICATO
Dott. Geol. Pagnotta Andrea
Triennio 2014-2016
Valido fino a gennaio 2020
Ordine dei Geologi
Umbria

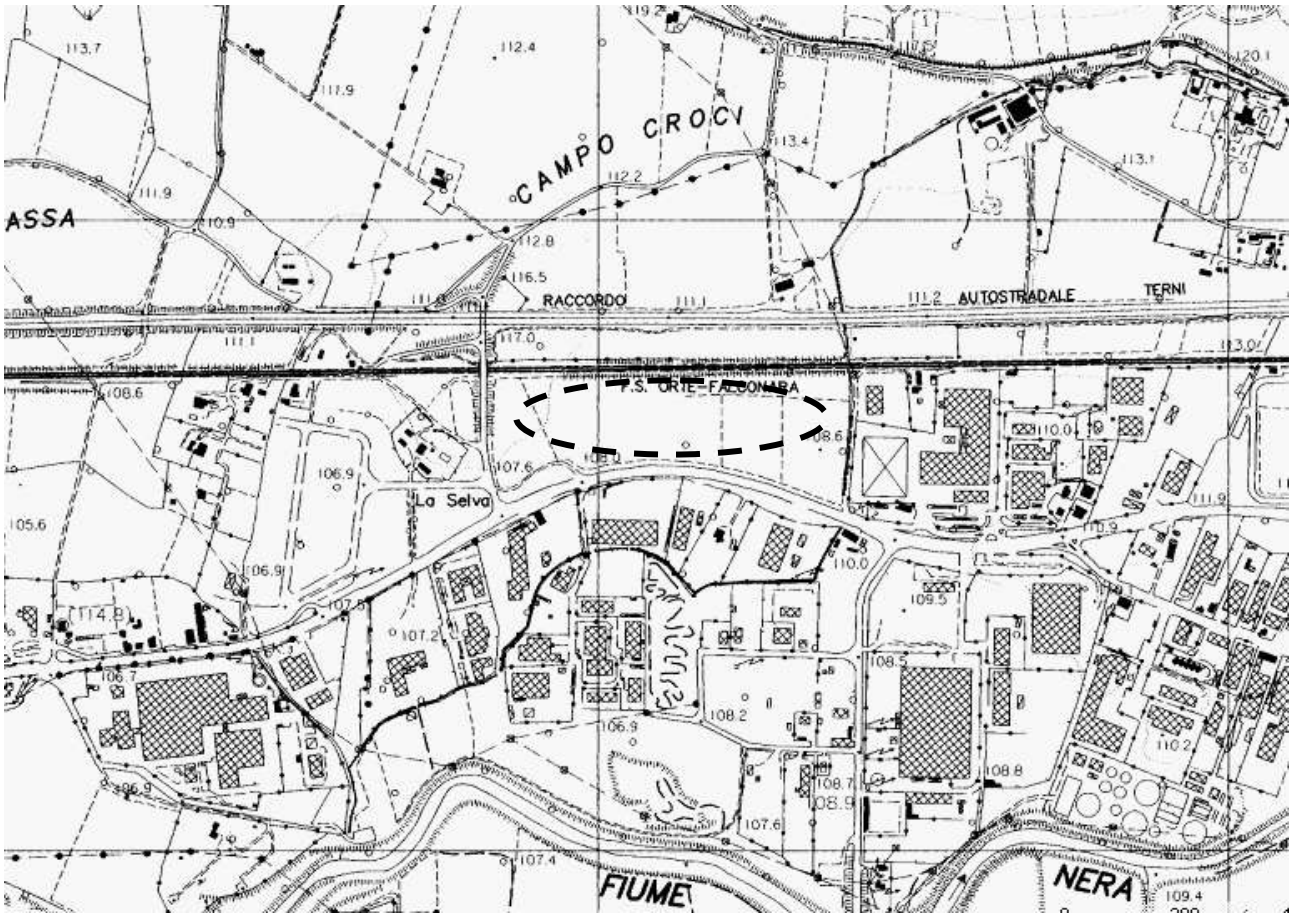
Andrea Pagnotta
Ordine Geologi Regione Umbria
Iscrizione Albo Professionale n. 149

CARTA TECNICA REGIONALE
SCALA 1 : 25000



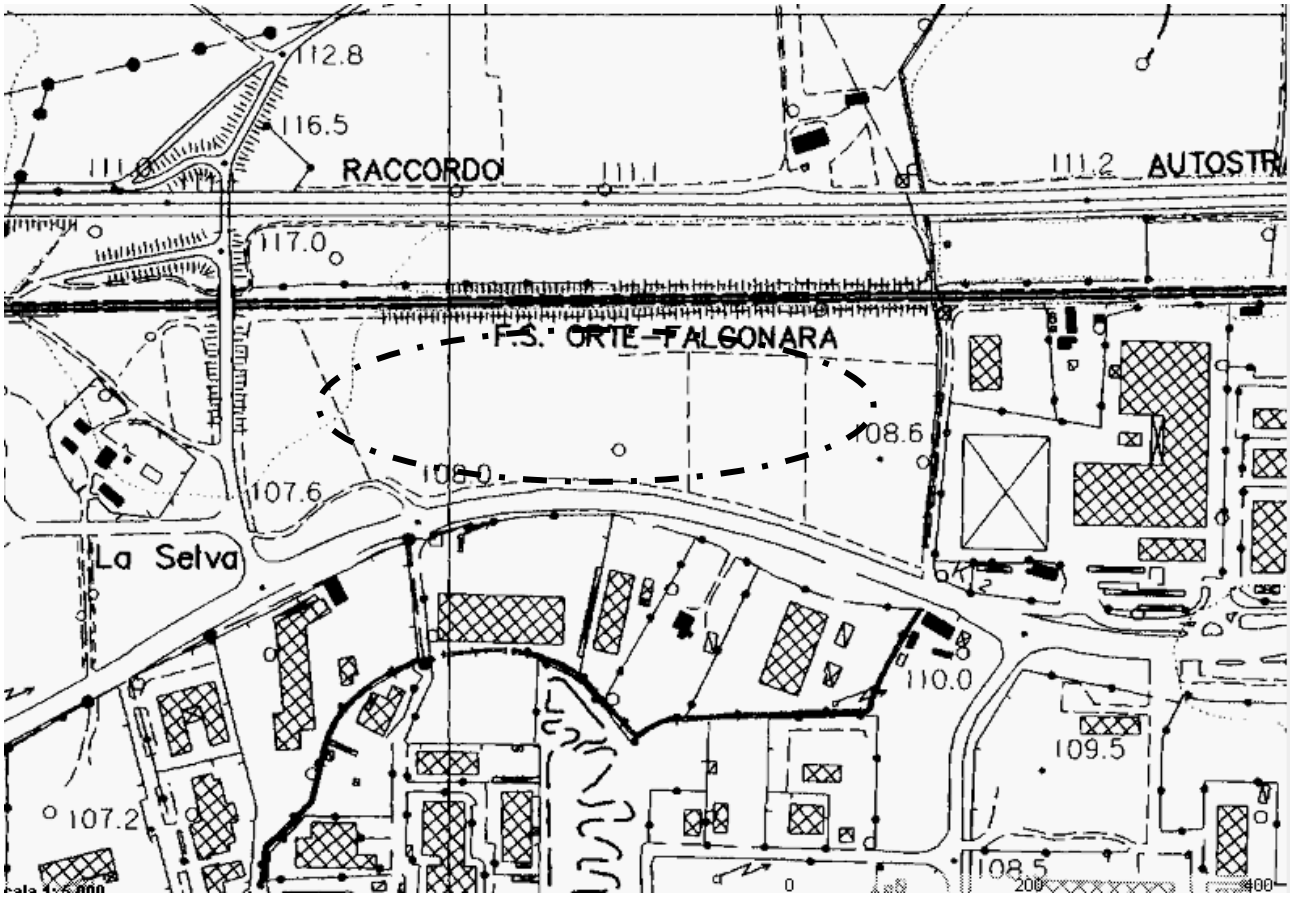
CARTA TECNICA REGIONALE
ELEMENTO 346040 - TERNI
SCALA 1: 10000

UBICAZIONE AREA D'INTERVENTO

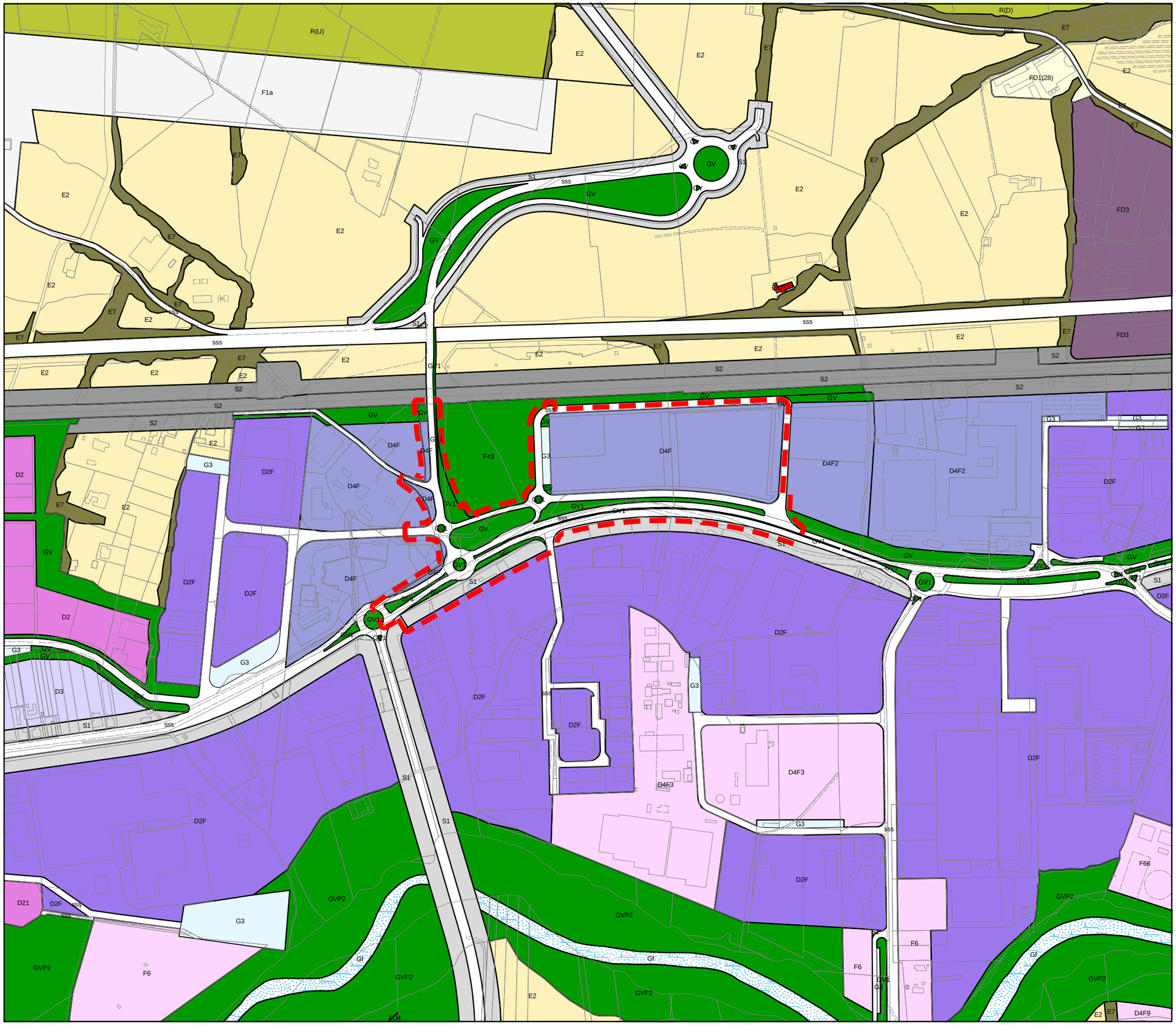


CARTA TECNICA REGIONALE
SCALA 1: 5000

UBICAZIONE AREA D'INTERVENTO



Comune di Terni



ZONIZZAZIONE

Variante parziale al P.R.G.
- Parte Operativa -

Estratto Tavola "A"

LEGENDA SINTETICA

		Art. N.T.A.
ZONE - D PRODUTTIVE		
D4F	Infrastrutture tecniche per l'industria e l'artigianato	82
ZONE - F PER SERVIZI GENERALI		
F43	Parchi archeologici	116
ZONE - G PER SERVIZI PER INS. RESIDENZ.		
GV	Spazi pubblici attrezzati a parco	127
GV1	Verde spartitraffico	127
G3	Parcheggi	128
ZONE - S SPECIALI		
S1	Rispetto stradale	128
S	Viabilità/piazze/spazi pubblici	128

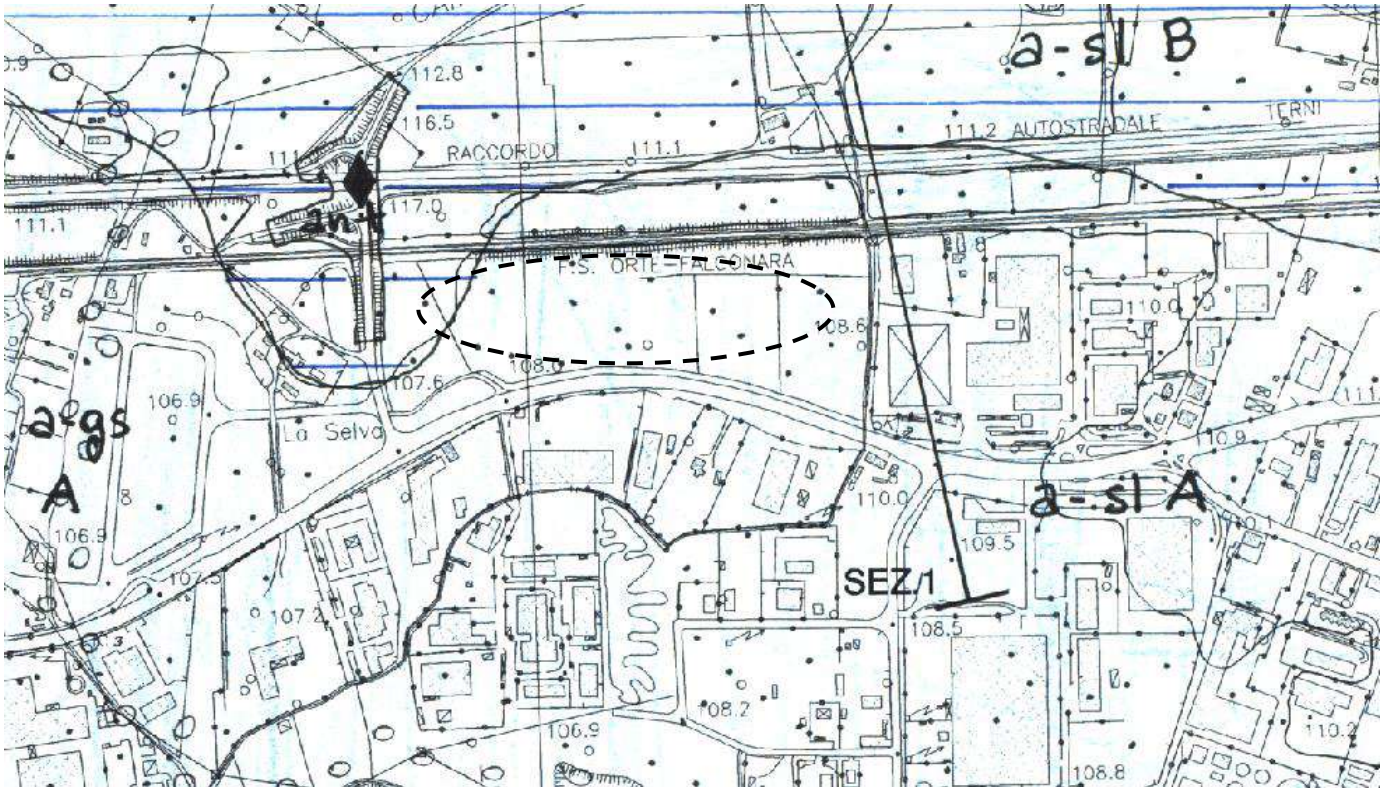
DELIMITAZIONI		
	Limite variante parziale	128

N
O E
S

scala 1:5.000

0 25 50 100 150 200 metri

SERVIZIO GEOLOGICO REGIONE UMBRIA
CARTA GEOLOGICA SCALA 1:10000
ELEMENTO 346040



ACCUMULI ANTROPICI (ant)

Depositi di materiale non cementato, da poco a mediamente addensato; materiale di riporto di origine antropica (colmate, discariche, ecc.)
Olocene

ALLUVIONI (a)

Limi argilliosi e limi sabbiosi con inglobati depositi lentiformi e nastriformi di ghiaie sabbiose. Ghiaie sciolte o debolmente cementate, con intercalazioni di lenti di sabbie bruno-giallastre e di argille grigie. Nella parte orientale (zona d Terni) affiora estesamente uno strato superficiale di sabbie calcaree limose avana, di origine travertinosa.

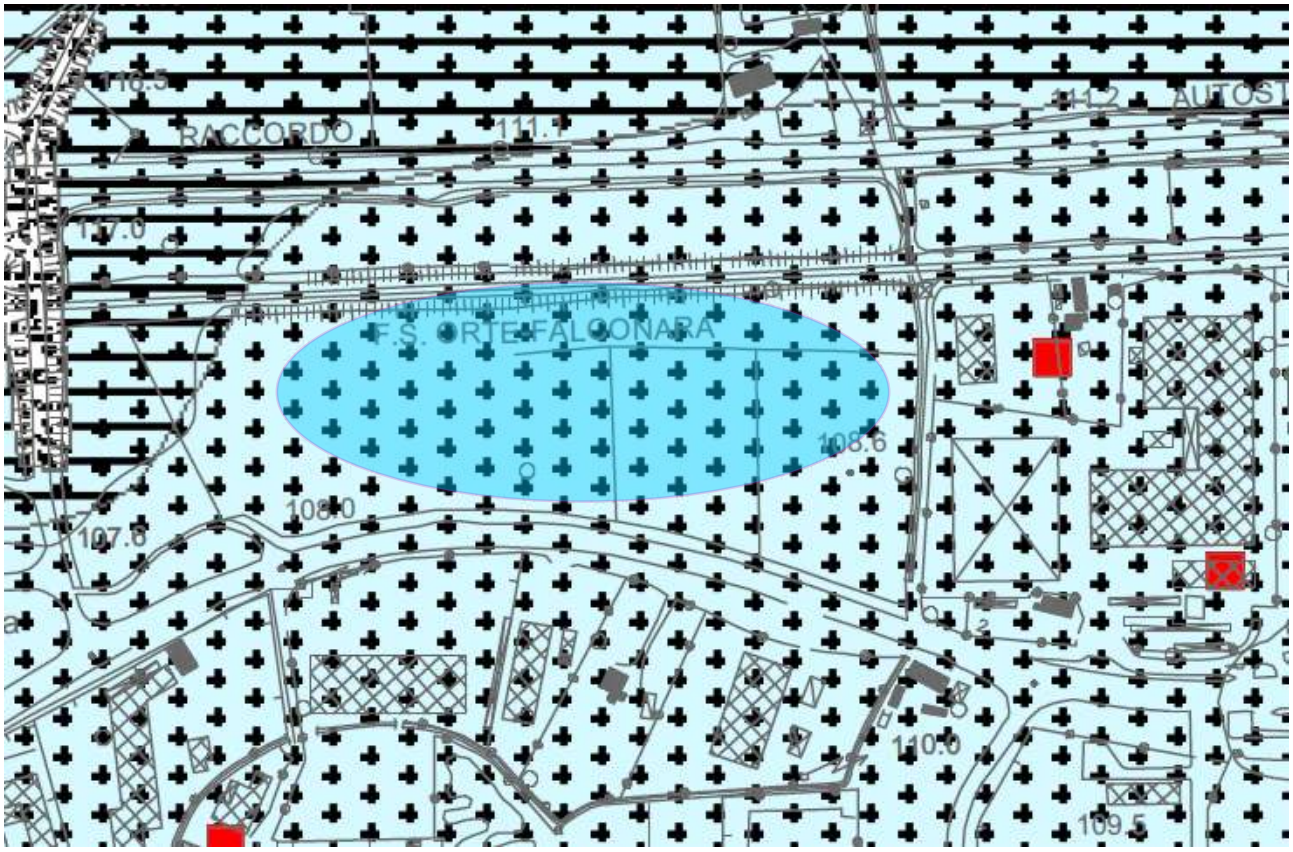
-Ghiaie e ghiaie con sabbia prevalenti **gs** (pallinato)
-Sabbie e sabbie limose prevalenti **sl** (puntinato)
-Limi, limi argilliosi e argille prevalenti **la** (tratteggiato)

Saranno utilizzate combinazioni di due sigle per indicare la coesistenza di più tipi granulometrici
A) Depositi alluvionali in rapporto con la morfologia e la dinamica attuale, Olocene
B) Depositi alluvionali non in rapporto con la dinamica attuale ma in continuità morfologica con A, Pleistocene-Olocene

COMUNE DI TERNI

PIANO REGOLATORE GENERALE

CARTA GEOLOGICA ELEMENTO 346040



ant Accumuli Antropici: Depositi di materiale non cementato, da poco a mediamente addensato; materiali di riporto di origine antropica (Olocene)

Alluvioni:
Limi sabbiosi e limi argillosi con inglobati depositi lentiformi e nastriformi dighiaie e ghiaie sabbiose sciolte o debolmente cementate, talora a stratificazione incrociata, con intercalazioni di lenti di sabbie bruno-giallastre e di argille grigie

aA (aA) Depositi alluvionali in rapporto con la morfologia e la dinamica attuale (Olocene)

aB (aA) Depositi alluvionali non in rapporto con la dinamica attuale ma in continuità morfologica con aA (Pleistocene-Olocene)

ale (ale) Depositi alluvionali non in rapporto con la morfologia nè la dinamica attuale (Pleistocene)

Sovrassimboli depositi alluvionali

Depositi prevalentemente Limo-sabbiosi

Depositi prevalentemente Ghiaiosi

Depositi prevalentemente Ghiaiosi e Limo-sabbiosi

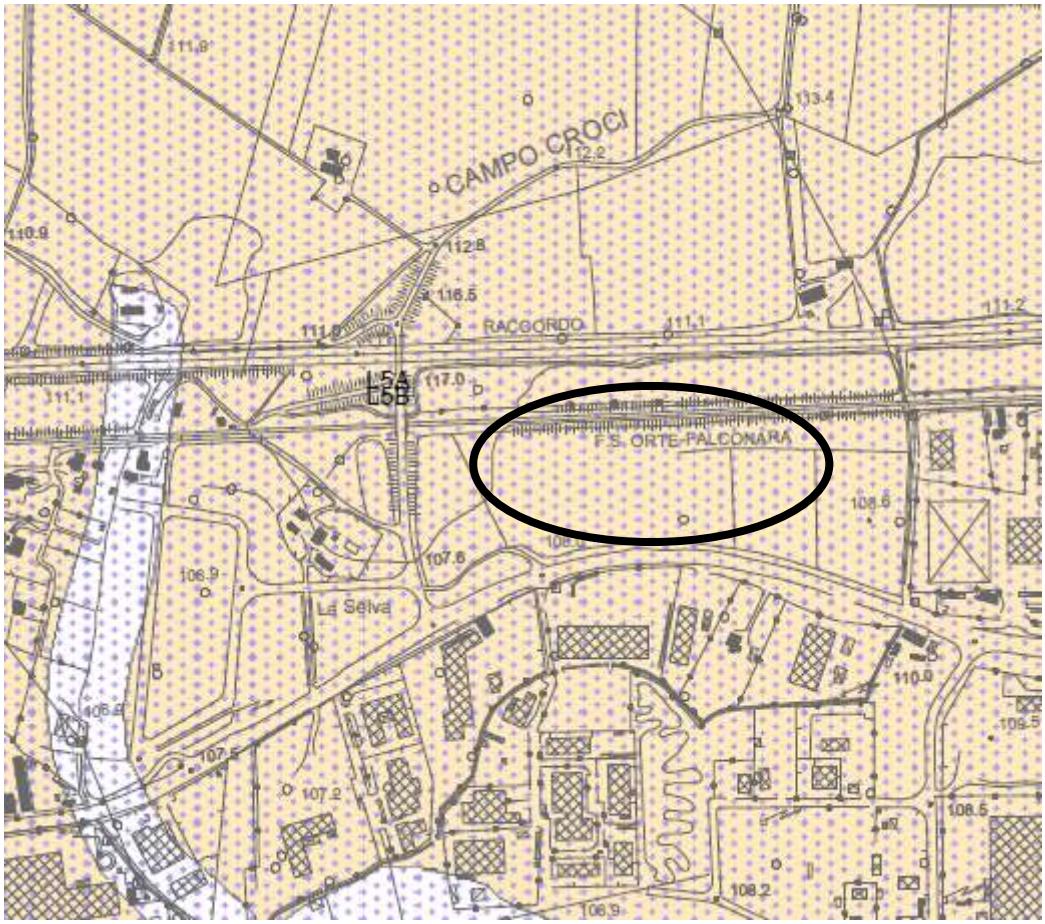
Depositi prevalentemente Limo-argillosi

COMUNE DI TERNI – PIANO REGOLATORE GENERALE

BASE CARTOGRAFICA CTR SCALA 1:10000 - ELEMENTO 346040

CARTA LITOTECNICA

UBICAZIONE AREA IN STUDIO



SIGLE	COPERTURA E SUBSTRATO ALTERATO
L5	Materiali granulari sciolti o poco addensati
L5a	a prevalenza ciottolosa
L5b	a prevalenza sabbiosa
L5c	a prevalenza limo-argillosa/argillo-limosa
L6	Materiali coesivi normalconsolidati

COMUNE DI TERNI – PIANO REGOLATORE GENERALE

BASE CARTOGRAFICA CTR SCALA 1:10000 - ELEMENTO 346040

CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO – AREE ESONDABILI

UBICAZIONE AREA IN STUDIO

LEGENDA

Rischio idraulico reticolo principale

- FASCIA A - Aree a rischio molto elevato
- FASCIA B - Aree a rischio elevato
- FASCIA C - Aree a medio rischio

Rischio idraulico reticolo secondario

- Aree a rischio idraulico molto elevato (TR=50 anni) R4 fossi - Fascia A delle N.T.A. del PAI
- Aree a rischio idraulico elevato (TR=200 anni) Fascia B delle N.T.A. del PAI

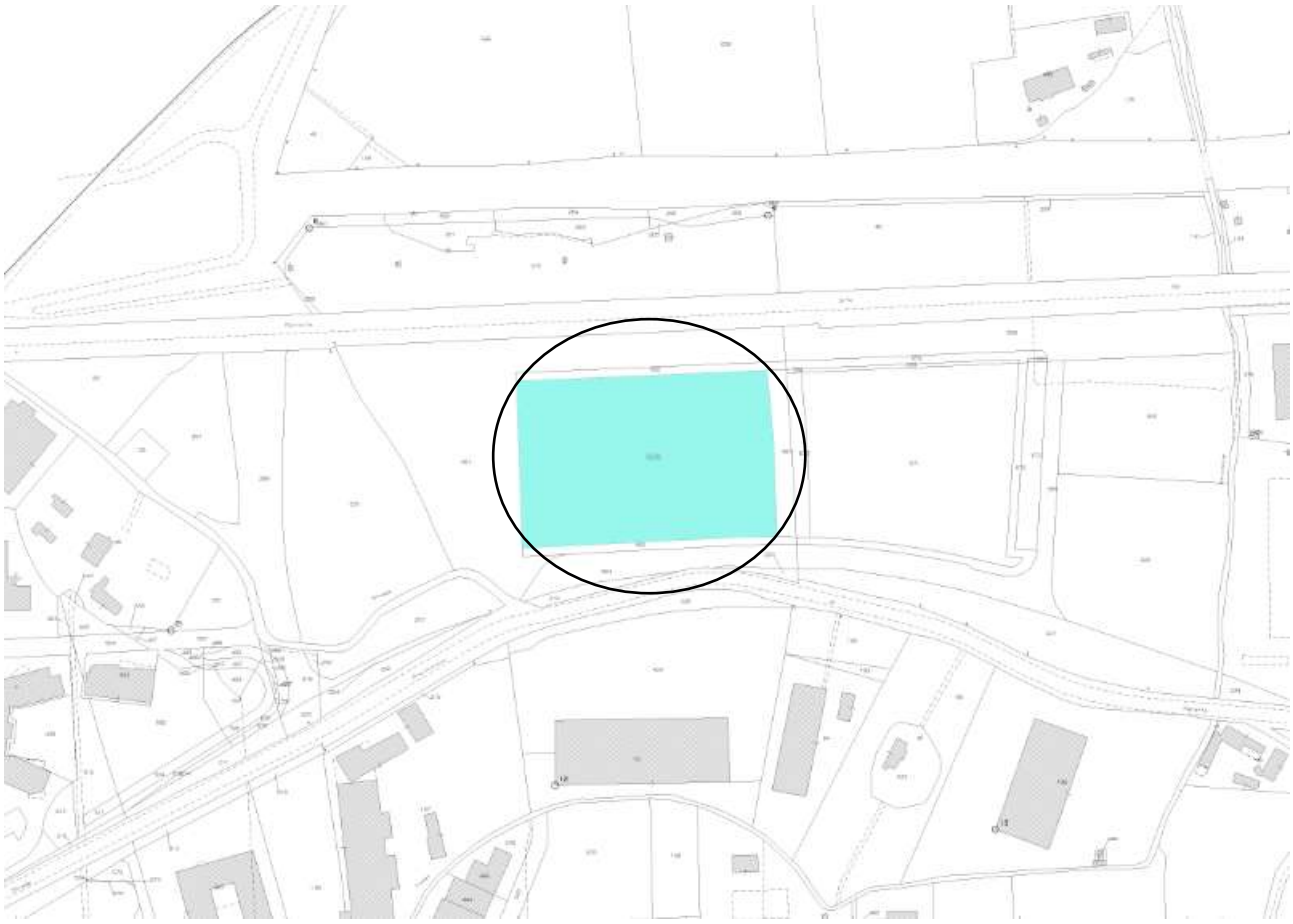
- RISCHIO R2
- RISCHIO R3
- RISCHIO R4

UBICAZIONE AREA IN STUDIO

STRALCIO PLANIMETRIA CATASTALE
LOCALITA' "MARATTA BASSA"

AREA REALIZZAZIONE DI DUE EDIFICI
DA DESTINARE AD USO COMMERCIALE

Foglio n. 82, particella n. 668



COMUNE DI TERNI

PREMESSA

La presente Relazione è stata redatta nel mese di marzo 2019 ad evasione dell'incarico conferito allo scrivente dalla "MARE BLU SPA" Società con sede a Martinsicuro, Teramo, in Via Roma, 447.

Lo studio è stato compiuto con l'intento di valutare, relativamente ai caratteri Geologici, Morfologici e Sismici, le condizioni di fattibilità del progetto che prevede, in località "Maratta bassa", previa variante urbanistica al PRG parte operativa, la realizzazione di un parco commerciale.

Il terreno in oggetto è censito al locale catasto comunale al Foglio n. 82, per le particelle coinvolte vedasi elenco allegato.

La successione stratigrafica del sottosuolo del sito è stata ricostruita sulla scorta dei dati acquisiti da:

- n. 6 (sei) sondaggi penetrometrici di tipo dinamico, realizzati nell'area d'intervento con penetrometro "Pagani" semovente;
- scavi di saggio, oltre 10, spinti sino a 3,5 metri dall'attuale piano campagna, realizzati nel quadro di un precedente intervento mai completato (imposta plinti).

Il comportamento del sottosuolo sotto sollecitazione sismica è stato definito, ai sensi del D.M. 17.01.2018, utilizzando il cosiddetto "approccio semplificato", metodo che prevede l'attribuzione della categoria sismica del sottosuolo sulla base di n. 2 profili sismici:

a) MASW, finalizzato alla misurazione diretta della velocità delle onde sismiche di taglio (onde "S" Vs eq.);
b) HVSR, utilizzato per la definizione della "frequenza" di sito e per la valutazione della profondità del bedrock sismico e della "frequenza" di sito $\mathbf{f_0}$.

I dati acquisiti nel corso sia della campagna geognostica che di quella geofisica, sono stati confrontati con quelli messi a disposizione:

- dalla banca dati regionale, inerenti numerosi sondaggi meccanici eseguiti in aree contermini o al massimo limitrofe a quella in studio;
- dal Comune di Terni utilizzati per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica di I e II livello di questa porzione di territorio comunale.

L'ubicazione di tutti i sondaggi e dei profili sismici esaminati è indicata nella cartografia dedicata ed i report completi delle indagini geofisiche eseguite sono forniti in allegato.

L'analisi dei dati geologici, morfologici e stratigrafici, acquisiti, sia in forma diretta che da bibliografia, non ha evidenziato elementi in grado di amplificare gli effetti di eventuali crisi sismiche rispetto a quanto atteso.

Alla presente relazione sono inoltre allegate cartografie tematiche su base CTR, riportate in stralci d'interesse, mutuate da studi di ordine superiore quali: PRG Comune di Terni, Pai ABT, Microzonazioni sismiche Comune di Terni (MOPS), Servizio Geologico Regionale.

I dati utilizzati nella presente relazione sono tratti da:

- Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000, Fg. 138 "Terni";
- Cartografia I.G.M. scala 1:25000 "Terni";
- Carta Tecnica Regionale scala 1:5.000;
- Carta Geologica Servizio Geologico Regionale;
- Piano Regolatore Generale Città di Terni;
- Rischio Idraulico (PAI) Autorità di Bacino;
- Rilevamento geologico di superficie;
- N. 6 sondaggi penetrometrici;
- Scavi geognostici di saggio spinti sino alla profondità di

circa 3,0 metri dall'attuale piano campagna;

- Profilo sismico di tipo MASW;
- Profilo sismico di tipo HVSR;

QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

•D.M. LL.PP. del 12/12/1985 Norme tecniche per le tubazioni (punti 1.1. Progetto – 2.1. Interazione tubazioni terreni di posa: Relazione geologica)

•la L.R. 1/2004 (art.4 comma 4)

•la L.R. 11/2005 (art.24 commi 9-11 e art.37 comma 3)

Per lo studio di Microzonazione sismica a supporto del P.A.:

•l'O.P.C.M. 3274/2003

•la Delib. G.R. n° 852/2003

•la Delib. G.R. n°1700/2003 (cfr. Allegato B: edifici rilevanti…)

•la L.R. 11/2005 (art. 24 comma 9)

•l'O.P.C.M. 3519/2006

•le NTC 2018 - D.M. 17.01.2018

•le linee guida del DPC sett. 2008 (punto 1.6.3.3 "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica").

•la Delib. G.R. n°377/2010 (Criteri per l'esecuzione degli studi di microzonazione sismica - Punti 5 e 6);

INQUADRAMENTO MORFOLOGICO

Il sito in studio è ubicato nel Comune di Terni in località Maratta Bassa ed è posto ad una quota topografica di circa 108 metri s.l.m. in un contesto topografico pianeggiante.

L'area d'interesse è posta al limite Nord della pianura alluvionale del Fiume Nera ed è situata in destra idrografica dello stesso.

Dal punto di vista morfologico il settore è compreso tra il Nera e le pendici dell'apparato di tipo basso-collinare che delimita, sul lato Nord, la conca ternana e la raccorda con le propaggini meridionali dei Monti Martani.

Per il caratteristico andamento pianeggiante, l'area in parola non risulta interessata da fenomeni di dissesto gravitativo in atto o pregressi; la stessa è pertanto da considerare stabile dal punto di vista geologico e morfologico essendo soggetta, esclusivamente, ai normali processi evolutivi del modellato superficiale.

LINEAMENTI GEOLOGICI

L'attuale assetto geologico e morfologico del segmento "ternano" della valle del Nera e delle dorsali montuose che la circoscrivono, è il risultato di una complessa ed articolata attività tettonica, che si è esplicata prima con episodi compressivi e, successivamente, con fasi a carattere distensivo.

L'iniziale fase "compressiva", datata presumibilmente tra il Langhiano ed il Tortoniano (Miocene), ha determinato la formazione dei numerosi sistemi di pieghe e sovrascorrimenti, tutti con vergenza appenninica, che caratterizzano le catene montuose di questo settore.

A questa prima fase è seguita quella "distensiva", datata Plio-Pleistocene, che, attraverso l'attivazione di articolati sistemi di faglie di tipo diretto, ha indotto il dislocamento e il "ribassamento" di una consistente porzione di questa parte di territorio.

La combinazione di questi eventi ha portato alla formazione, in tutto l'Appennino centrale, di ampie depressioni intramontane quali appunto la "conca ternana".

Rispetto allo sviluppo della dorsale appenninica, l'area "ternana" è posta al margine occidentale dell'appennino Umbro,

in cui le unità strutturali sono: l'unità Narnese-Amerina, l'unità Martana e l'unità Sabina settentrionale.

La conca ternana, collocata ad Est della dorsale narnese-amerina, a Sud di quella martana ed a NW di quella sabina, è senz'altro descrivibile come una zona di sprofondamento tettonico, conseguenza dell'azione della faglia nota in letteratura come "bordiera dei monti martani".

Dal punto di vista dell'evoluzione paleo-ambientale e sedimentologica la piana di Terni costituisce l'estrema terminazione meridionale del ramo occidentale del Bacino Tiberino, depressione intramontana con ambienti che, nel tempo e nello spazio, sono variati: da lacustri, a palustri a fluvio-lacustri.

In superficie lo strato pedologico è costituito da argille limose soffici che a circa 70-80 cm, aumentando la frazione limosa passano a limi argillosi; quest'ultimi, poggiano sulle ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa che si incontrano già da quote prossime ai 2/3 metri dal piano campagna.

IDROGRAFIA

Nel settore il reticolo idrografico è incentrato sulla presenza del Fiume Nera, che costituisce il collettore naturale per le acque di scorrimento superficiale provenienti dai rilievi circostanti.

Il reticolo secondario è organizzato secondo un "pattern" di tipo "dendritico", con fossi caratterizzati da una modesta gerarchizzazione, tipica delle zone poco acclivi impostate su sedimenti omogenei e poco permeabili.

Nel complesso l'area in studio presenta una densità di drenaggio compresa tra 0,6 e 1,5 Km/Km^2.

Il Nera defluisce, con direzione prevalente E-W, a circa 500 metri a Sud dell'area in oggetto, ad una quota topografica che si attesta intorno ai 106 metri s.l.m.

RISCHIO IDRAULICO

Per la vicinanza del sito all'asta fluviale e per la minima differenza di quota che intercorre tra l'alveo e l'area d'intervento, il lotto di cui trattasi è stato inserito, dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere nel PAI, tra quelli gravati di "rischio idraulico". Tale rischio è evidentemente connesso con la possibilità che l'area in parola venga allagata da deflussi extra alveo delle acque del Nera.

Nello specifico il sito è inserito dal PAI nella cosiddetta fascia "B" (Vds. Allegato).

Ciò ha determinato la necessità di eseguire, nella fase pre-progettuale, uno studio specifico sul rischio idraulico dell'area, finalizzato all'individuazione dei tiranti idrici, connessi ai diversi tempi di ritorno, che potrebbero interessare il lotto d'intervento.

Detto studio, al quale si rimanda integralmente per gli eventuali approfondimenti, è stato effettuato dal Dott. Geol. Giuseppe Caracciolo ed è parte integrante del progetto del Piano Attuativo. L'intervento dovrà comunque essere realizzato in sicurezza idraulica.

CARATTERI IDROGEOLOGICI DEI SEDIMENTI

I depositi alluvionali rilevabili nell'area di fondovalle del Nera sono caratterizzati da una marcata variabilità, sia verticale che orizzontale, riscontrabile sia nella giacitura che nella granulometria del sedimento.

Dal punto di vista cronologico tali depositi vengono generalmente suddivisi, in bibliografia, in antichi e recenti ed attuali.

Le alluvioni recenti, a cui sono da ascrivere i sedimenti rilevati nell'area di stretto interesse, sono costituite da limi-sabbiosi, sabbie ciottolose e depositi ghiaioso-conglomeratici.

Detti sedimenti risultano di frequente alternati o interdigitati con lenti e livelli di argille ed argille limose, di variabile potenza ed estensione.

Nel complesso definibili permeabili per porosità, questi depositi sono caratterizzati da un coefficiente di permeabilità "K" che, dai dati reperiti in letteratura (*Zavatti A. "Quaderni di tecniche di protezione ambientale" - Volume 47; Genevois R. - Rinaldi P. "Cartografia geologico-tecnica del comprensorio ternano"*), risulta compreso, per i conglomerati e le sabbie, tra 10^{-4} e 10^{-2} cm/sec, con uno spessore dell'acquifero che oscilla tra i 15 ed i 20 metri.

Naturalmente i valori del coefficiente K diminuiscono sensibilmente, fino anche a 10^{-7} cm/sec, per i sedimenti a granulometria decisamente più fine, come i limi e le argille.

I dati reperiti sulla profondità della superficie freatica (Zavatti, Genevois) indicano, per la zona in esame, un livello piezometrico attestato ad una profondità dell'ordine degli 8/10 metri dal piano campagna.

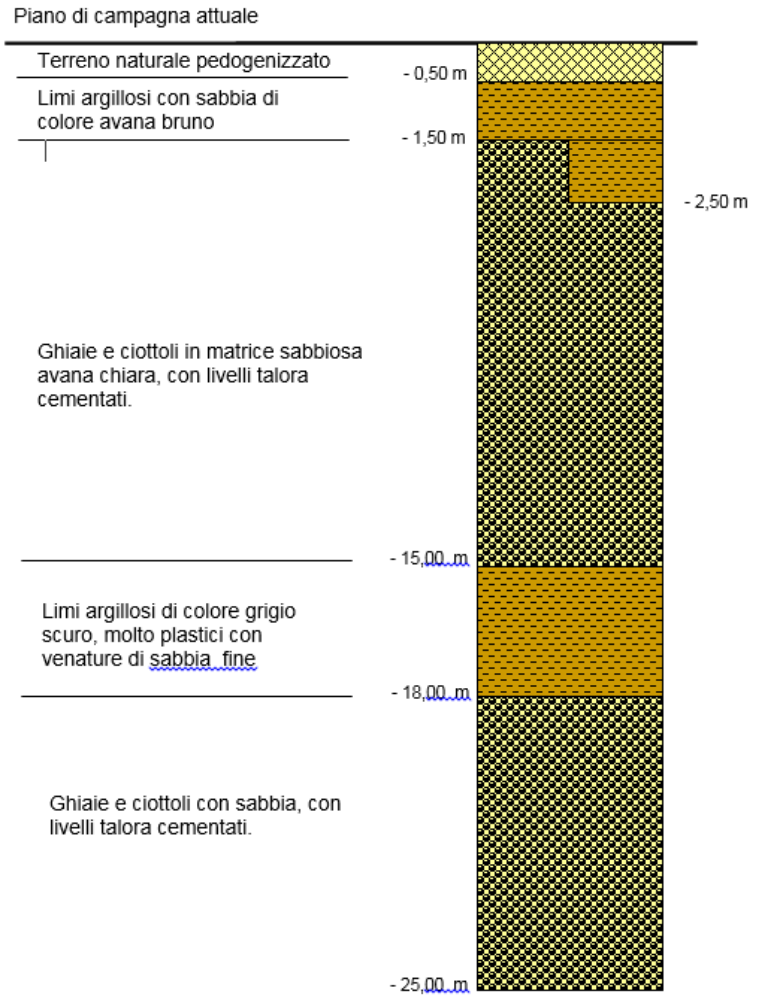
STRATIGRAFIA

La successione stratigrafica del sottosuolo del sito in studio è stata ricostruita sulla base di quanto descritto in premessa e cioè: sondaggi penetrometrici, scavi di saggio, banca dati regionale, microzonazioni sismiche MOPS del Comune di Terni.

In prima analisi si può affermare che esiste una sostanziale corrispondenza tra la stratigrafia ricostruita in situ ed i caratteri lito-stratigrafici generali dell'area, descritti nel precedente paragrafo.

La successione stratigrafica, così come emersa, può essere pertanto riassunta come segue:

STRATIGRAFIA



Disegno fuori scala

Dai sondaggi reperiti in bibliografia la superficie piezometrica della falda si attesta a circa -6/-8 metri dall'attuale piano campagna, con il banco di ghiaie che risulta avere uno spessore di circa 15 metri.

CARATTERI FISICO MECCANICI DEI SEDIMENTI

La caratterizzazione geotecnica dei sedimenti è stata eseguita sulla base dei dati raccolti nel corso dei n. 6 (sei) sondaggi penetrometrici effettuati sul lotto d'intervento, tutti spinti sino al rifiuto strumentale.

I valori dei principali valori fisico meccanici rappresentativi dei sedimenti indagati, possono essere riassunti come appresso

riportato:

LIMI SABBIOARGILLOSI

(comportamento prevalentemente coesivo)

c = 0,2 (Kg/cm²) coesione non drenata

γ = 1,7 (t/m³) peso di volume

GHIAIE

(comportamento granulare)

Φ = 32° angolo di resistenza al taglio

γ = 1,9 (t/m³) peso di volume

Per un quadro completo dei valori dei parametri si rimanda ai report delle prove riportati integralmente in allegato alla presente.

TERRE E ROCCE DA SCAVO

Il sito oggetto dell'intervento **non rientra nell'elenco dei siti da bonificare** inseriti nella D.G.R. n. 395 del 13 luglio 2004 "*Piano Regionale per la bonifica delle aree inquinate*".

La realizzazione dell'intervento di cui trattasi prevede opere di movimento terra che interesseranno terreno allo stato naturale.

Il volume di terreno movimentato, sia quello riutilizzato in sito che quello eventualmente in eccesso, dovrà essere trattato secondo i criteri dettati delle norme attualmente vigenti in materia di gestione delle terre e rocce da scavo, con particolare riferimento al DPR n. 120 del 13 giugno 2017.

RELAZIONE GEOFISICA

PREMESSA

La trattazione sulla risposta a sollecitazioni di tipo sismico del sottosuolo di un qualunque sito, deve necessariamente iniziare da un quadro sinottico della normativa di riferimento:

- OPCM n. 3274/2003;
- OPCM 3316;
- OPCM 3431;
- DGR n. 766 e 852 del 2003;
- DGR n. 377/2010
- DGR n. 1111 del 2012.
- Standard minimo della Relazione Geologica per il "Piano Attuativo" con riferimento alla Legge 11/2005 definito dall' Ordine dei Geologi della Regione Umbria

La sopracitata normativa di riferimento ha ridisegnato la classificazione sismica del territorio nazionale e regionale, inserendo il **Comune della città di Terni** tra quelli appartenenti alla **ZONA II,** aree accreditate di una sismicità definita "medio - alta".

In tale categoria rientrano tutti i comuni per i quali è prevista una accelerazione orizzontale di picco, su suolo rigido, compresa tra 0,15 e 0,25 ag /g.

Zona 1 - E' la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti
Zona 2 - In questa zona possono verificarsi forti terremoti
Zona 3 - In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari
Zona 4 - E' la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)
1	ag >0.25
2	0.15 <ag≤ 0.25
3	0.05 <ag≤ 0.15
4	ag ≤ 0.05

Per gli studi di "Microzonazione Sismica" a corredo dello strumento urbanistico del "Piano Attuativo", le norme prevedono un grado di approfondimento progressivo, in ordine crescente da uno a tre, articolato su tre "livelli" tra loro conseguenti.

Per il Piano Attuativo sono sempre previsti i livelli L1 ed L2; il primo, L1, prevede l'esame organico ed approfondito dei dati esistenti

per una determinata area (MSS e cartografie tematiche), al fine di incrementare il grado di conoscenza generale della stessa dal punto di vista geologico, morfologico e sismico.

Il secondo grado di approfondimento, L2, è finalizzato alla definizione del comportamento del sottosuolo sotto sollecitazione sismica, attraverso la quantificazione del valore dei fattori di amplificazione F_a ed F_v, rispettivamente caratteristici degli spettri ad alto e basso periodo.

La necessità di eseguire studi di microzonazione sismica di III livello, L3, è connessa sia a valutazioni di ordine prettamente geologico, morfologico e stratigrafico, sia alla destinazione d'uso delle strutture in progetto.

Nel caso in trattazione la destinazione d'uso delle strutture è da ascrivere alle "costruzioni con livelli di prestazioni ordinari", non sono infatti previsti edifici "strategici o rilevanti", per i quali la vigente normativa (DGR 377/2010) prevede come obbligatoria la verifica della risposta sismica locale (RSL).

Inoltre, l'area d'intervento è dal punto di vista geologico ben conosciuta, in quanto studiata in modo approfondito sia nel corso della realizzazione del PRG della città, sia da progetti che hanno visto coinvolto il Servizio Geologico Regionale ed il Politecnico di Milano.

Detti studi condotti sia con indagini in situ che con approfondite e puntuali ricerche bibliografiche, non hanno evidenziato né la presenza di strutture geologiche in grado di incrementare la complessità dei fenomeni attesi, né elementi capaci di indurre significative amplificazioni dei parametri sismici dell'area in parola.

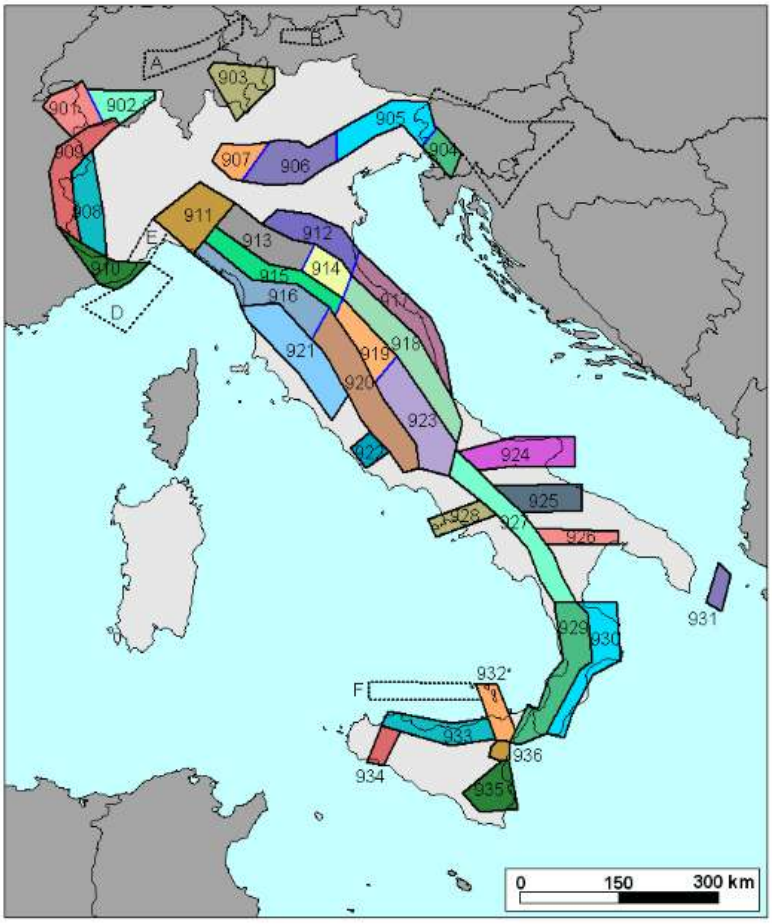
Per quanto sopra ed in accordo con quanto espresso nelle linee guida del D.P.C., si è realizzato uno studio di microzonazione sismica spinto sino al secondo livello, basato sulle carte MOPS di I e II livello realizzate dal Comune di Terni e sui dati stratigrafici, sismici e litologici, acquisiti dallo scrivente nel corso della campagna, geognostica e geofisica, eseguita nell'area oggetto di attuale interesse.

ZONAZIONE SIMOGENETICA

A seguito dell'Ordinanza P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274 (All. 1) l'INGV ha provveduto alla produzione di una mappa della pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale, elaborando una nuova zonazione sismogenetica denominata ZS9, che ha sostituito la vecchia classificazione ZS4.

La ZS9 è il risultato di modifiche, accorpamenti e cancellazioni, delle numerose zone che sostanziavano la vecchia ZS4, realizzate sulla base delle nuove evidenze di tettonica attiva e sulla scorta dei numerosi dati sul potenziale sismogenetico, acquisiti negli ultimi anni.

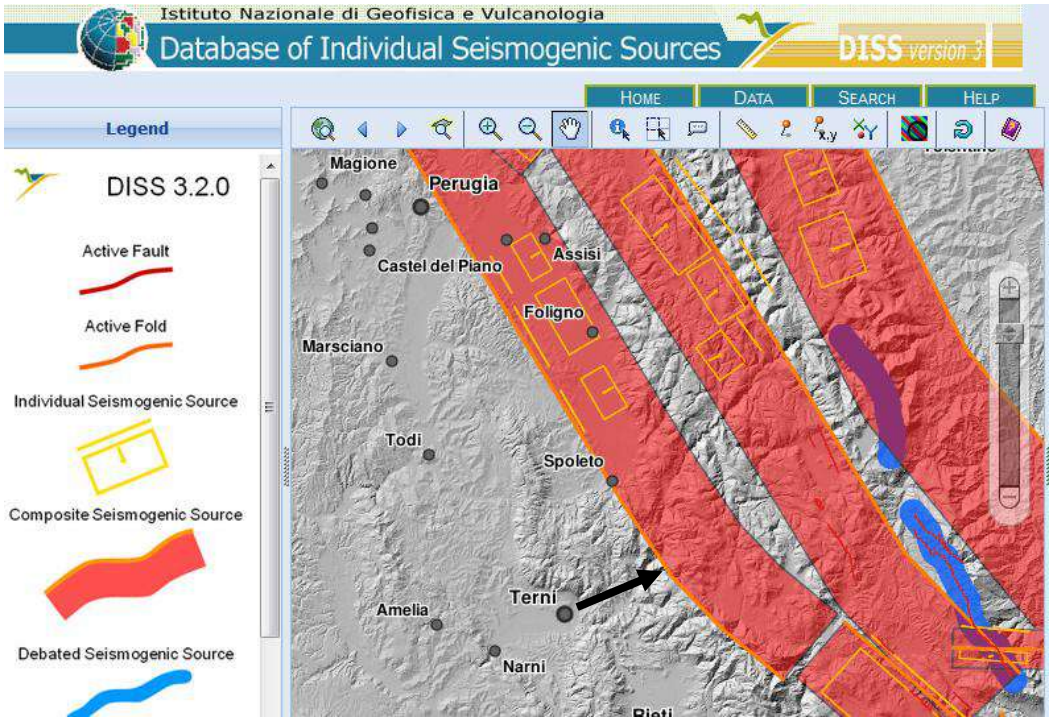
La nuova zonazione individua, per ogni Zona Sismogenetica, ZS, un meccanismo focale prevalente, una Magnitudo Momento Massima ed un valore di profondità efficace.



Il territorio del comune di Terni ricade nel vasto ambito dell'Appennino centro settentrionale, nello specifico nella Zona Sismogenetica ZS9 "Val di Chiana – Ciociaria".

L'area di interesse è parte di una estesa fascia denominata 920, allungata in direzione appenninica, che, insieme alla 916 ubicata immediatamente a nord, coincide con il settore definito di "distensione tirrenica" (Meletti et Alii 2000), caratterizzato da una sismicità di bassa energia che, solo sporadicamente, può raggiungere valori di magnitudo relativamente elevati.

Più in generale le imponenti strutture sismo-genetiche dell'Appennino centrale e gli eventi sismici ad esse imputabili, mostrano, contestualmente, una doppia componente: prevalentemente compressiva nella fascia adriatica e, come visto, distensiva in quella tirrenica.



Per tutti i dati generali relativi alla sismicità storica dell'area della città di Terni, si rimanda alla consultazione del catalogo ISIDE ed alla relazione tecnica a corredo del PRG.

PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE *(INGV)*

La pericolosità sismica, intesa in senso probabilistico, è lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo.
Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi di input (quali catalogo dei terremoti, zone sorgente, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.) e dei parametri di riferimento (per esempio: scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, finestra temporale, ecc.).

La definizione della pericolosità sismica di base, specifica del sito di stretto interesse, è propedeutica alla quantificazione delle "azioni sismiche di progetto", cioè ai parametri da considerare nelle verifiche dei diversi "stati limite" così **come previsto dal D.M. 01/18**.

La pericolosità sismica di base è quindi dipendente dalle seguenti variabili:

- $\mathbf{a_g}$, accelerazione orizzontale di picco attesa;
- $\mathbf{F_0}$ valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di risposta in accelerazione;
- **Tc** periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro di risposta in accelerazione orizzontale.
- **amplificazione litostratigrafica** indotta dalla successione stratigrafica del sito e dalla potenza dei sedimenti rilevati;
- **amplificazione topografica** prodotta dall'assetto topografico del sito.

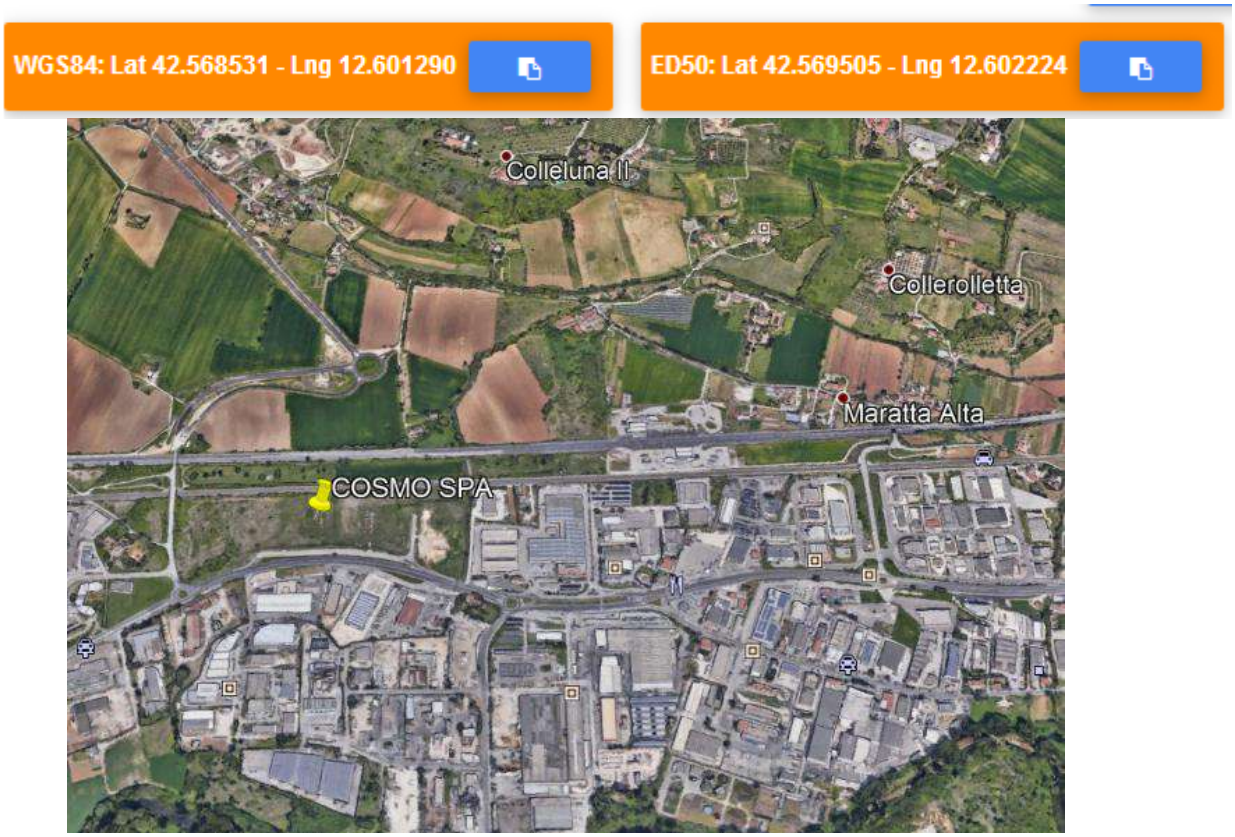
Lo studio condotto sui lineamenti morfologici e stratigrafici e sui caratteri geologico strutturali dall'area oggetto dell'intervento, non ha evidenziato elementi geologici, morfologici o stratigrafici, in grado di generare amplificazione del moto dei fenomeni sismici attesi.

La verifica del comportamento dell'area d'interesse sotto sollecitazione sismica, ai sensi delle **NTC 2018**, è stata compiuta tramite:

- Profilo sismico di tipo MASW finalizzato alla misurazione diretta della velocità delle onde sismiche di taglio (onde "S" $V_{S\ eq}$);
- Profilo sismico HVSR finalizzato alla definizione sia del valore di F_0 che della profondità del bed-rock sismico.

Quanto sopra ha consentito di attribuire al sottosuolo del sito la categoria di appartenenza dal punto di vista della risposta sotto sollecitazione simica, categoria che è risultata essere **"B"** (Vds. report allegati).

Ai fini della definizione dei valori dei principali parametri utili alla valutazione del comportamento del suolo sotto sollecitazione sismica, i dati acquisiti sono stati quindi processati tramite l'utilizzo del programma "Spettri NTC" elaborato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (versione 1.0.3).



AREA IN STUDIO – LOCALITA' MARATTA BASSA

1. Lat. 42,568531 – Long. 12,601290 (Wgs 84);
2. Vita nominale edificio 50 anni;
3. Coefficiente d'uso $C_u = 1$;
4. Categoria di sottosuolo "B" ;
5. Categoria topografica T1, (Vds. Tab. 3.2.III - NTC 2018)

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Categorie di sottosuolo

Decreto del 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni

Categoria A
Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da **valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s**, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

Categoria B
Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da **valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s**.

Categoria 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**.

Categoria D
Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da **valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s**.

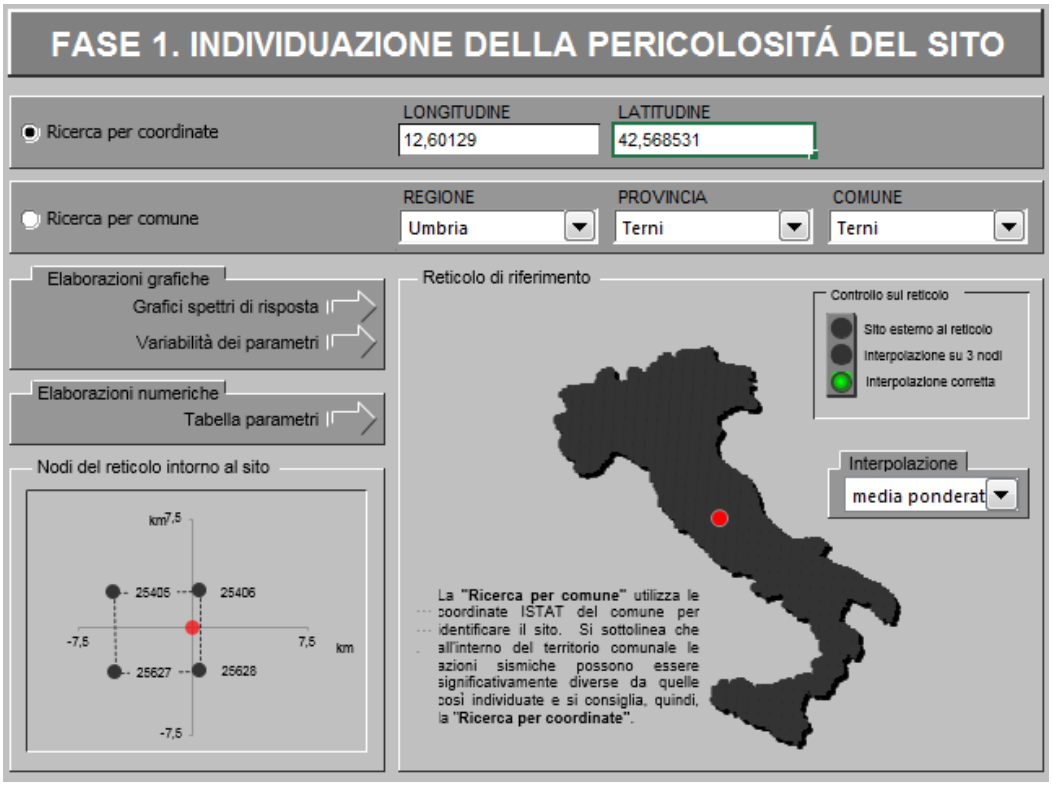
Categoria E
Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m.

Per **velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio** si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità **dal piano di posa della fondazione**, secondo la relazione:

$$Vs,eq = \frac{H}{\sum_{strato=1}^{N} \frac{h(strato)}{Vs(strato)}}$$

Dove *N* è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore *h(strato)* e dalla velocità delle onde S *Vs(strato)*.
Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.
Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio Vs,eq è definita dal parametro Vs30 , ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

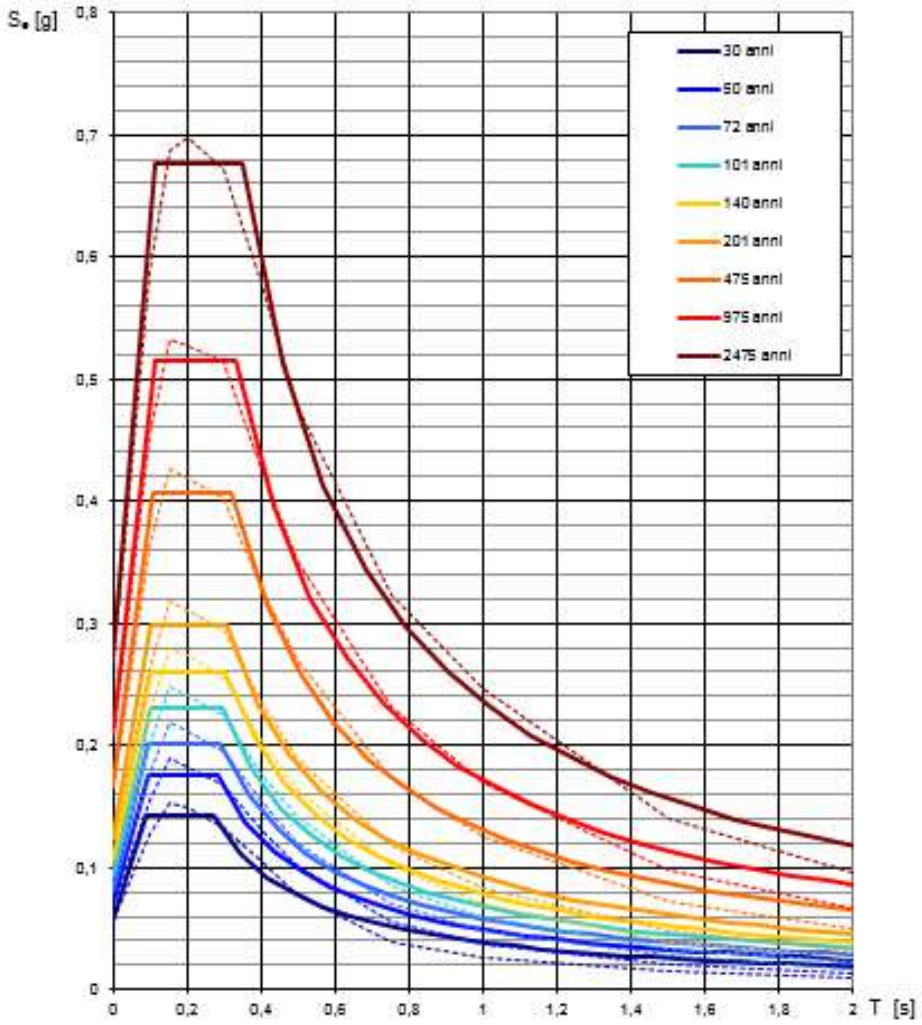
SPETTRI NTC Ver. 1.0.3



Valori dei parametri a_g, F_o, T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

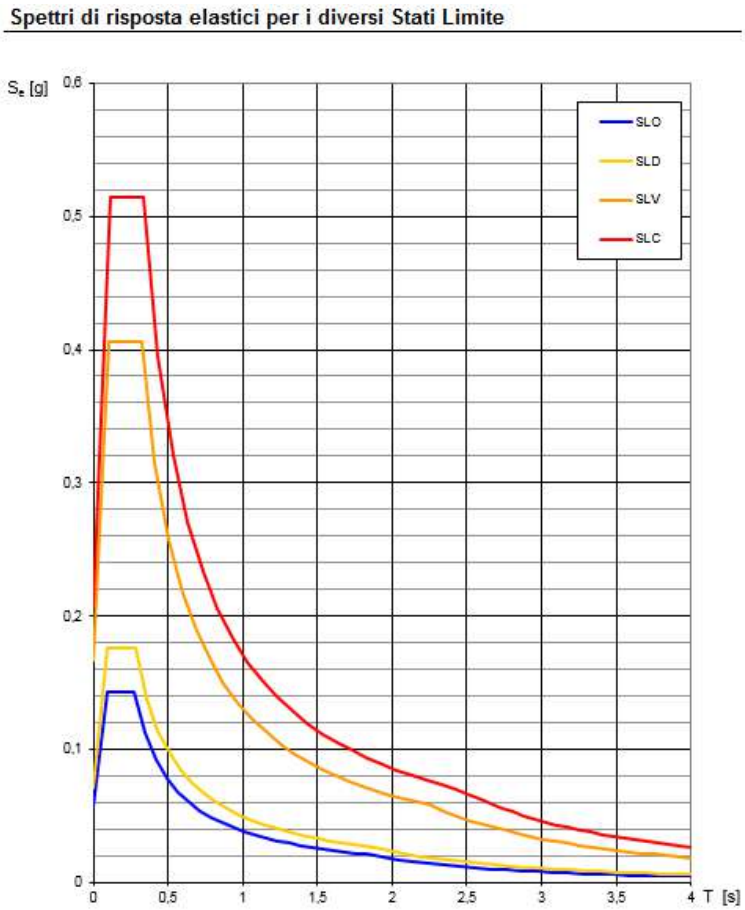
T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,055	2,513	0,268
50	0,068	2,508	0,280
72	0,078	2,522	0,286
101	0,091	2,469	0,293
140	0,103	2,455	0,298
201	0,120	2,419	0,304
475	0,161	2,454	0,316
975	0,202	2,475	0,327
2475	0,261	2,508	0,341

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento

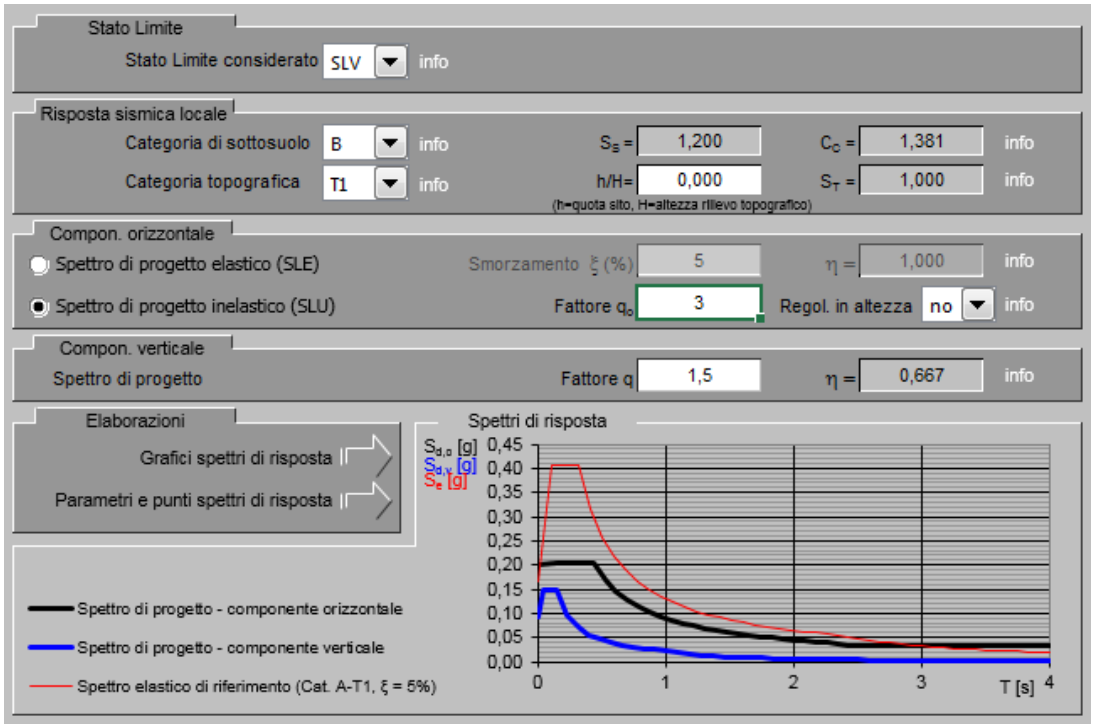


Valori dei parametri a_g, F_o, T_c per tempi di ritorno t_r, associati a ciascun stato limite

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO		0,056	2,513	0,268
SLD	50	0,068	2,509	0,280
SLV	475	0,161	2,454	0,316
SLC	975	0,202	2,475	0,327



Di seguito sono riassunti i valori dei parametri necessari alla definizione dell'azione di progetto considerati sia nella loro componente orizzontale che in quella verticale



componente orizzontale dello Stato Limite SLV:

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,166 g
F_0	2,450
T_C	0,320 s
S_S	1,200
C_C	1,381
S_T	1,000
q	2,400

Parametri dipendenti

S	1,200
η	0,417
T_B	0,148 s
T_C	0,443 s
T_D	2,264 s

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,199
T_B	0,148	0,203
T_C	0,443	0,203
	0,529	0,170
	0,616	0,146
	0,703	0,128
	0,789	0,114
	0,876	0,103
	0,963	0,093
	1,050	0,086
	1,136	0,079
	1,223	0,074
	1,310	0,069
	1,396	0,064
	1,483	0,061
	1,570	0,057
	1,657	0,054
	1,743	0,052
	1,830	0,049
	1,917	0,047
	2,003	0,045
	2,090	0,043
	2,177	0,041
T_D	2,264	0,040
	2,346	0,037
	2,429	0,035
	2,512	0,033

componente verticale dello Stato Limite SLV:

Parametri indipendenti

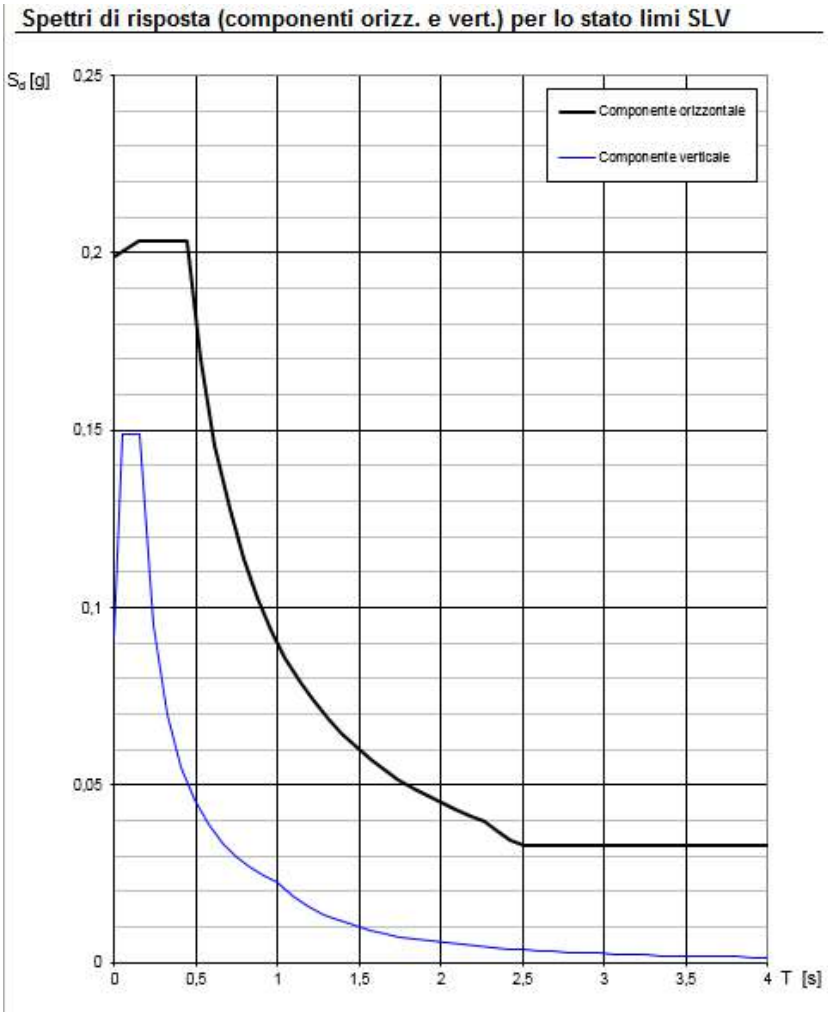
STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0,091 g
S_S	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,347
S	1,000
η	0,667

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,091
T_B	0,050	0,149
T_C	0,150	0,149
	0,235	0,095
	0,320	0,070
	0,405	0,055
	0,490	0,046
	0,575	0,039
	0,660	0,034
	0,745	0,030
	0,830	0,027
	0,915	0,024
T_D	1,000	0,022
	1,094	0,019
	1,188	0,016
	1,281	0,014
	1,375	0,012



MICROZONAZIONE SISMICA DI I e II LIVELLO

Per interventi del tipo di quello in parola, come ampiamente descritto in precedenza la normativa di riferimento, la DGR n. 377/2010, nei casi in cui:

- non siano in progetto edifici "strategici";
- non siano emerse situazioni di maggiore complessità delle strutture geologiche presenti;
- non siano stati rilevati fattori in grado di indurre incrementi dei fenomeni sismici rispetto a quelli attesi;

prevede, in conformità con quanto stabilito dal D.P.C. nelle linee guida "indirizzi e criteri per la microzonazione sismica", la

realizzazione di uno studio di Microzonazione Sismica spinto sino al livello L2.

Sulla base di quanto emerso dall'osservazione dei lineamenti morfologici del settore e dalla ricostruzione della successione stratigrafica caratteristica del sottosuolo dell'area d'intervento, si può affermare che il sito in parola è da inserire, dal punto di vista delle "microzone omogenee in prospettiva sismica" (MOPS) di L1, tra le ***"zone stabili"***, con una colonna stratigrafica tipo, denominata **ZSA21** (Vds. Cartografia allegata).

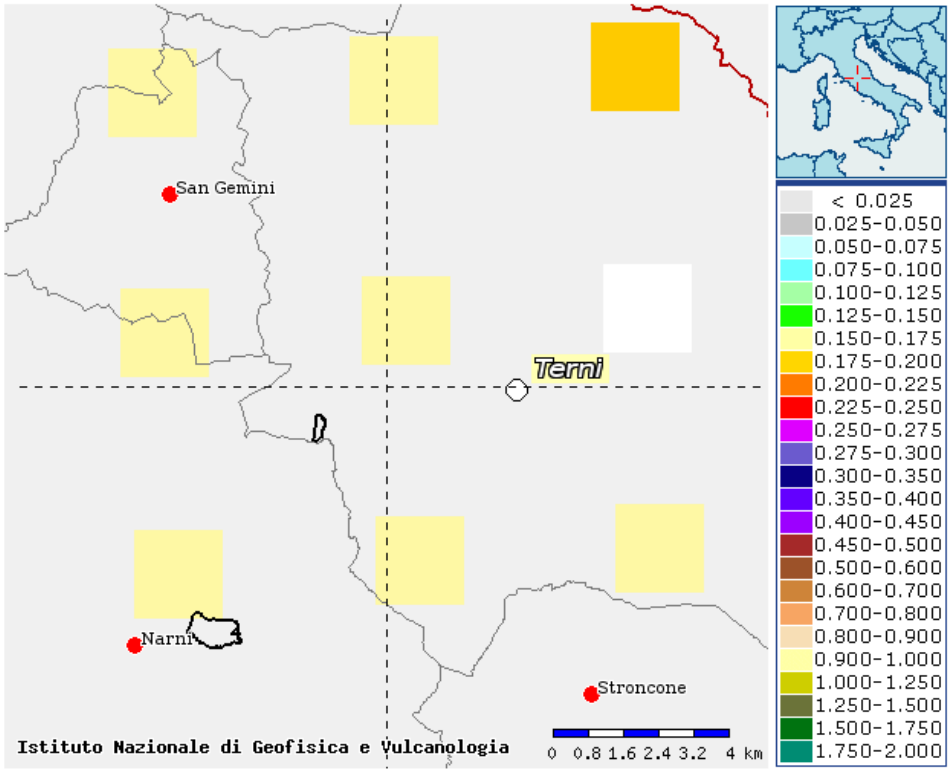
Per quanto attiene L2 l'area è accreditata di un $F_a = 1$ e di un F_v valutato a favore della sicurezza pari a 1.2 (Vds. Cartografia allegata MOPS L2 Comune di Terni).

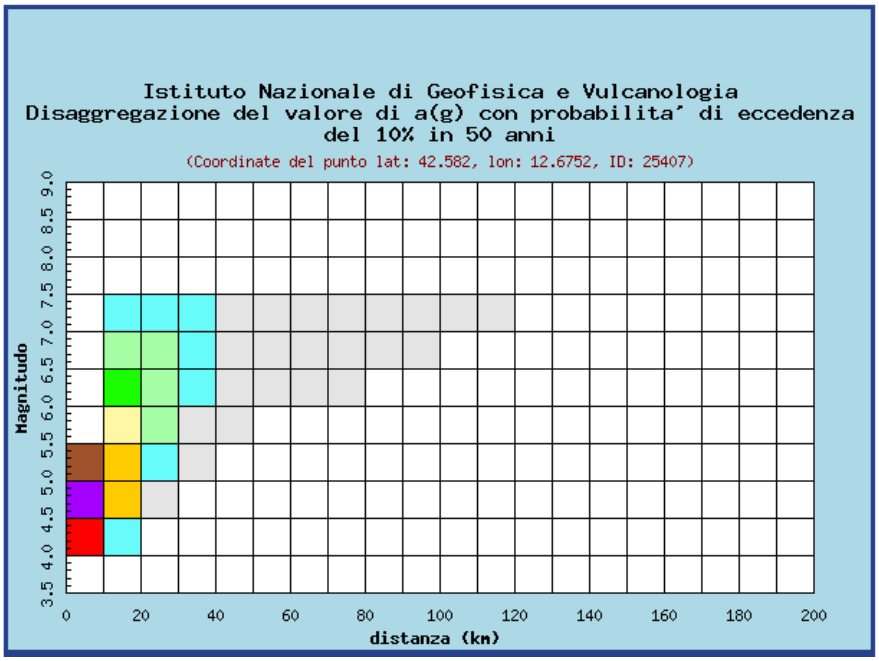
Per completezza di trattazione, anche se non di stretta pertinenza per le finalità del presente studio, vengono fornite delle valutazioni di carattere generale che mettono in relazione gli elementi ed i dati esaminati nel presente lavoro, con le conclusioni dello studio di modellazione sismica realizzato, dopo la crisi sismica del 2000, dal Servizio Geologico regionale in collaborazione con il Politecnico di Milano, inerente alcune zone della città.

In prima analisi per definire la "pericolosità" da assegnare al centro abitato di Terni dal punto di vista sismico, occorre verificare, tramite il processo della "disaggregazione sismica" bidimensionale, le caratteristiche del cosiddetto terremoto di scenario per l'area in esame.

Dal processo di cui sopra, in cui sono stati utilizzati dati pubblicati dall'INGV nelle "mappe interattive di pericolosità sismica", si prospettano eventi con Magnitudo compresa tra 5.2 e 5.0, con distanze epicentrali comprese tra 11,600 e 12,300 Km.

Viene di seguito riportata per semplicità solo la grafica inerente il vertice della maglia ritenuto più sfavorevole tratto da


San Gemini
Terni
Narni
Stroncone
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
0 0.8 1.6 2.4 3.2 4 km
< 0.025
0.025-0.050
0.050-0.075
0.075-0.100
0.100-0.125
0.125-0.150
0.150-0.175
0.175-0.200
0.200-0.225
0.225-0.250
0.250-0.275
0.275-0.300
0.300-0.350
0.350-0.400
0.400-0.450
0.450-0.500
0.500-0.600
0.600-0.700
0.700-0.800
0.800-0.900
0.900-1.000
1.000-1.250
1.250-1.500
1.500-1.750
1.750-2.000


Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza
del 10% in 50 anni
(Coordinate del punto lat: 42.582, lon: 12.6752, ID: 25407)
Magnitudo
3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200
distanza (km)

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 42.582, lon: 12.6752, ID: 25407)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	19.600	26.900	9.540	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	1.920	6.020	6.200	4.110	3.770	2.480	1.190	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.170	1.350	2.280	2.900	2.420	1.460	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.046	0.598	1.270	1.390	1.030	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.062	0.482	0.742	0.656	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.124	0.381	0.406	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.123	0.166	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033	0.071	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.033	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.014	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.220	12.100	1.210

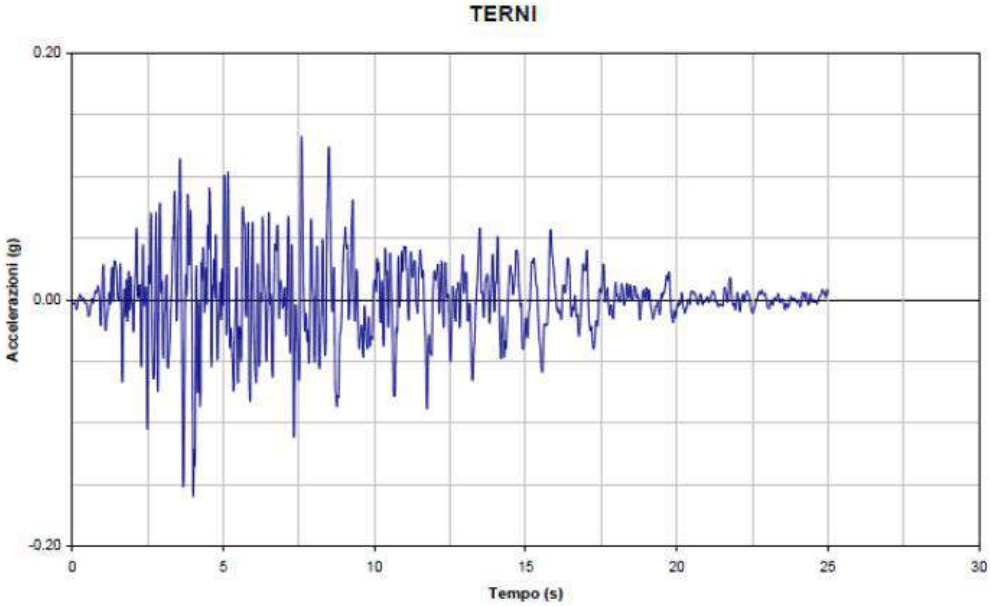
Sulla base delle valutazioni e dei dati sopra riportati, legati essenzialmente alla prossimità del sito in studio con l'area microzonata dal Servizio Geologico della Regione Umbria e dal Politecnico di Milano, ed in considerazione dall'assenza di significative differenze litologiche e sismostratigrafiche tra le due aree, si ritiene possibile utilizzare, anche per il caso in trattazione, lo spettro e l'accelerogramma definiti dal Politecnico sulla base di un terremoto di riferimento di M = 5,5 e con un epicentro a distanza di Km 7,0.

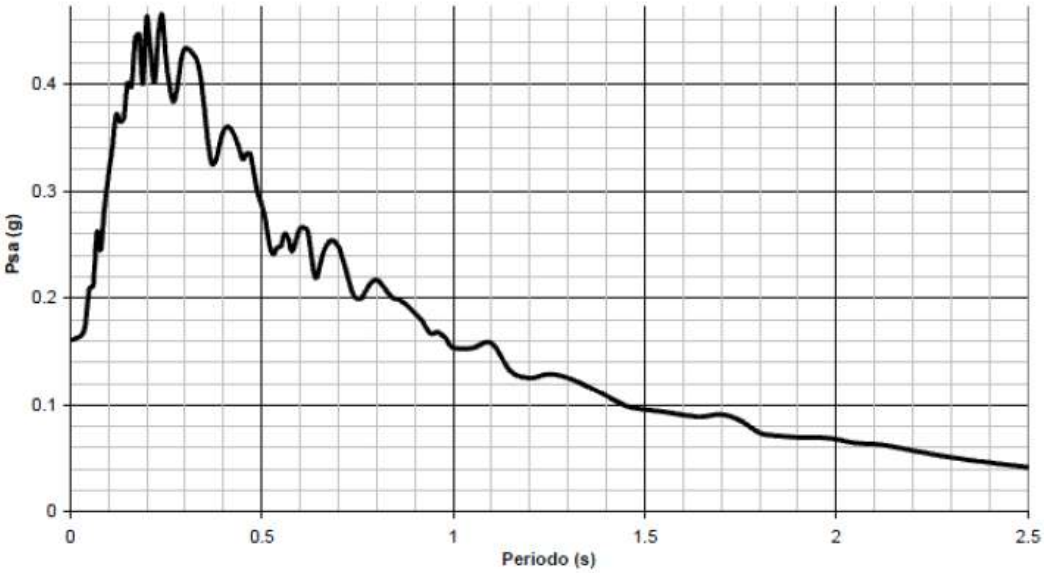
La possibilità di estendere le conclusioni dello studio del Politecnico al sito oggetto di attuale interesse, discende anche dalla considerazione che, rispetto alla situazione emersa per il sito in parola dalla disaggregazione sismica bidimensionale (distanza- magnitudo del terremoto di scenario), i grafici sotto riportati risultano sicuramente sovrastimati, in quanto gli "imput" utilizzati per la loro

realizzazione, prevedono un sisma di riferimento ubicato a distanza epicentrale minore ed accreditato di una magnitudo maggiore.

Lo studio citato assegna all'area Terni Capoluogo un fattore di amplificazione (Fa), indotto da fattori litostratigrafici, variabile a seconda delle condizioni rilevate, tra 1 (Fa = 1) ed 1,7 (Fa =1,7).

Vengono di seguito riportati i grafici dello spettro di risposta e dell'accelerogramma di riferimento, definiti dalla Regione Umbria e dal Politecnico di Milano per la città di Terni zona "capoluogo".

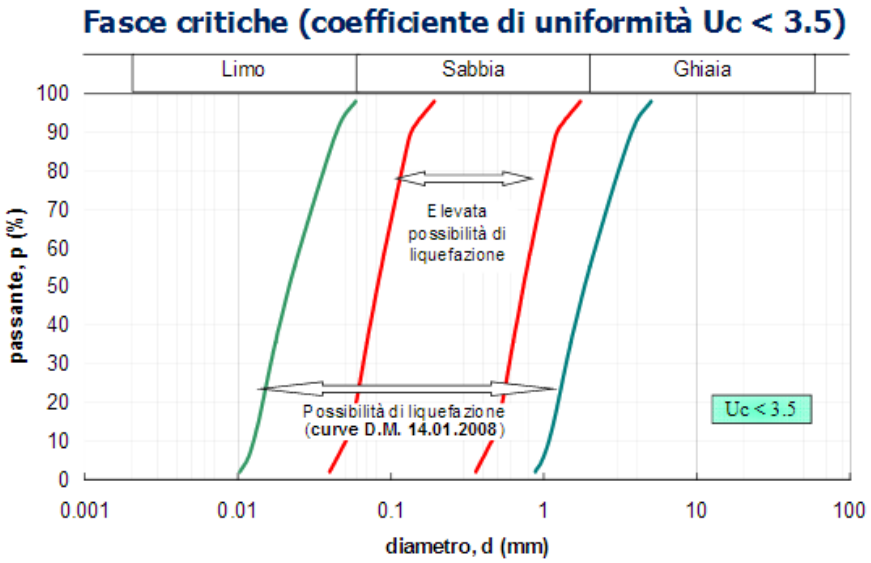




LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

La liquefazione dei terreni è un fenomeno legato all'azione combinata di fattori predisponenti e scatenanti, nello specifico: natura dei terreni, eventi sismici di magnitudo importante.

Dallo studio effettuato e da esperienze pregresse, che hanno permesso di raccogliere dati specifici in merito alla granulometria del deposito limo-sabbio argillosi, ascrivibile alle alluvionali recenti ed attuali del Fiume Nera, si ritiene che il fuso granulometrico del deposito indagato non rientri tra quelli a rischio liquefazione.



Si ritiene pertanto di non procedere alla verifica a liquefazione dei terreni indagati.

CONCLUSIONI

Per quanto di competenza lo studio condotto non ha evidenziato elementi connessi con la geologia o la geomorfologia dei luoghi, ostativi alla realizzazione del progetto, che potrà quindi essere realizzato senza particolari prescrizioni.

Dal punto di vista del comportamento sismico lo studio ha definito i seguenti aspetti:

Categoria topografica **T1**;

Categoria di sottosuolo **“B”;**

Rapporto **h/v 7,6 Hz** da misurazione diretta HVSR (area limitrofa);

MOPS L1 “zona stabile” con stratigrafia di riferimento **ZSA21;**

MOPS L2 Fattori di amplificazione **Fa = 1; Fv = 1,2;**

Per le valutazioni inerenti il rischio idraulico gravante sull’area e le eventuali prescrizioni ad esso connesse, si rimanda integralmente allo studio, elaborato dal Dott. Geol. Caracciolo Giuseppe facente parte integrante del progetto.

L’intervento dovrà comunque essere realizzato in sicurezza idraulica.

Andrea Pagnotta

PROMOTORE: **MARE BLU SPA**

TITTOLO

VARIANTE URBANISTICA PROPEDEUTICA AD UN INTERVENTO EDIFICATORIO AREA PAIP – MARATTA

Foglio 82 particelle:

709
708
706/p
698/p
498
255/p
676
500
675
703
702
217/p
213/p
320/p
216
155/p
215
685/p
127/p
226/p
221/p
220
219
222
223
254
253
252
664
665
693
692
666
667
673
670
671

Foglio 82 particelle	662
	660
	659
	661
	672/p
	669/p
	663/p

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: COSMO SPA Descrizione: SONDAGGI PENETROMETRICI Località: MARATTA BASSA	

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DMP 3020 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	15,25 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,4 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,76
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

Signature 1 Signature 2

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI
Prova eseguita in data 26/04/2019
Profondità prova 2,30 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	7	0,857	22,65	26,44	1,13	1,32
0,20	8	0,855	25,83	30,22	1,29	1,51
0,30	7	0,853	22,55	26,44	1,13	1,32
0,40	5	0,851	16,07	18,89	0,80	0,94
0,50	6	0,849	19,24	22,67	0,96	1,13
0,60	5	0,847	16,00	18,89	0,80	0,94
0,70	6	0,845	19,16	22,67	0,96	1,13
0,80	5	0,843	15,93	18,89	0,80	0,94
0,90	6	0,842	18,16	21,58	0,91	1,08
1,00	6	0,840	18,12	21,58	0,91	1,08
1,10	6	0,838	18,08	21,58	0,90	1,08
1,20	5	0,836	15,04	17,98	0,75	0,90
1,30	5	0,835	15,01	17,98	0,75	0,90
1,40	6	0,833	17,97	21,58	0,90	1,08
1,50	6	0,831	17,94	21,58	0,90	1,08
1,60	5	0,830	14,92	17,98	0,75	0,90
1,70	8	0,828	23,82	28,77	1,19	1,44
1,80	56	0,626	126,14	201,40	6,31	10,07
1,90	39	0,625	83,62	133,84	4,18	6,69
2,00	48	0,623	102,66	164,73	5,13	8,24
2,10	49	0,622	104,54	168,16	5,23	8,41
2,20	62	0,620	131,95	212,77	6,60	10,64
2,30	103	0,619	218,67	353,48	10,93	17,67

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,3	7,33	27,7	Coesivo	0	1,79	1,88	0,03	0,76	5,57	terreno vegetale
1,7	5,71	20,9	Coesivo	0	1,72	1,87	0,17	0,76	4,34	limo argilloso
2,3	59,5	205,73	Incoerente	0	2,22	2,14	0,36	0,76	45,22	ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm²)	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	0.00-0,30	5,57	Coesivo	1,79	1,88	--	0,28	25,56	43,66	--	--	63,85
Strato (2) limo argilloso	0,30-1,70	4,34	Coesivo	1,72	1,87	--	0,22	19,91	29,51	--	--	88,19
Strato (3) ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa	1,70-2,30	45,22	Incoerente	1,82	2,13	32,92	--	120,35	534,30	0,26	1283,27	151,21

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI
Prova eseguita in data 26/03/2019
Profondità prova 2,10 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	5	0,857	16,18	18,89	0,81	0,94
0,20	6	0,855	19,37	22,67	0,97	1,13
0,30	5	0,853	16,11	18,89	0,81	0,94
0,40	5	0,851	16,07	18,89	0,80	0,94
0,50	4	0,849	12,83	15,11	0,64	0,76
0,60	4	0,847	12,80	15,11	0,64	0,76
0,70	4	0,845	12,77	15,11	0,64	0,76
0,80	4	0,843	12,74	15,11	0,64	0,76
0,90	3	0,842	9,08	10,79	0,45	0,54
1,00	3	0,840	9,06	10,79	0,45	0,54
1,10	3	0,838	9,04	10,79	0,45	0,54
1,20	4	0,836	12,03	14,39	0,60	0,72
1,30	4	0,835	12,01	14,39	0,60	0,72
1,40	5	0,833	14,98	17,98	0,75	0,90

1,50	3	0,831	8,97	10,79	0,45	0,54
1,60	4	0,830	11,93	14,39	0,60	0,72
1,70	3	0,828	8,93	10,79	0,45	0,54
1,80	5	0,826	14,86	17,98	0,74	0,90
1,90	32	0,675	74,10	109,82	3,70	5,49
2,00	80	0,623	171,09	274,55	8,55	13,73
2,10	102	0,622	217,60	350,05	10,88	17,50

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,4	5,25	19,83	Coesivo	0	1,7	1,87	0,03	0,76	3,99	terreno vegetale
1,8	3,79	13,82	Coesivo	0	1,63	1,86	0,18	0,76	2,88	limo argilloso
2,1	71,33	244,81	Incoerente	0	2,25	2,16	0,33	0,76	54,21	ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm²)	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	0.00-0,40	3,99	Coesivo	1,70	1,87	--	0,20	18,31	25,49	--	--	63,71
Strato (2) limo argilloso	0,40-1,80	2,88	Coesivo	1,63	1,86	--	0,14	13,21	12,72	--	--	83,67
Strato (3) ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa	1,80-2,10	54,21	Incoerente	1,88	2,17	35,49	--	138,81	640,38	0,25	1433,61	155,27

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI
Prova eseguita in data 26/03/2019
Profondità prova 1,50 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	6	0,857	19,42	22,67	0,97	1,13
0,20	8	0,855	25,83	30,22	1,29	1,51
0,30	7	0,853	22,55	26,44	1,13	1,32
0,40	6	0,851	19,28	22,67	0,96	1,13
0,50	6	0,849	19,24	22,67	0,96	1,13
0,60	5	0,847	16,00	18,89	0,80	0,94
0,70	5	0,845	15,96	18,89	0,80	0,94
0,80	4	0,843	12,74	15,11	0,64	0,76
0,90	3	0,842	9,08	10,79	0,45	0,54
1,00	5	0,840	15,10	17,98	0,76	0,90
1,10	5	0,838	15,07	17,98	0,75	0,90
1,20	10	0,836	30,08	35,96	1,50	1,80
1,30	35	0,685	86,17	125,87	4,31	6,29
1,40	67	0,633	152,49	240,96	7,62	12,05
1,50	110	0,631	249,71	395,60	12,49	19,78

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,4	6,75	25,5	Coesivo	0	1,77	1,88	0,04	0,76	5,13	terreno vegetale
1,2	5,38	19,78	Coesivo	0	1,71	1,87	0,14	0,76	4,09	limo argilloso
1,5	70,67	254,14	Incoerente	0	2,25	2,16	0,24	0,76	53,71	ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm²)	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	0.00-0,40	5,13	Coesivo	1,77	1,88	--	0,26	23,54	38,60	--	--	66,54
Strato (2) limo argilloso	0,40-1,20	4,09	Coesivo	1,71	1,87	--	0,21	18,77	26,64	--	--	83,61

Strato (3) ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa	1,20-1,50	53,71	Incoerente	1,87	2,16	35,35	--	137,79	634,48	0,25	1425,52	144,4

PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI
Prova eseguita in data 26/03/2019
Profondità prova 2,40 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	5	0,857	16,18	18,89	0,81	0,94
0,20	5	0,855	16,14	18,89	0,81	0,94
0,30	4	0,853	12,88	15,11	0,64	0,76
0,40	3	0,851	9,64	11,33	0,48	0,57
0,50	3	0,849	9,62	11,33	0,48	0,57
0,60	3	0,847	9,60	11,33	0,48	0,57
0,70	3	0,845	9,58	11,33	0,48	0,57
0,80	4	0,843	12,74	15,11	0,64	0,76
0,90	4	0,842	12,11	14,39	0,61	0,72
1,00	4	0,840	12,08	14,39	0,60	0,72
1,10	5	0,838	15,07	17,98	0,75	0,90
1,20	4	0,836	12,03	14,39	0,60	0,72
1,30	4	0,835	12,01	14,39	0,60	0,72
1,40	4	0,833	11,98	14,39	0,60	0,72
1,50	4	0,831	11,96	14,39	0,60	0,72
1,60	4	0,830	11,93	14,39	0,60	0,72
1,70	6	0,828	17,87	21,58	0,89	1,08
1,80	9	0,826	26,75	32,37	1,34	1,62
1,90	9	0,825	25,47	30,89	1,27	1,54
2,00	10	0,823	28,25	34,32	1,41	1,72
2,10	11	0,822	31,02	37,75	1,55	1,89
2,20	9	0,820	25,33	30,89	1,27	1,54
2,30	6	0,819	16,86	20,59	0,84	1,03
2,40	112	0,617	237,21	384,37	11,86	19,22

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,3	4,67	17,63	Coesivo	0	1,67	1,87	0,03	0,76	3,55	terreno vegetale
2,3	5,45	19,38	Coesivo	0	1,71	1,87	0,22	0,76	4,14	limo

										argilloso
2,4	112	384,37	Incoerente	0	2,5	2,22	0,4	0,76	85,12	ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm²)	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	0.00-0,30	3,55	Coesivo	1,67	1,87	--	0,18	16,29	20,43	--	--	59,06
Strato (2) limo argilloso	0,30-2,30	4,14	Coesivo	1,71	1,87	--	0,21	18,99	27,21	--	--	92,01
Strato (3) ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa	2,30-2,40	85,12	Incoerente	1,97	2,22	44,32	--	202,30	1005,12	0,18	1888,68	174,03

PROVA ... Nr.5

Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI
Prova eseguita in data 26/03/2019
Profondità prova 2,30 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	4	0,857	12,94	15,11	0,65	0,76
0,20	5	0,855	16,14	18,89	0,81	0,94
0,30	4	0,853	12,88	15,11	0,64	0,76
0,40	4	0,851	12,86	15,11	0,64	0,76
0,50	4	0,849	12,83	15,11	0,64	0,76
0,60	6	0,847	19,20	22,67	0,96	1,13
0,70	5	0,845	15,96	18,89	0,80	0,94
0,80	6	0,843	19,11	22,67	0,96	1,13

0,90	5	0,842	15,13	17,98	0,76	0,90
1,00	5	0,840	15,10	17,98	0,76	0,90
1,10	5	0,838	15,07	17,98	0,75	0,90
1,20	5	0,836	15,04	17,98	0,75	0,90
1,30	5	0,835	15,01	17,98	0,75	0,90
1,40	6	0,833	17,97	21,58	0,90	1,08
1,50	5	0,831	14,95	17,98	0,75	0,90
1,60	6	0,830	17,90	21,58	0,90	1,08
1,70	5	0,828	14,89	17,98	0,74	0,90
1,80	6	0,826	17,83	21,58	0,89	1,08
1,90	6	0,825	16,98	20,59	0,85	1,03
2,00	5	0,823	14,13	17,16	0,71	0,86
2,10	31	0,672	71,45	106,39	3,57	5,32
2,20	58	0,620	123,43	199,05	6,17	9,95
2,30	110	0,619	233,53	377,50	11,68	18,88

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,4	4,25	16,06	Coesivo	0	1,65	1,86	0,03	0,76	3,23	terreno vegetale
2	5,31	19,23	Coesivo	0	1,7	1,87	0,2	0,76	4,04	limo argilloso
2,3	66,33	227,65	Incoerente	0	2,24	2,15	0,37	0,76	50,41	ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm²)	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	0.00-0,40	3,23	Coesivo	1,65	1,86	--	0,16	14,82	16,75	--	--	61,42
Strato (2) limo argilloso	0,40-2,00	4,04	Coesivo	1,70	1,87	--	0,20	18,54	26,06	--	--	90,22
Strato (3) ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa	2,00-2,30	50,41	Incoerente	1,86	2,15	34,4	--	131,01	595,54	0,25	1371,35	156,25

PROVA ... Nr.6

Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI
Prova eseguita in data 26/03/2019
Profondità prova 1,60 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	4	0,857	12,94	15,11	0,65	0,76
0,20	10	0,855	32,28	37,78	1,61	1,89
0,30	10	0,853	32,21	37,78	1,61	1,89
0,40	6	0,851	19,28	22,67	0,96	1,13
0,50	6	0,849	19,24	22,67	0,96	1,13
0,60	7	0,847	22,40	26,44	1,12	1,32
0,70	5	0,845	15,96	18,89	0,80	0,94
0,80	6	0,843	19,11	22,67	0,96	1,13
0,90	6	0,842	18,16	21,58	0,91	1,08
1,00	6	0,840	18,12	21,58	0,91	1,08
1,10	6	0,838	18,08	21,58	0,90	1,08
1,20	6	0,836	18,05	21,58	0,90	1,08
1,30	6	0,835	18,01	21,58	0,90	1,08
1,40	7	0,833	20,97	25,17	1,05	1,26
1,50	43	0,631	97,61	154,65	4,88	7,73
1,60	120	0,630	271,70	431,57	13,58	21,58

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,3	8	30,22	Coesivo	0	1,82	1,89	0,03	0,76	6,08	terreno vegetale
1,4	6,09	22,4	Coesivo	0	1,74	1,88	0,15	0,76	4,63	limo argilloso
1,6	81,5	293,11	Incoerente	0	2,3	2,17	0,27	0,76	61,94	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.6

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm²)	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato	0.00-	6,08	Coesivo	1,82	1,89	--	0,30	27,90	49,52	--	--	64,82

(1) terreno vegetale	0,30											
Strato (2) limo argilloso	0,30-1,40	4,63	Coesivo	1,74	1,88	--	0,23	21,24	32,85	--	--	86,43
Strato (3) Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa	1,40-1,60	61,94	Incoerente	1,91	2,19	37,7	--	154,69	731,59	0,23	1555,27	151,05

Indice

1.PROVA ... Nr.1	2
2.PROVA ... Nr.2	3
3.PROVA ... Nr.3	4
4.PROVA ... Nr.4	6
5.PROVA ... Nr.5	7
6.PROVA ... Nr.6	9
Indice	11

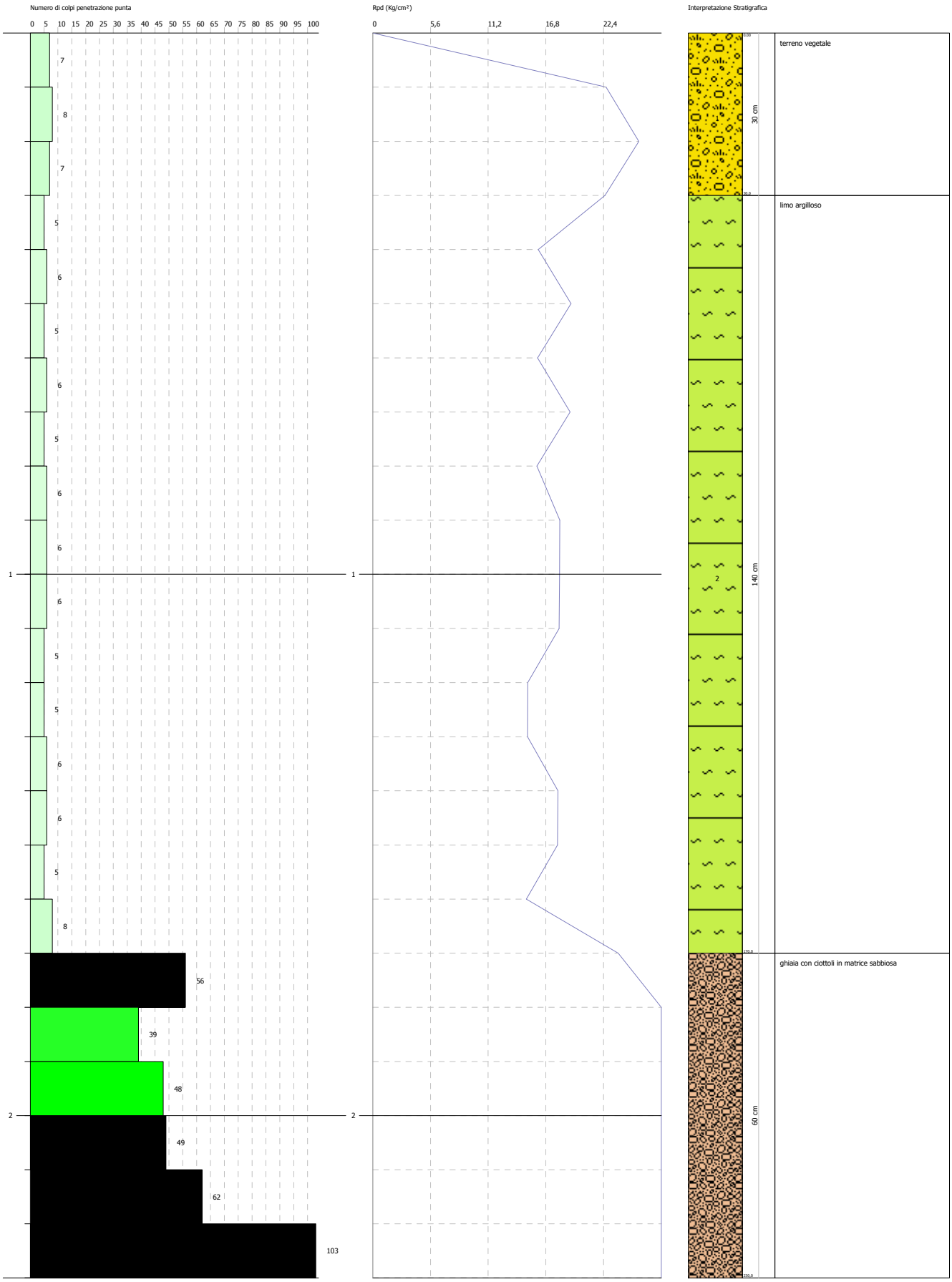
GEOSTRU
CHANGES FROM: PREFERENCES OPTIONS
COMPANY
.....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente:
Descrizione:
Località:

Data: 26/04/2019

Scala 1:10



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

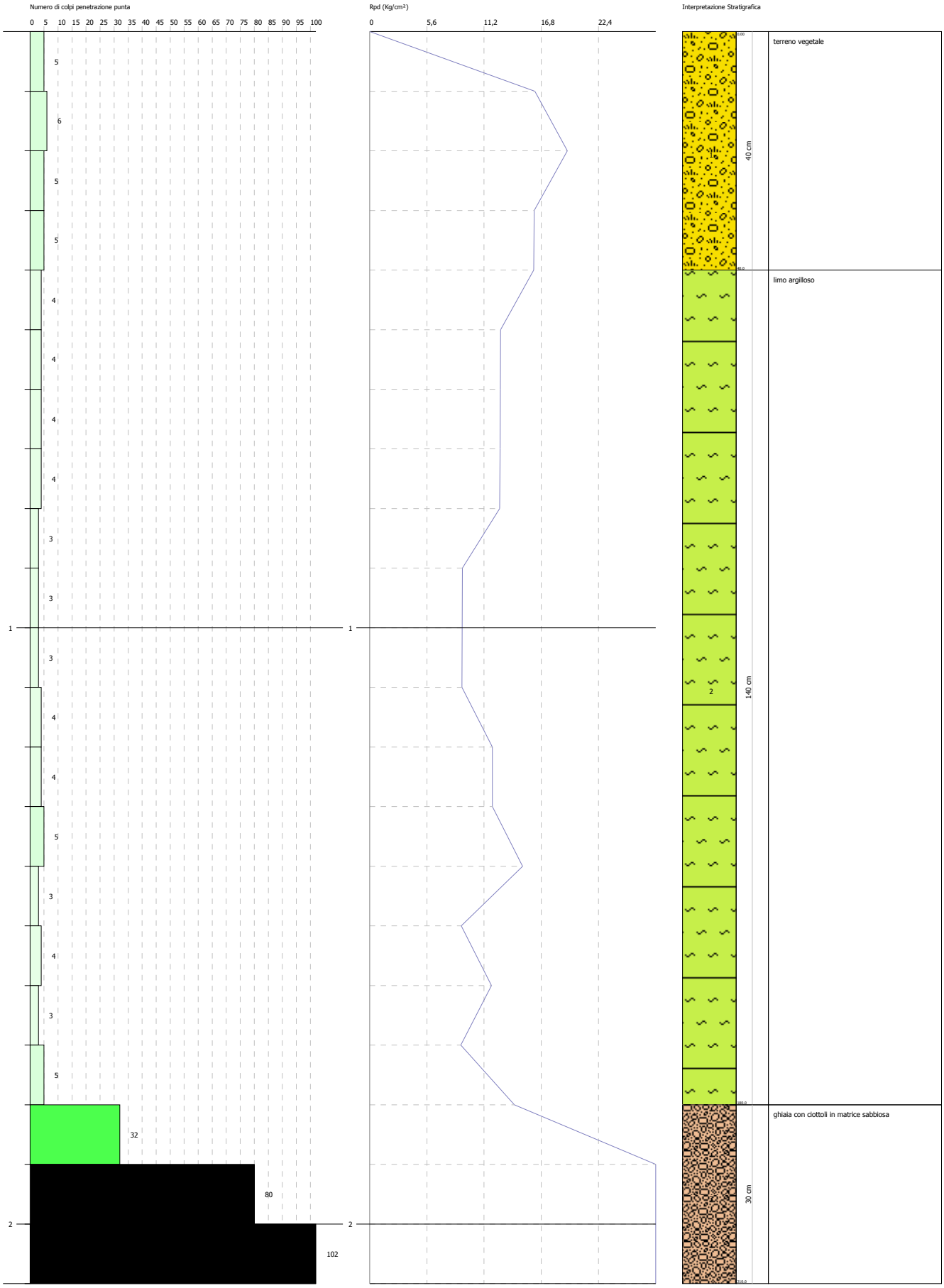
GEOSTRU
CHANGES FROM: PREFERENCES OPTIONS
COMPANY
.....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente:
Descrizione:
Località:

Data: 26/03/2019

Scala 1:9



SIGNATURE 1

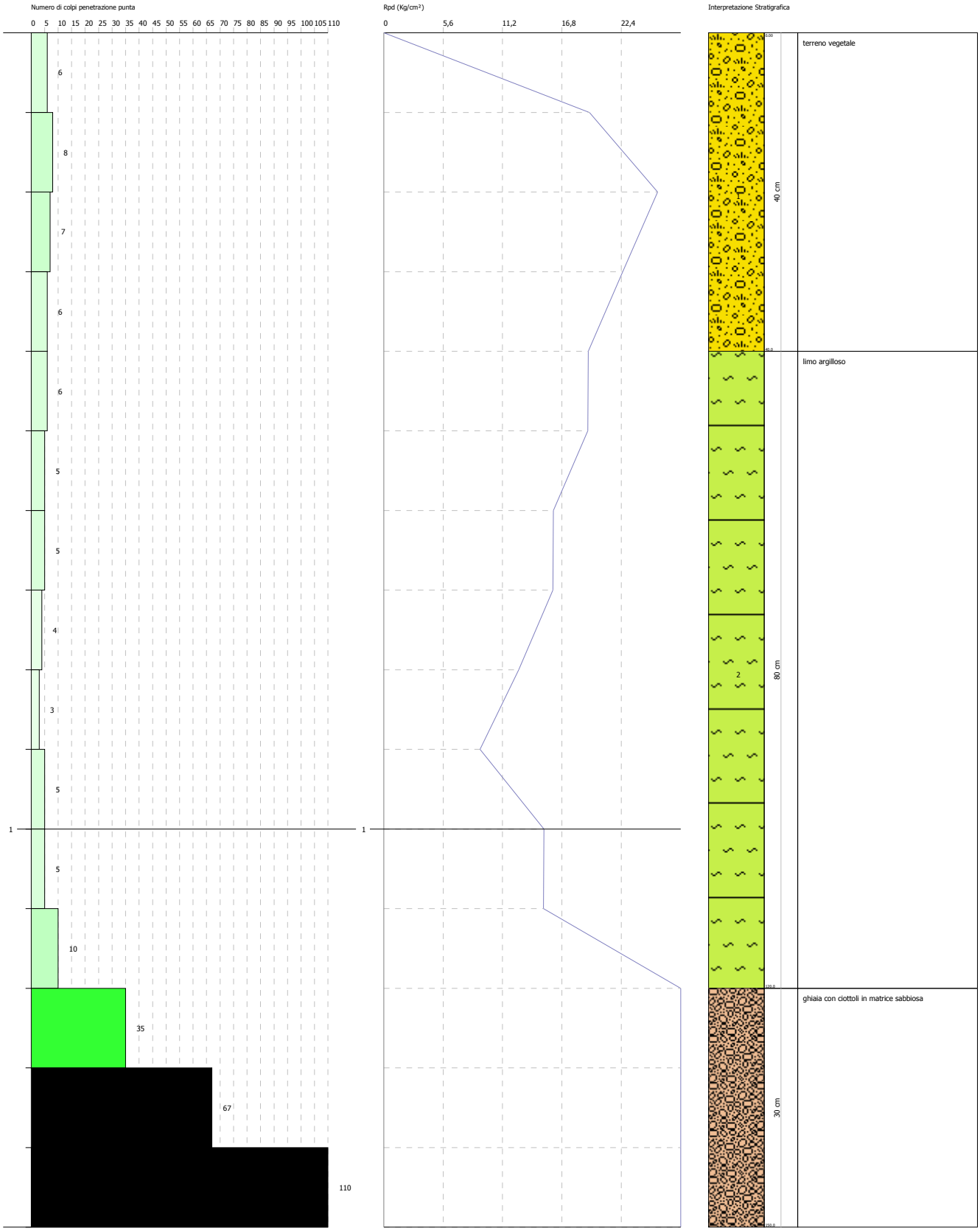
SIGNATURE 2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente:
Descrizione:
Località:

Data: 26/03/2019

Scala 1:7



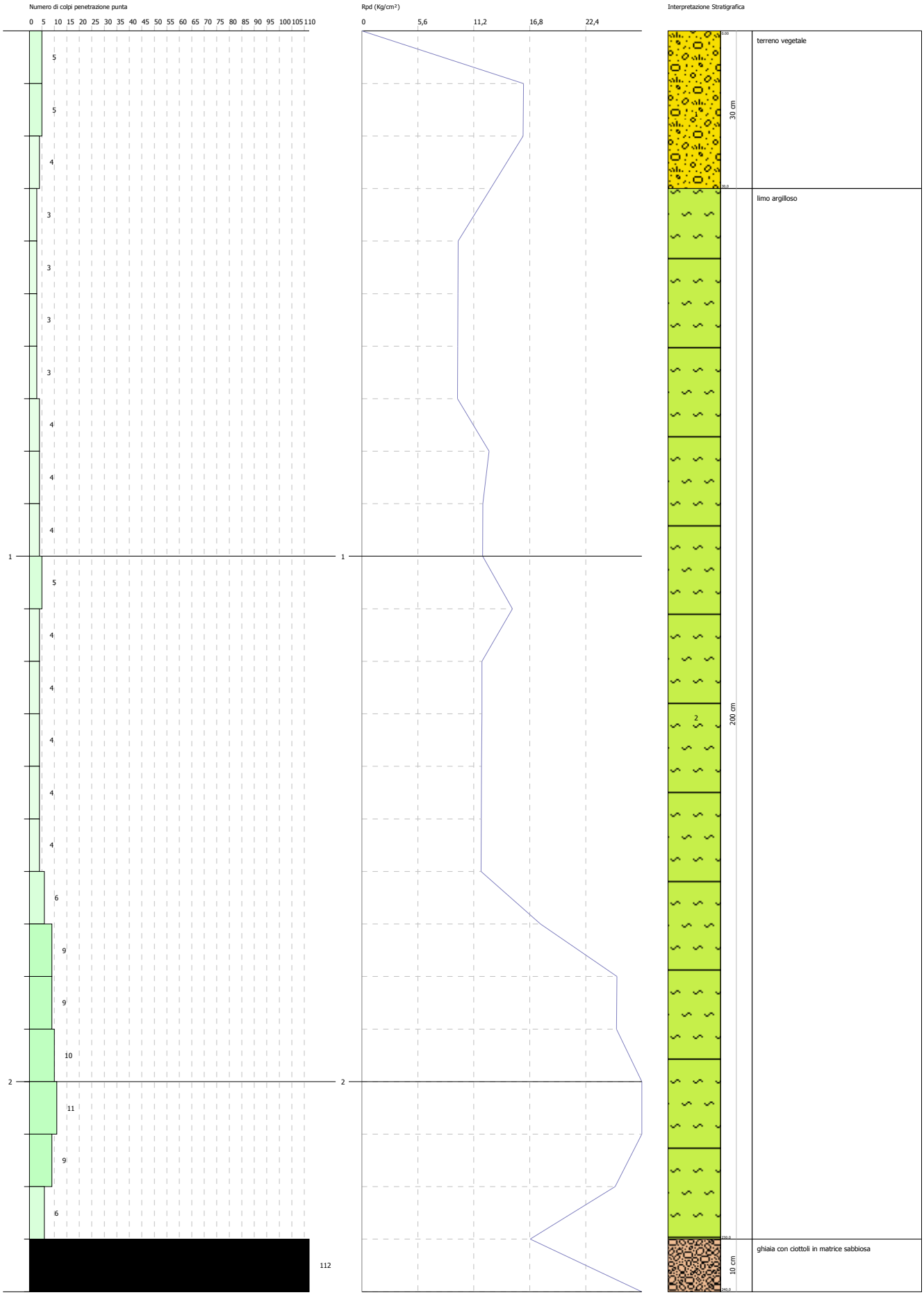
GEOSTRU
CHANGES FROM: PREFERENCES OPTIONS
COMPANY
.....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente:
Descrizione:
Località:

Data: 26/03/2019

Scala 1:10



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

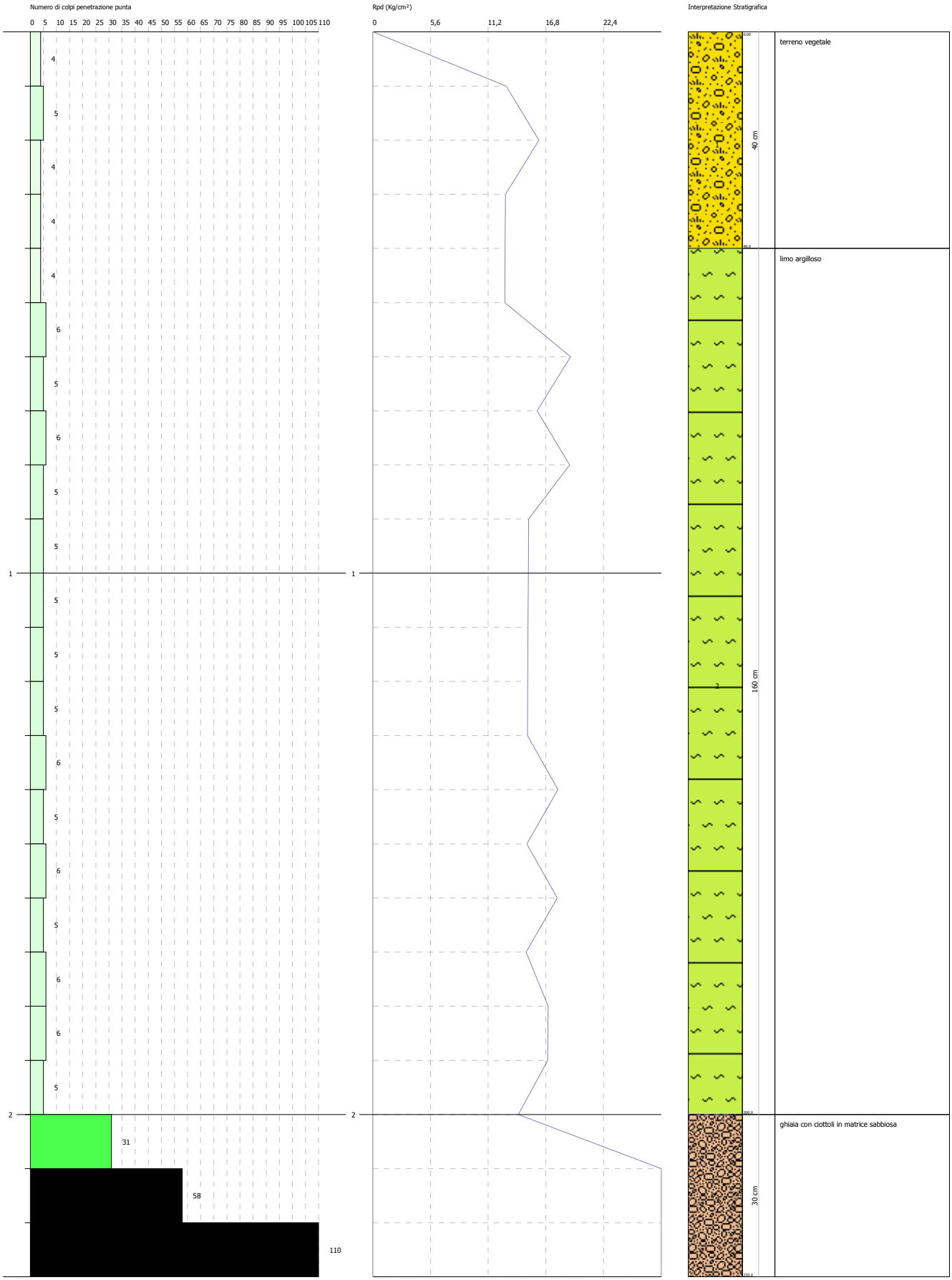
GEOSTRU
CHANGES FROM: PREFERENCES OPTIONS
COMPANY
.....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente:
Descrizione:
Località:

Data: 26/03/2019

Scala 1:10



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

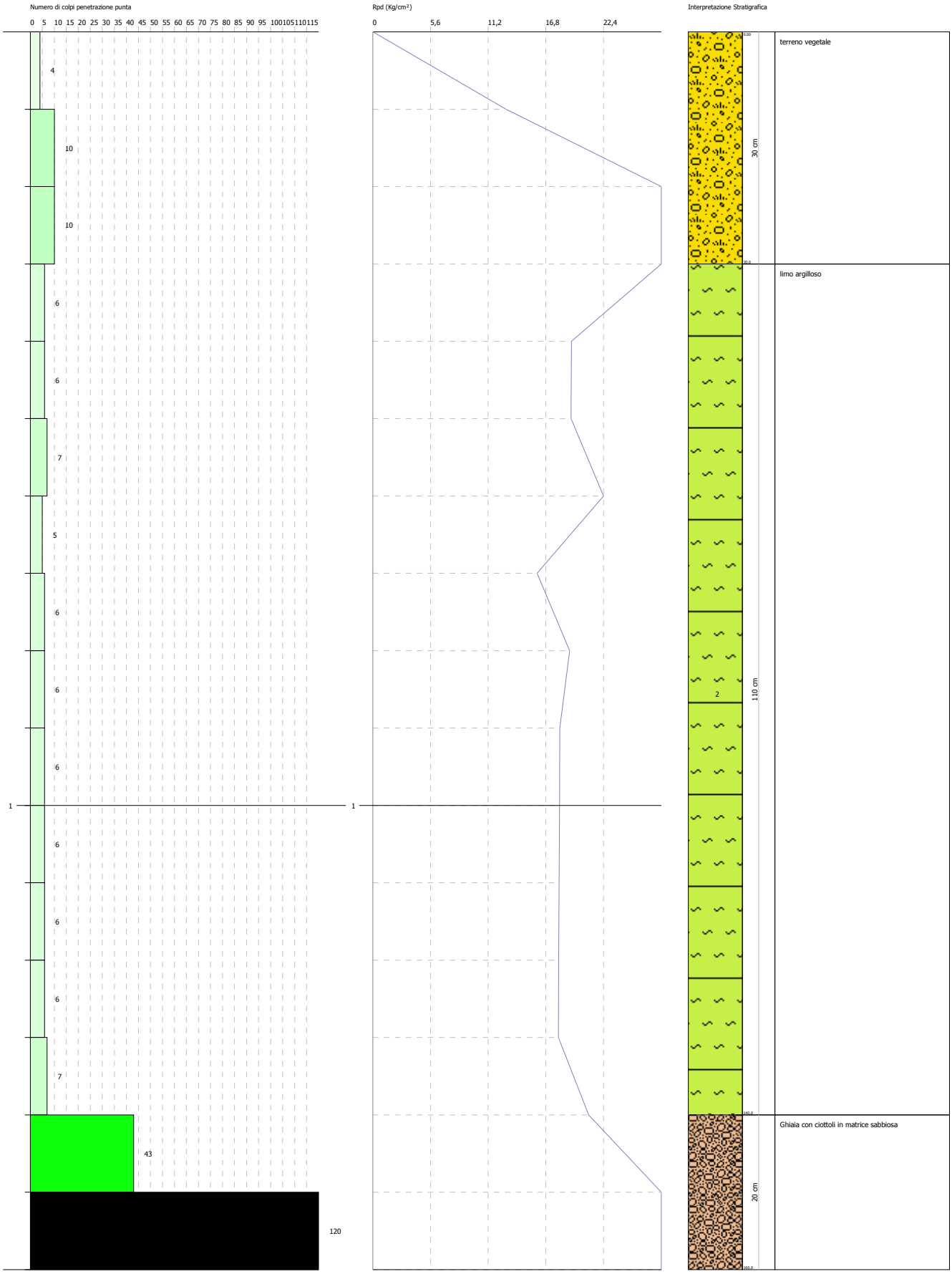
GEOSTRU
CHANGES FROM: PREFERENCES OPTIONS
COMPANY
.....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.6
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente:
Descrizione:
Località:

Data: 26/03/2019

Scala 1:7



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

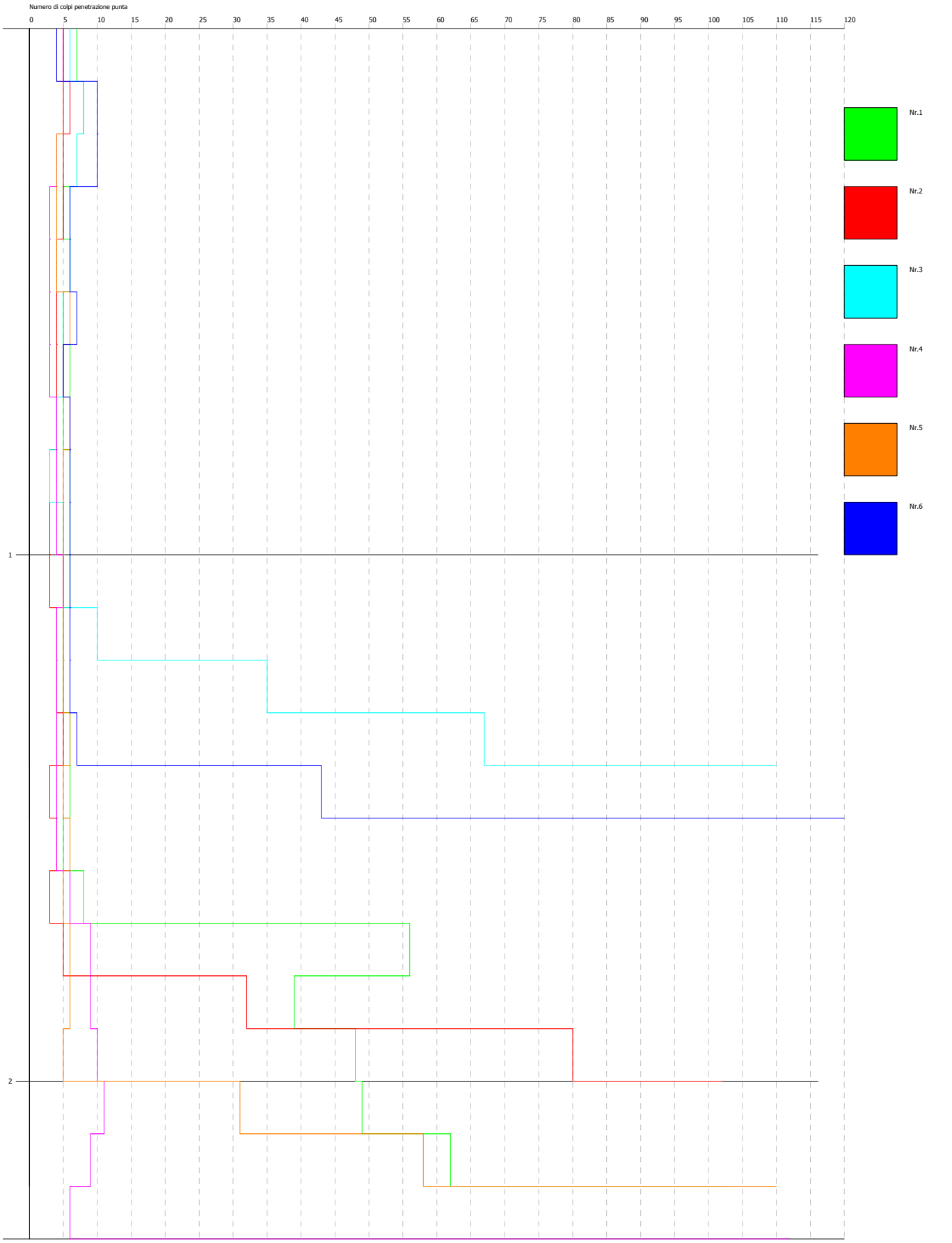
GEOSTRU
CHANGES FROM: PREFERENCES OPTIONS
COMPANY
.....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA: Nr.1-Nr.2-Nr.3-Nr.4-Nr.5-Nr.6
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente:
Descrizione:
Località:

Data: 26/04/2019

Scala 1:10



RELAZIONE INDAGINE MASW

COSMO SPA

MARATTA BASSA

UBICAZIONE STENDIMENTO SISMICO

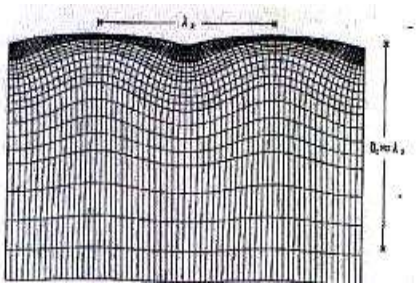
traccia stendimento sismico

1. PREMESSA

Ai fini della determinazione della categoria di sottosuolo, è stata eseguita la presente indagine sismica sui terreni siti in località Maratta Bassa (Terni) definiti catastalmente al foglio n. particelle n. ….. La velocità di propagazione delle onde di taglio (onde S) nel sottosuolo nei primi 30 metri di profondità (Vs30) è stata determinata in ottemperanza a quanto disposto dalla recente normativa antisismica D.M. 17/01/2018. A tal fine è stata eseguita una prospezione sismica MASW (Multichannel Analysis of SurfaceWaves).
L'esito dello studio condotto è illustrato nel dettaglio di seguito.

2. METODOLOGIA MASW - CENNI TEORICI

Il metodo MASW è una tecnica d'indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio Vs, a partire dall'analisi delle onde superficiali di Rayleigh registrate da un array di sensori sismici (geofoni) installati sulla superficie del suolo.

a) 

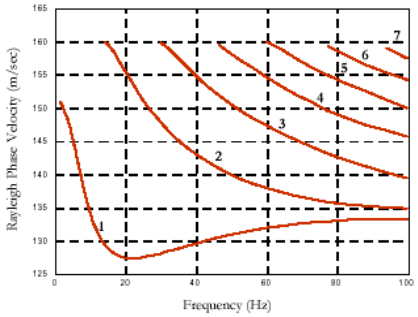
b) 

Figura 1 – a) Propagazione di un'onda superficiale di Raiyeigh; b) Relazione di dispersione multimodale per un mezzo verticalmente eterogeneo (da Lai,1998).

Le onde superficiali di Rayleigh (R) sono prodotte dall'accoppiamento di un'onda di volume compressiva P con un'onda di volume di taglio S polarizzata sul piano verticale (SV), entrambe con propagazione attraverso una superficie. Le onde di Rayleigh provocano un moto delle particelle su traiettorie ellittiche esclusivamente sul piano radiale (Fig. 1a), e la velocità di propagazione (o velocità di fase) è inferiore rispetto alle onde S, e decade esponenzialmente con la profondità, divenendo trascurabile a profondità maggiori della lunghezza d'onda: onde con piccole lunghezze d'onda campionano quindi il sottosuolo a minori profondità mentre all'aumentare della lunghezza d'onda aumenta anche la velocità di fase. Questa dipendenza della velocità di fase (Vf) dalla lunghezza d'onda (λ) e dalla frequenza f ($Vf = \lambda f$) rappresenta la caratteristica

'dispersiva' tipica delle onde superficiali di Rayleigh (R), e il plot di questa relazione è la curva di dispersione. Si ricorda che tale caratteristica non è osservabile nelle onde di volume (S e P).

La propagazione del campo d'onda avviene anche secondo diversi modi: mentre il modo fondamentale si riconosce a tutte le frequenze, i modi maggiori si riconoscono solo sotto alcune frequenze di cut-off, il valore del quale aumenta con l'ordine del modo (Fig. 1b).

3. STRUMENTAZIONE E MODALITA' OPERATIVE

La strumentazione sismica è costituita dal sismografo DoReMi prodotto dalla ditta ***SARA Instruments***. La catena strumentale utilizzata per l'acquisizione dei dati (Fig.2) è composta da:

- **Sistema energizzante -** Il campo d'onda è generato da un impulso impartito mediante una massa del peso di 8 Kg, battente su una piastra metallica posta ad una distanza (offset) di 2 metri dal primo e dall'ultimo geofono ricevente. Per aumentare il rapporto segnale/rumore, per ognuna delle due disposizioni sono stati effettuati 4 shots, i cui segali registrati sono stati mediati quindi analizzati.

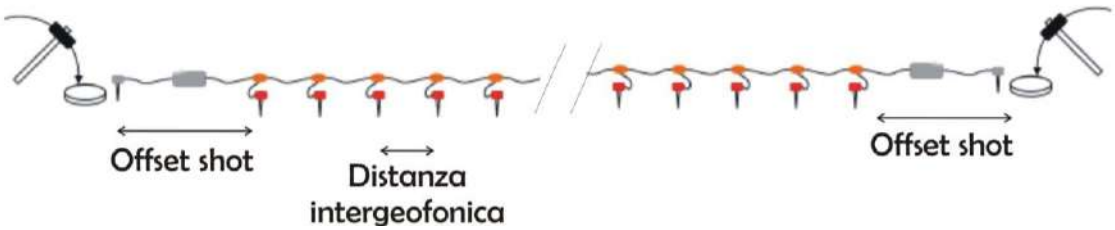


Figura 2 – Catena strumentale

- **Trigger** - circuito elettrico chiuso mediante un geofono starter nell'istante in cui il sistema energizzante colpisce la base di battuta determinando l'inizio della registrazione;
- **Sistema di ricezione** – uno stendimento lineare (o array) di 46 metri composto da 24 geofoni verticali collegati da un cavo bipolare, con frequenza propria di 4,5 Hz e distanza intergeofonica di 2 metri.

La distanza intergeofonica indicativamente rappresenta lo spessore minimo della discontinuità rilevabile. La profondità massima di penetrazione, diversamente dalla sismica a rifrazione tradizionale, è determinata dalla relazione fra velocità di

propagazione dell'onda e le sue frequenze, quindi non dipende dalla geometria dello stendimento, ma dalle caratteristiche della successione litostratigrafia del terreno investigato. L'accoppiamento dei sensori con il terreno è garantito da un apposito piedistallo (Fig. 3). La conversione analogico/digitale del segnale avviene prima della trasmissione al cavo ed all'interfaccia (rappresentata da pc), garantendo un'efficace eliminazione dei problemi di rumore strumentale. Il segnale è stato acquisito con frequenza di campionamento 1000 Hz e lunghezza di registrazione pari a 2 s.

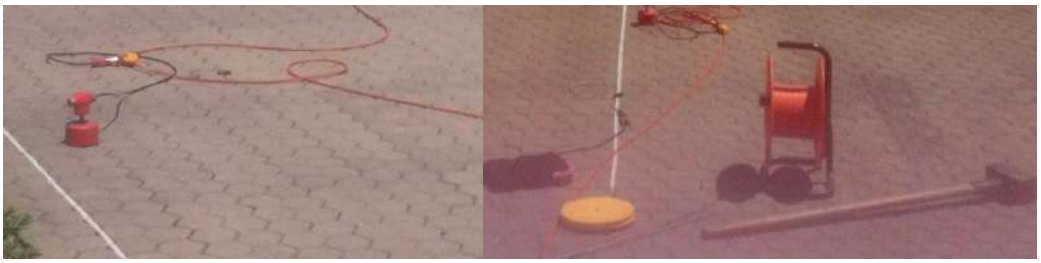


Figura 3 – Particolare del sensore ed accoppiamento col terreno e sistema energizzante.

Dinamica del sistema	
Risoluzione con guadagno 10x	7.600 μV
Risoluzione con guadagno 1000x	0.076 μV
Dinamica di base	96 dB (16 bit)
Dinamica massima del preamplificatore	80 dB
Signal to Noise ratio RMS fra 0.5 e 30 Hz	>90 dB
Full range a 10x	0.5 V p-p
Dinamica totale teorica	155 dB
Dinamica totale senza postprocessing	> 127 dB
Dinamica totale in postprocessing	>140 dB
Convertitore A/D	
Tipologia	SAR
Risoluzione	16 bit
Dinamica	96 dB

4. ELABORAZIONE DATI

Per ricavare la curva di dispersione (modo fondamentale e/o modi superiori) dalla registrazione delle onde superficiali impresse dalla massa battente, e determinare il profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio), è stato utilizzato il software Easy MASW (**www.geostru.eu**). Di seguito si riporta il segnale registrato dall'array di acquisizione.

MASW DIRETTA

Tracce

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

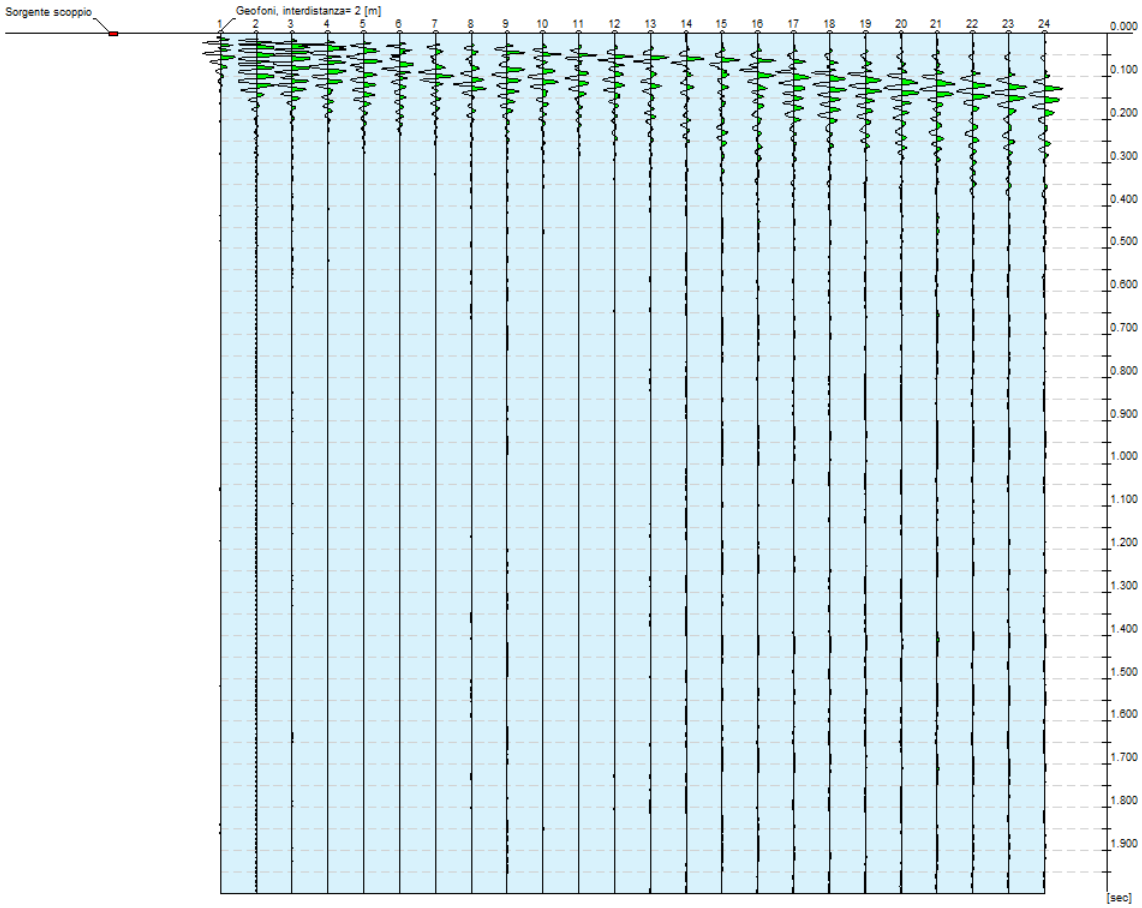


Figura 4 – Segnale registrato dall'array di acquisizione.

Nella figura 5 si riporta il grafico spettro-velocità dal quale è possibile estrarre la curva di dispersione.

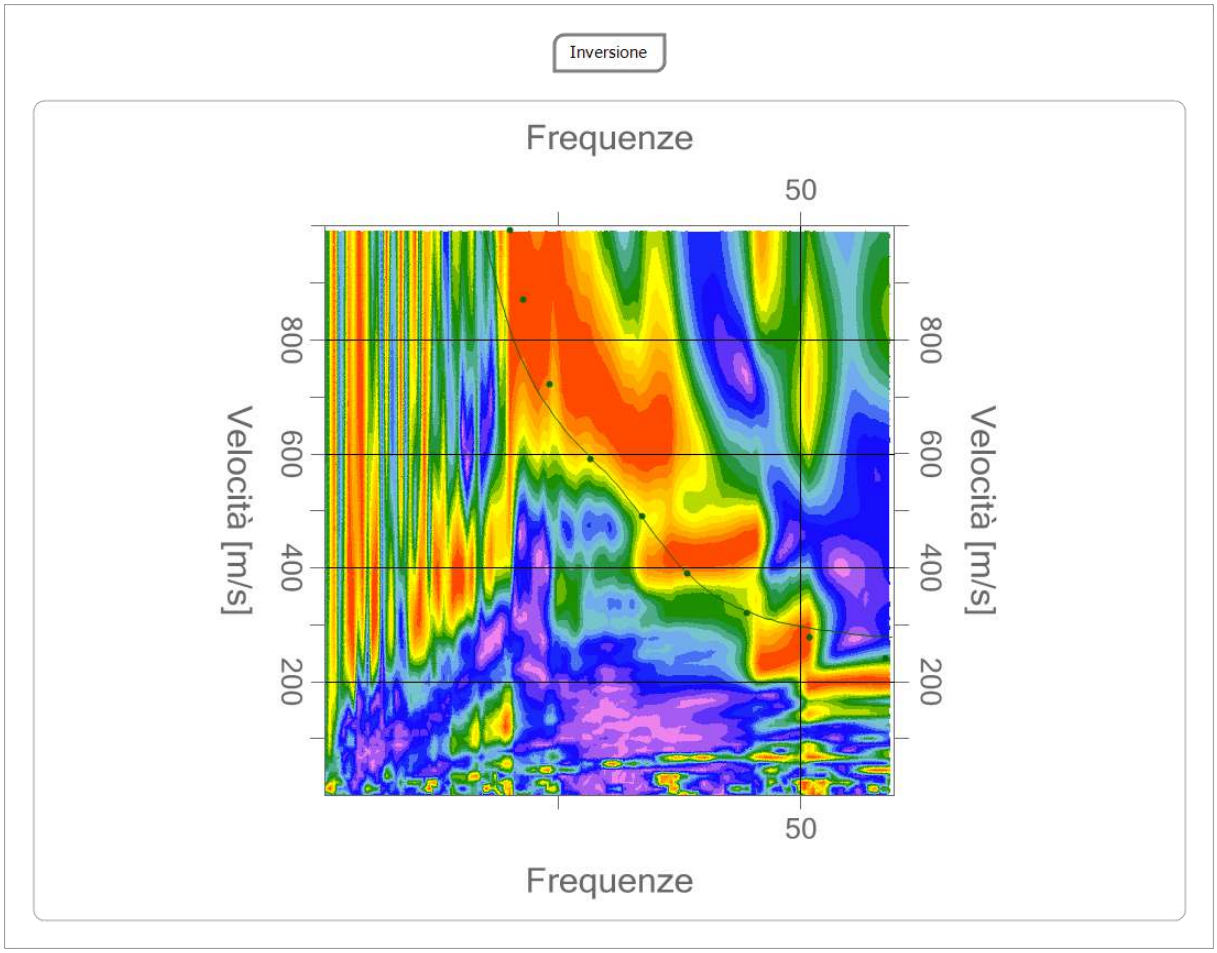


Figura 5 – Curva di dispersione

Il calcolo della curva di dispersione è effettuato mediante analisi F-k, realizzando spettri f-k a diversi intervalli di frequenza, e ripetendo il calcolo per tutti i range contenuti nei segnali acquisiti.

La curva di dispersione viene quindi invertita per la determinazione del profilo di velocità mediante l'algoritmo di inversione "neighbourhoodalgorithm" (Sambridge,1999, implementato da Wathelet, 2005) che si basa su:

Decomposizione dello spazio dei parametri (Vs, Vp, spessori e densità) fornito dall'operatore all'inizio del processo di inversione come ranges di variazione;

Generazione di diversi modelli, per ognuno dei quali è calcolata una curva di dispersione sintetica;

Confronto della curva sintetica con la curva sperimentale.

Ad ogni iterazione l'algoritmo campiona lo spazio dei parametri dove il fit tra il modello ed i dati è migliore, minimizzando progressivamente la funzione di errore. L'errore è dato dal misfit, calcolato come differenza quadratica media tra la velocità della curva dati x_{dt} alla frequenza f_t, e la velocità del modello x_{ct} alla stessa frequenza:

$$misfit = \sqrt{\sum_{t=1}^{N} \frac{(x_{dt} - x_{ct})^2}{\sigma_t^2 N}} \qquad \text{Eq.1}$$

in cui N è il numero di campioni e σ_t è l'incertezza del campione di frequenza considerato (SESAME del.24-13).

In questo modo si ottiene un profilo verticale delle Vs relative al volume di sottosuolo sotteso dallo stendimento realizzato in superficie, ed il valore del parametro Vs_{eq} è calcolato utilizzando la seguente formula:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \qquad \text{Eq.2}$$

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

h_i: spessore dell'i-esimo strato

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

5. RISULTATI

In Figura 6 si riporta il profilo verticale delle **Vs** relativo al modello ricostruito, ed ottenuto applicando la procedura di inversione alle curve di dispersione.

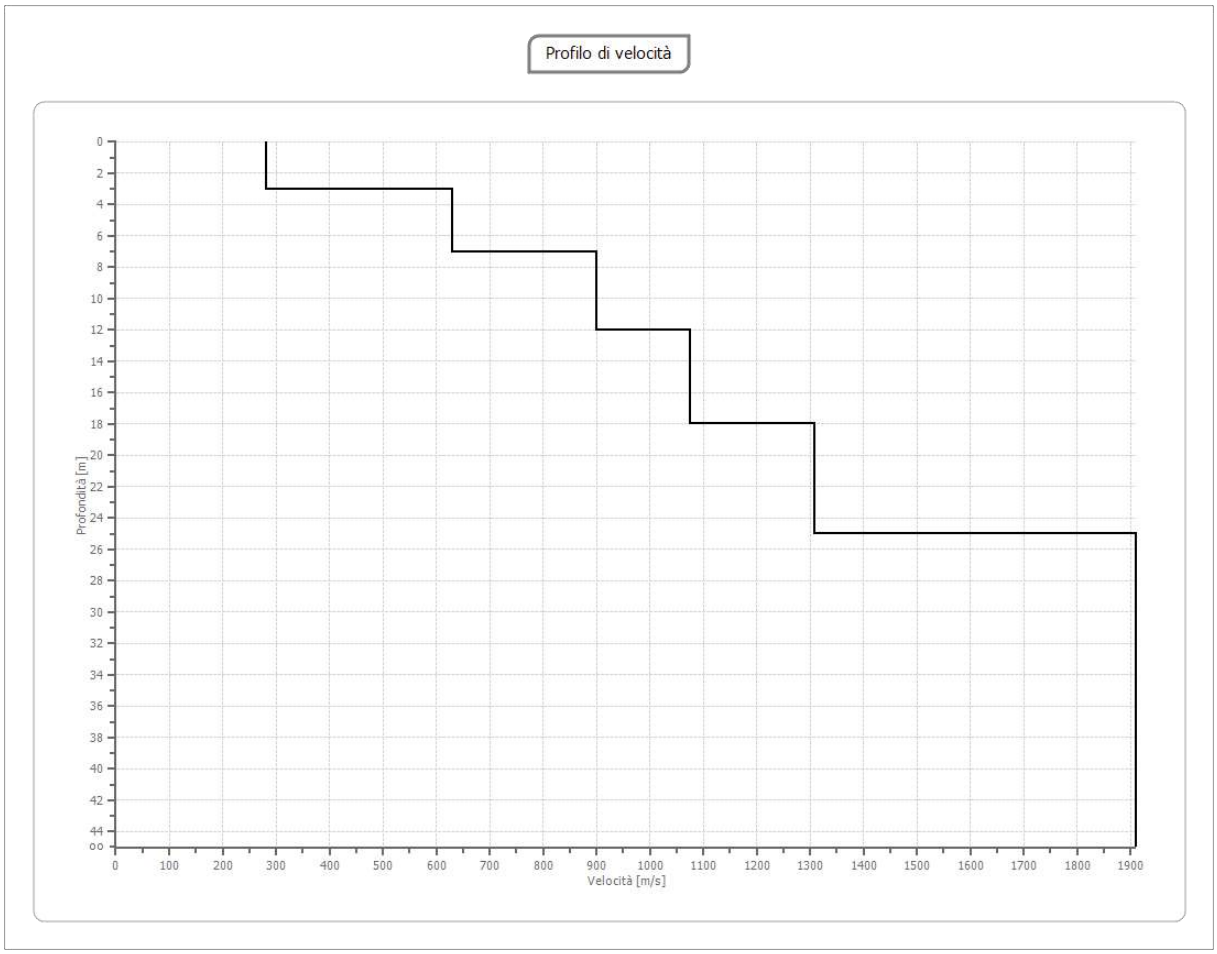


Figura 6 – Profilo verticale delle **Vs** relativo al modello ricostruito.

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.00	3.00	1700.0	0.30	No	525.5	280.9
2		7.00	4.00	1750.0	0.30	No	1179.7	630.6
3		12.00	5.00	1800.0	0.26	Si	1578.4	898.9
4		18.00	6.00	1900.0	0.33	Si	2133.0	1074.4
5		25.00	7.00	2000.0	0.35	Si	2723.7	1308.4
6		oo	oo	2100.0	0.30	No	3572.7	1909.7

Figura 7 – Modello sismo-stratigrafico ricostruito

Il profilo verticale delle onde S è mostrato in Figura 6 ed è costituito da 6 sismo-strati con velocità Vs complessivamente in aumento con la profondità. Inoltre in Figura 8 si riporta una stima approssimativa della velocità delle onde primarie (Vp) e altri parametri.

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.00	3.00	280.91	525.53	1700.00	0.30	134.14	469.50	290.64	348.77	N/A	4192.24
2	7.00	4.00	630.60	1179.75	1750.00	0.30	695.90	2435.66	1507.79	1809.34	N/A	N/A
3	12.00	5.00	898.87	1578.36	2000.00	0.26	1615.93	4982.45	2827.88	4072.15	N/A	N/A
4	18.00	6.00	1074.43	2133.00	2100.00	0.33	2424.25	9554.38	6322.05	6448.50	N/A	N/A
5	25.00	7.00	1308.43	2723.71	2200.00	0.35	3766.37	16320.93	11299.11	10169.20	N/A	N/A
6	oo	oo	1909.67	3572.66	2100.00	0.30	7658.34	26804.18	16593.07	19911.68	0	N/A

Figura 8 - Modello sismo stratigrafico, Vp, densità e moduli elastici (G0: Modulo di deformazione al taglio; Ed: Modulo edometrico; M0: Modulo di compressibilità volumetrica; Ey: Modulo di Young).

6. OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

Il profilo verticale delle onde S ottenuto è costituito da 6 sismo-strati. Il parametro Vs30 è stato calcolato sul profilo di velocità utilizzando l'Eq.2. Il valore corrispondente è riportato nella seguente tabella, unitamente alla rispettiva classe definita secondo le NTC 17/01/2018:

PROSPEZIONE	Vs30	Classificazione secondo NTC 17/01/2018
Comune di Terni (TR) – Maratta Bassa	**Vseq = 411.21 m/s**	**B**

Per il caso in esame, utilizzando i valori del modello di velocità delle onde di taglio, la velocità media **Vs_{eq}** finale ottenuta è pari a **411.21 m/s**, collocando tali terreni nella classe di **Tipo B** definita come *"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s".*

Figura 9 – Foto esecuzione stendimento sismico MASW

MASW INVERSA

Tracce

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

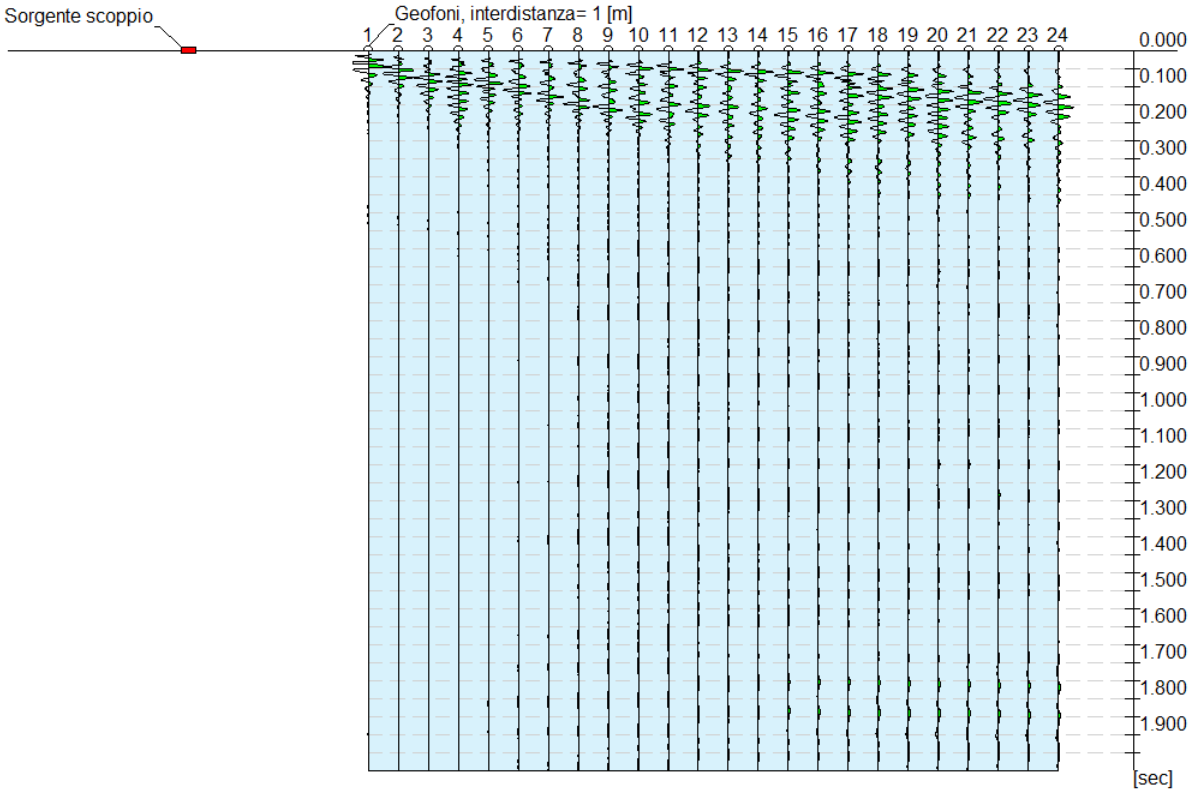


Figura 10 – Segnale registrato dall'array di acquisizione.

Nella figura 11 si riporta il grafico spettro-velocità dal quale è possibile estrarre la curva di dispersione.

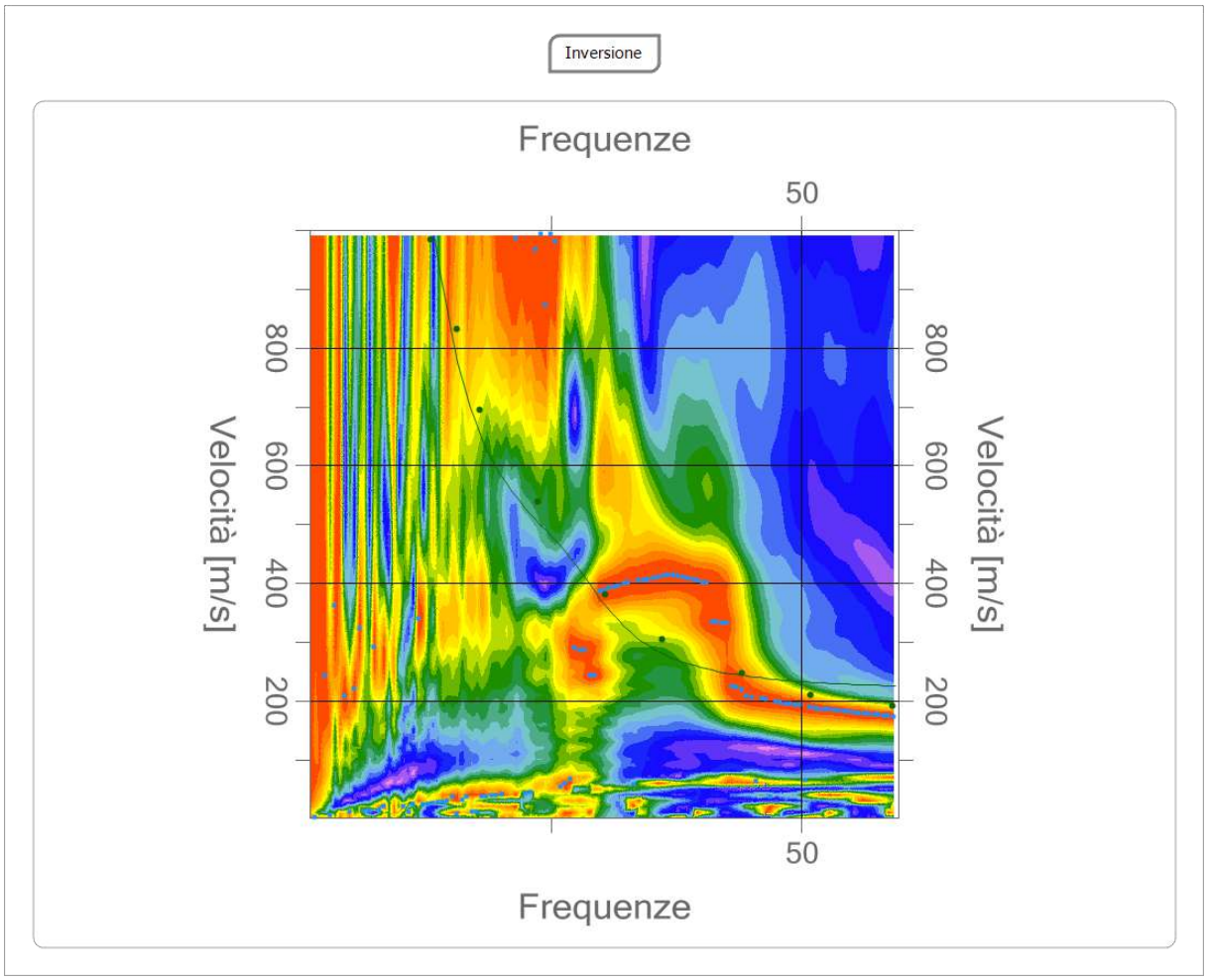


Figura 11 – Curva di dispersione

Il calcolo della curva di dispersione è effettuato mediante analisi F-k, realizzando spettri f-k a diversi intervalli di frequenza, e ripetendo il calcolo per tutti i range contenuti nei segnali acquisiti.

La curva di dispersione viene quindi invertita per la determinazione del profilo di velocità mediante l'algoritmo di inversione "neighbourhoodalgorithm" (Sambridge,1999, implementato da Wathelet, 2005) che si basa su:

Decomposizione dello spazio dei parametri (Vs, Vp, spessori e densità) fornito dall'operatore all'inizio del processo di inversione come ranges di variazione;

Generazione di diversi modelli, per ognuno dei quali è calcolata una curva di dispersione sintetica;

Confronto della curva sintetica con la curva sperimentale.

Ad ogni iterazione l'algoritmo campiona lo spazio dei parametri dove il fit tra il modello ed i dati è migliore, minimizzando progressivamente la funzione di errore. L'errore è dato dal misfit, calcolato come differenza quadratica media tra la velocità della curva dati x_{dt} alla frequenza f_t, e la velocità del modello x_{ct} alla stessa frequenza:

$$misfit = \sqrt{\sum_{t=1}^{N} \frac{(x_{dt} - x_{ct})^2}{\sigma_t^2 N}} \qquad \text{Eq.1}$$

in cui N è il numero di campioni eσ_t è l'incertezza del campione di frequenza considerato (SESAME del.24-13).

questo modo si ottiene un profilo verticale delle Vs relative al volume di sottosuolo sotteso dallo stendimento realizzato in superficie, ed il valore del parametro Vseq è calcolato utilizzando la seguente formula:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \qquad \text{Eq.2}$$

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

h_i: spessore dell'i-esimo strato

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

7. RISULTATI

In Figura 12 si riporta il profilo verticale delle **Vs** relativo al modello ricostruito, ed ottenuto applicando la procedura di inversione alle curve di dispersione.

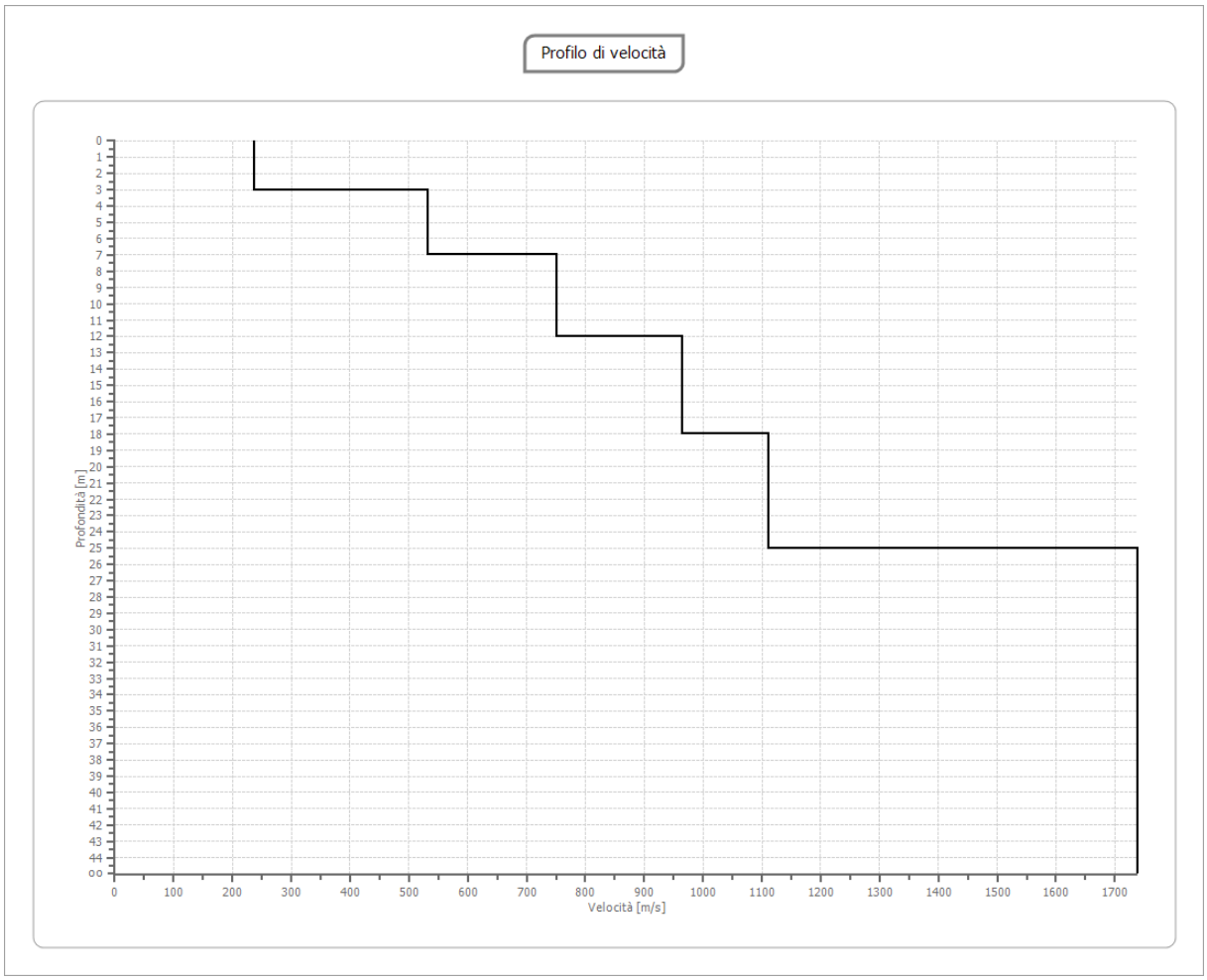


Figura 12 – Profilo verticale delle **Vs** relativo al modello ricostruito.

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.00	3.00	1700.0	0.30	No	441.4	235.9
2		7.00	4.00	1750.0	0.30	No	994.8	531.8
3		12.00	5.00	1800.0	0.26	Si	1319.0	751.2
4		18.00	6.00	1900.0	0.33	Si	1915.0	964.6
5		25.00	7.00	2000.0	0.35	Si	2312.1	1110.7
6		oo	oo	2100.0	0.30	No	3253.4	1739.0

Figura 13 – Modello sismo-stratigrafico ricostruito

Il profilo verticale delle onde S è mostrato in Figura 12 ed è costituito da 6 sismo-strati con velocità Vs complessivamente in aumento con la profondità. Inoltre in Figura 14 si riporta una stima approssimativa della velocità delle onde primarie (Vp) e altri parametri.

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.00	3.00	235.93	441.39	1700.00	0.30	94.63	331.21	205.03	246.04	N/A	1744.61
2	7.00	4.00	531.77	994.84	1750.00	0.30	494.85	1731.99	1072.18	1286.62	N/A	N/A
3	12.00	5.00	751.15	1318.98	2000.00	0.26	1128.46	3479.40	1974.80	2843.71	N/A	N/A
4	18.00	6.00	964.63	1915.02	2100.00	0.33	1954.07	7701.32	5095.90	5197.82	N/A	N/A
5	25.00	7.00	1110.68	2312.06	2200.00	0.35	2713.93	11760.36	8141.78	7327.61	N/A	N/A
6	oo	oo	1739.01	3253.38	2100.00	0.30	6350.70	22227.45	13759.85	16511.82	0	N/A

Figura 14 - Modello sismo stratigrafico, Vp, densità e moduli elastici (G0: Modulo di deformazione al taglio; Ed: Modulo edometrico; M0: Modulo di compressibilità volumetrica; Ey: Modulo di Young).

8. OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

Il profilo verticale delle onde S ottenuto è costituito da 6 sismo-strati. Il parametro Vs30 è stato calcolato sul profilo di velocità utilizzando l'Eq.2. Il valore corrispondente è riportato nella seguente tabella, unitamente alla rispettiva classe definita secondo le NTC 17/01/2018:

PROSPEZIONE	Vs30	Classificazione secondo NTC 17/01/2018
Comune di Terni (TR) – Maratta Bassa	**Vseq = 446.18 m/s**	**B**

Per il caso in esame, utilizzando i valori del modello di velocità delle onde di taglio, la velocità media **Vs_{eq}** finale ottenuta è pari a **446.18 m/s**, collocando tali terreni nella classe di **Tipo B** definita come *"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s".*

Figura 15 – Foto esecuzione stendimento sismico MASW

Di seguito si espongono i risultati delle indagini:

PROFILO RIFRAZIONE N° 1 (SR 1)

- Lunghezza stendimento: 120 m;
- Distanza intergeofonica: 5.0 m.

L'acquisizione dei risultati è avvenuta effettuando n. 2 tiri estremi e n. 1 tiro centrale ed utilizzando come sorgente di energia una mazza di battuta.

L'interpretazione dei dati mediante l'esame delle dromocrone ha permesso di individuare la seguente successione di strati.

STRATO 1:

E' presente a partire dal piano campagna fino ad una profondità variabile da circa 8 – 9 metri e può essere associato alle Sabbie limose caratterizzato da una Vs = 360.8 m/s.

STRATO 2:

E' presente a partire dalla base dello strato 1 ed è caratterizzato da una Vs = 553.5 m/s; può essere associato alle Ghiaie.

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	0.00	r1_a 120#1.dat
30.00	0.00	r1_d1#1.dat
60.00	0.00	r1_c_120#1.dat
90.00	0.00	r1_d2_120#1.dat
120.00	0.00	r1_b_120_bis#1.dat

POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 30 [ms]	FBP da 60 [ms]	FBP da 90 [ms]	FBP da 120 [ms]
1	2.50	0.00	8.00	78.75	134.00	175.00	240.04
2	7.50	0.00	22.25	65.50	128.25	170.50	234.90
3	12.50	0.00	36.00	49.50	118.50	162.50	225.78
4	17.50	0.00	47.25	37.75	107.75	154.00	218.37
5	22.50	0.00	55.25	30.75	97.00	147.75	211.53
6	27.50	0.00	65.00	7.50	83.75	136.25	204.12
7	32.50	0.00	75.75	9.75	72.50	126.00	196.13
8	37.50	0.00	85.00	22.25	56.50	117.50	185.87
9	42.50	0.00	98.00	31.25	42.75	106.50	178.46
10	47.50	0.00	113.00	47.25	33.00	99.25	171.50
11	52.50	0.00	123.75	64.50	17.00	87.75	163.75
12	57.50	0.00	138.00	71.75	7.50	79.75	149.50
13	62.50	0.00	149.50	83.75	7.50	69.50	138.00
14	67.50	0.00	163.75	92.25	17.00	62.75	123.75
15	72.50	0.00	171.50	96.25	33.00	53.00	113.00

16	77.50	0.00	178.50	107.25	42.75	44.00	98.00
17	82.50	0.00	185.75	114.50	56.50	26.75	85.00
18	87.50	0.00	198.41	127.25	72.50	8.50	75.75
19	92.50	0.00	206.40	136.25	83.75	9.75	65.00
20	97.50	0.00	211.50	147.75	97.00	32.50	55.25
21	102.50	0.00	218.25	156.25	107.75	46.75	47.25
22	107.50	0.00	225.75	170.50	118.50	61.00	36.00
23	112.50	0.00	233.19	179.50	128.25	71.25	22.25
24	117.50	0.00	240.00	187.00	134.00	80.50	8.00

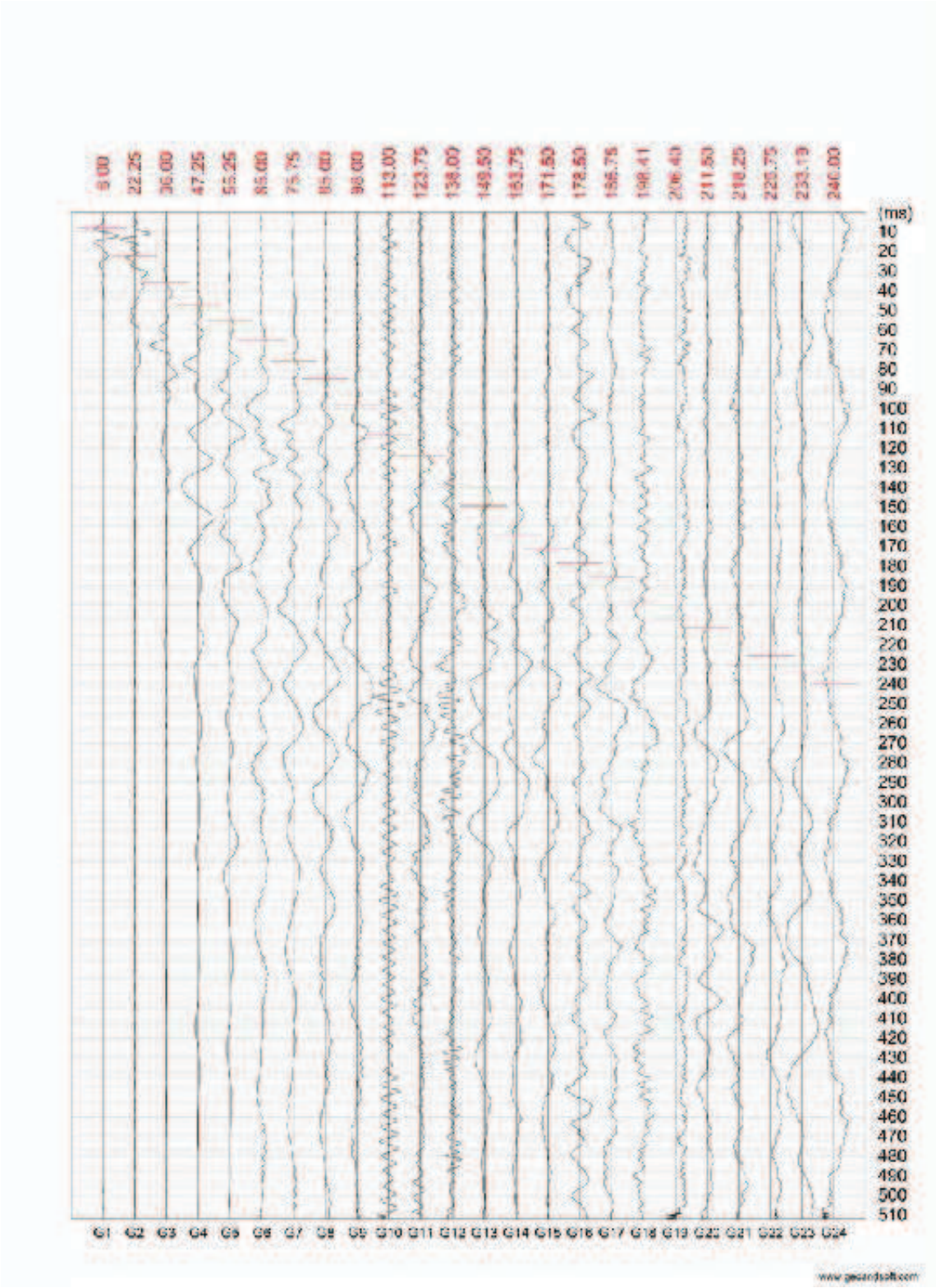
DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

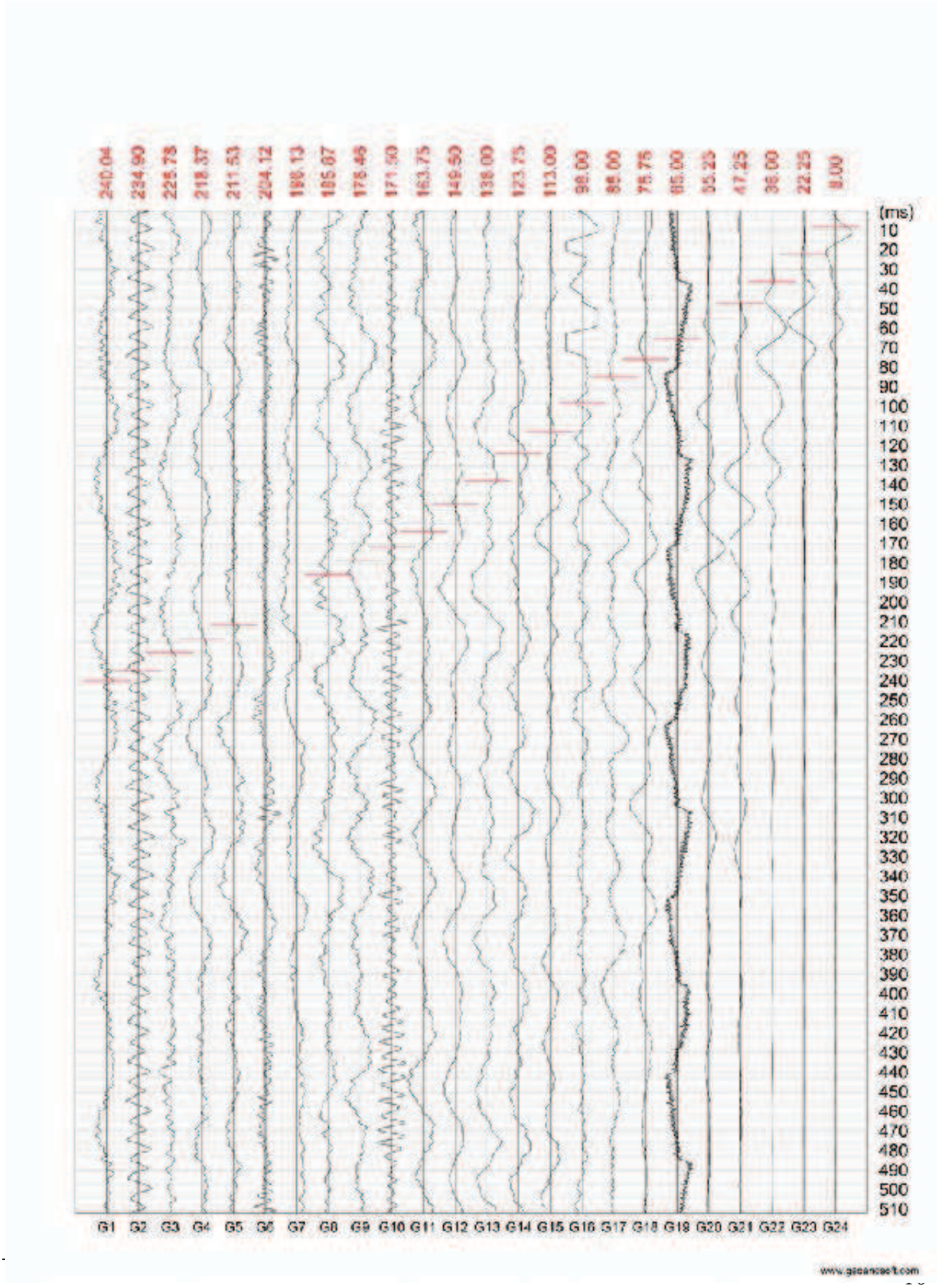
N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]
1	7.9
2	7.9
3	8.4
4	8.0
5	8.5
6	8.8
7	8.4
8	8.2
9	7.6
10	8.7
11	8.7
12	9.3
13	9.2
14	8.1
15	8.6
16	7.5

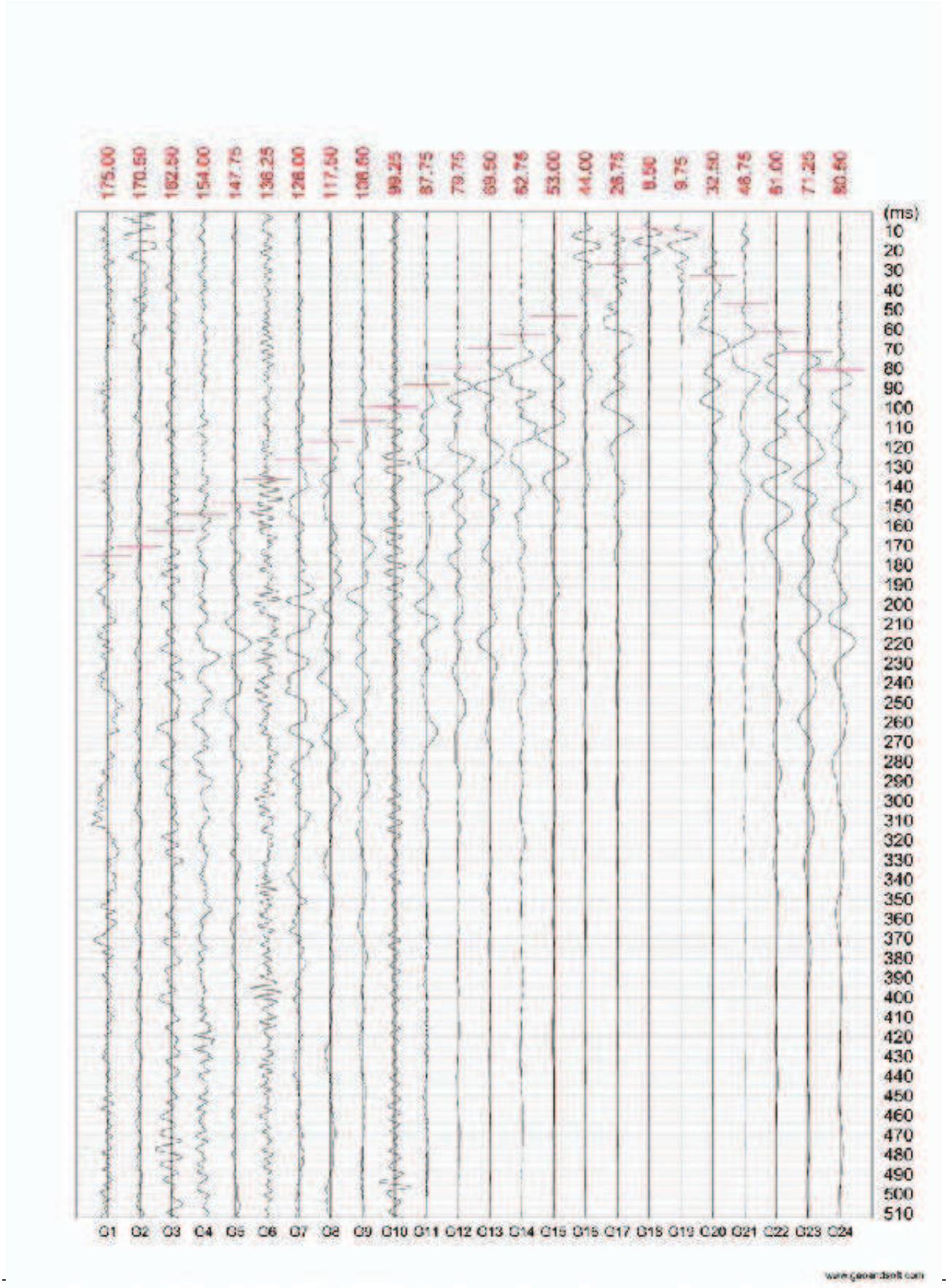
17	8.7
18	8.8
19	9.0
20	9.0
21	9.3
22	9.4
23	9.0
24	9.1

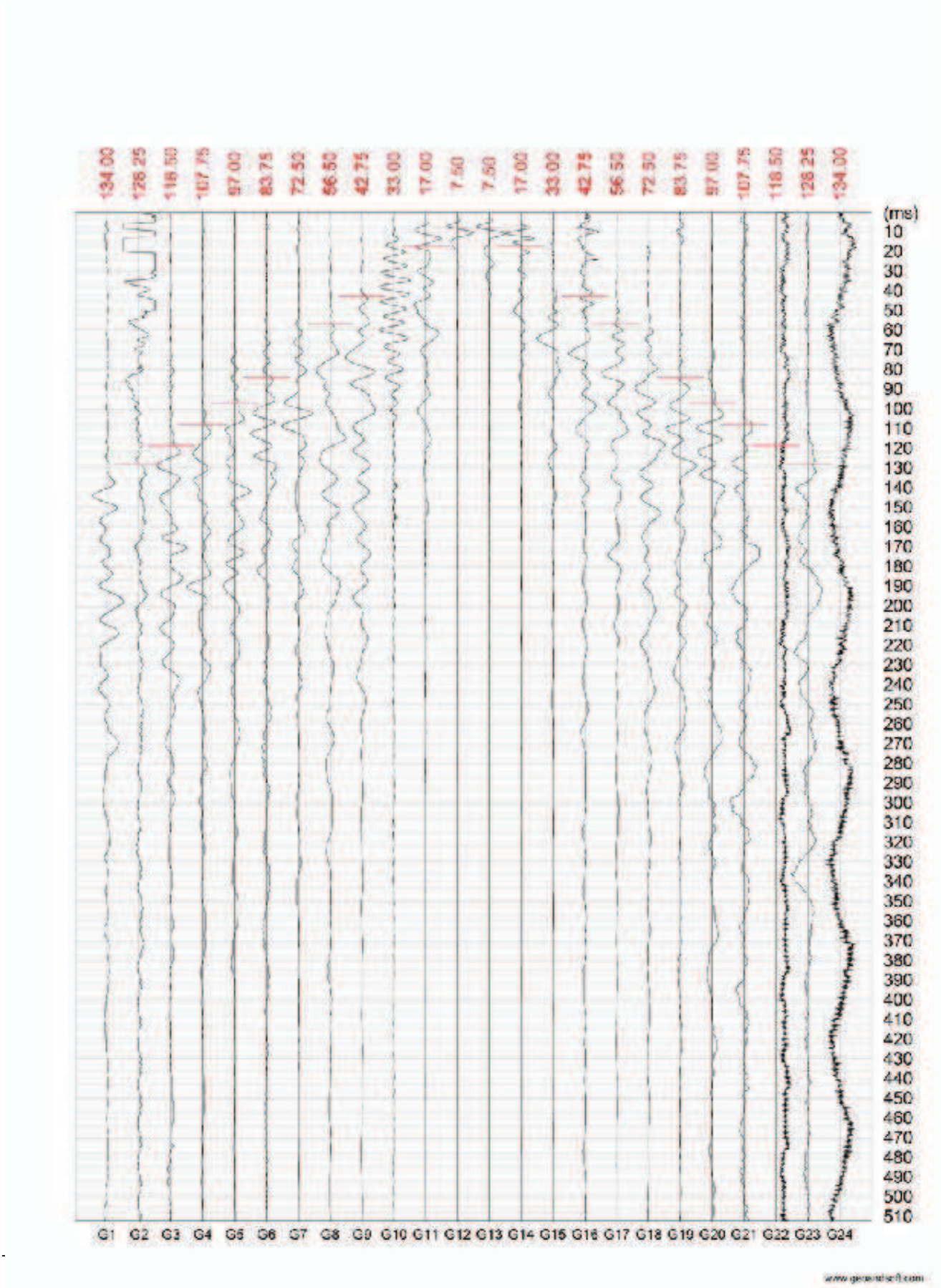
VELOCITA' DEGLI STRATI

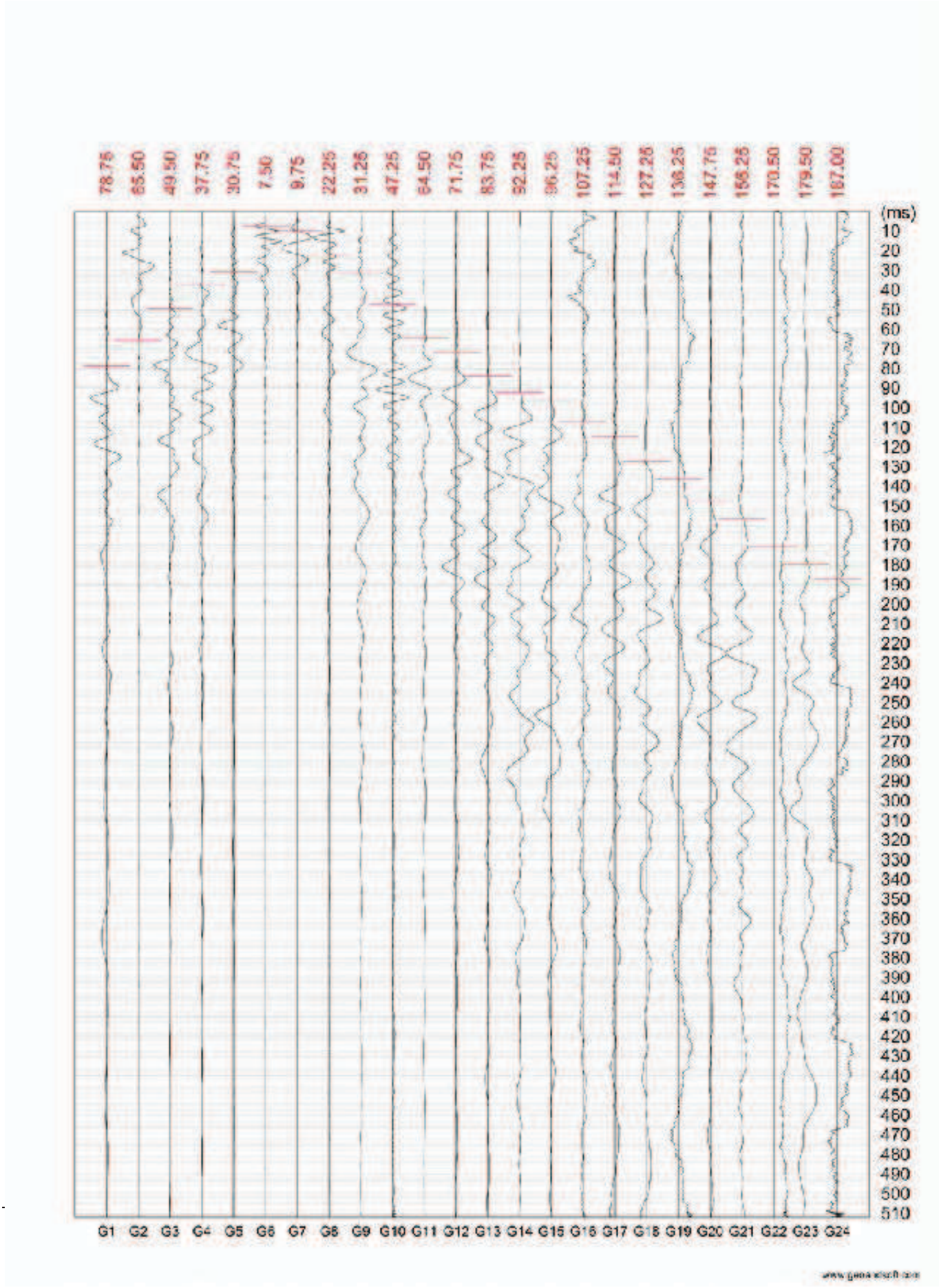
N. Strato	Velocità [m/s]
1	360.8
2	553.5

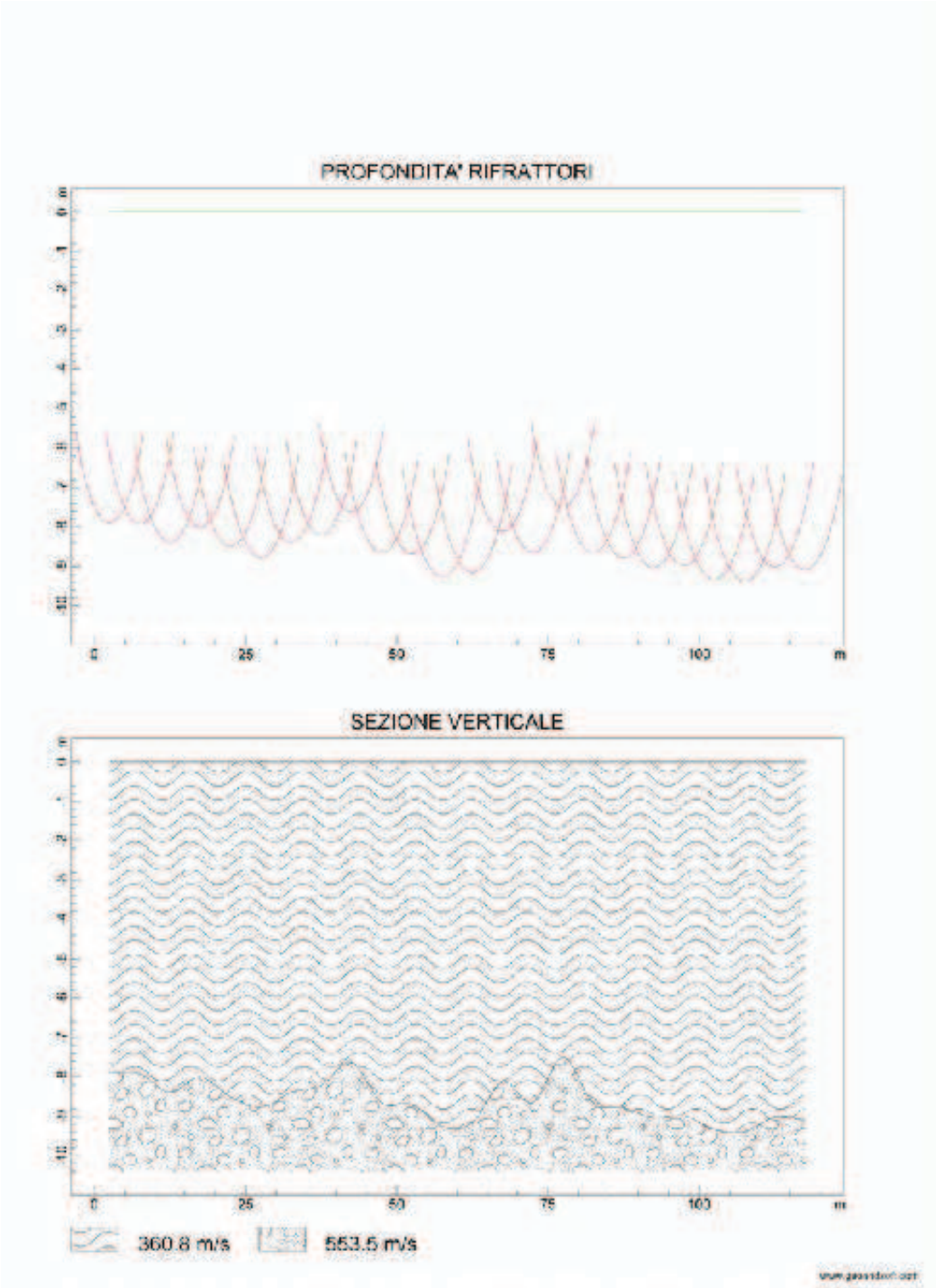

(ms)
G1 G2 G3 G4 G5 G6 G7 G8 G9 G10 G11 G12 G13 G14 G15 G16 G17 G18 G19 G20 G21 G22 G23 G24


240.04
234.90
229.78
218.37
211.53
204.12
198.13
185.67
178.46
171.50
163.75
149.50
138.00
123.75
113.00
98.00
86.00
75.75
65.00
55.25
47.25
36.00
22.25
8.00
(ms)
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
200
210
220
230
240
250
260
270
280
290
300
310
320
330
340
350
360
370
380
390
400
410
420
430
440
450
460
470
480
490
500
510
G1 G2 G3 G4 G5 G6 G7 G8 G9 G10 G11 G12 G13 G14 G15 G16 G17 G18 G19 G20 G21 G22 G23 G24
www.geoancsoft.com

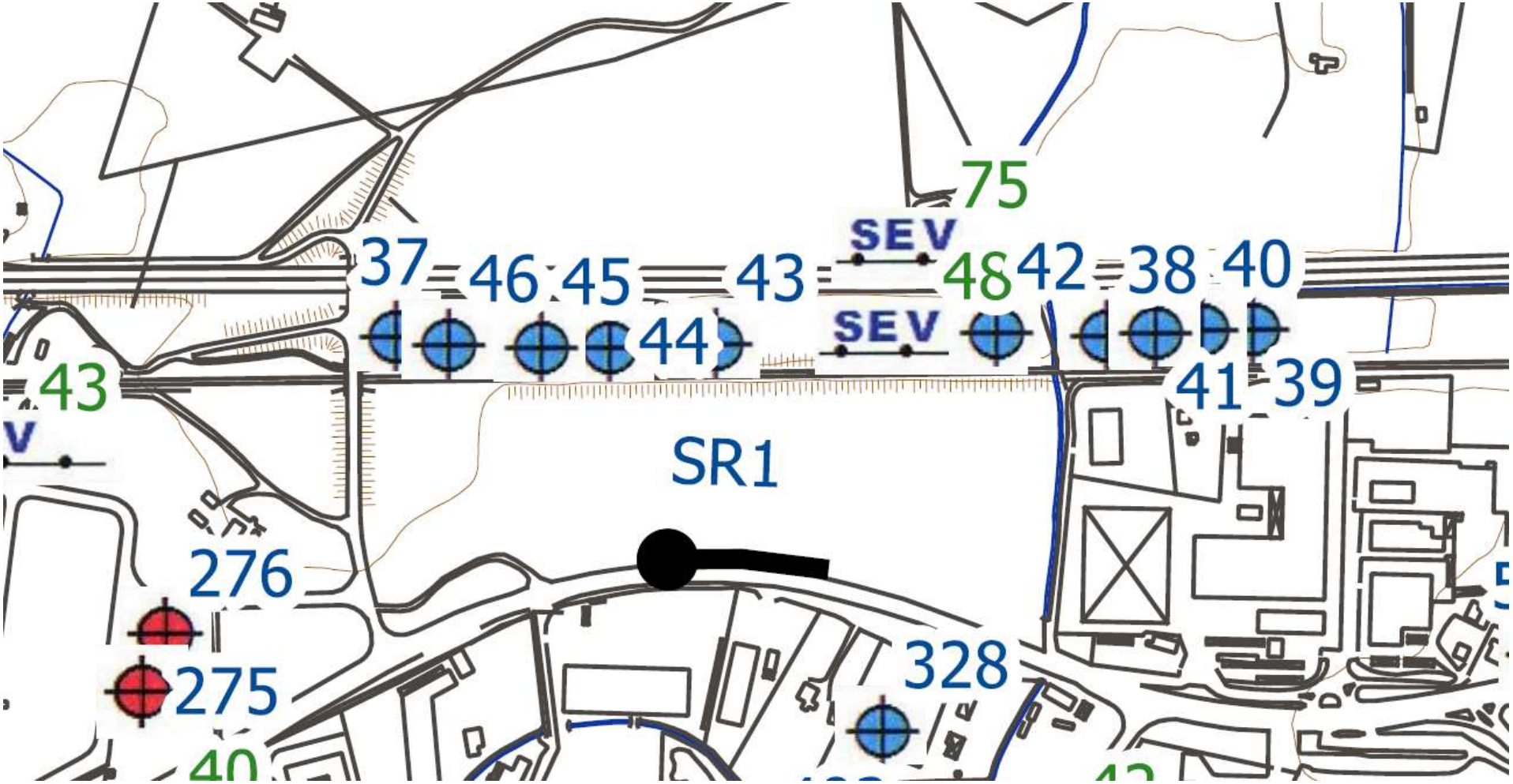

175.00
170.50
162.50
154.00
147.75
136.25
126.00
117.50
108.50
98.25
87.75
79.75
69.50
62.75
53.00
44.00
26.75
8.50
9.75
32.50
46.75
61.00
71.25
80.50
(ms)
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
200
210
220
230
240
250
260
270
280
290
300
310
320
330
340
350
360
370
380
390
400
410
420
430
440
450
460
470
480
490
500
510
G1 G2 G3 G4 G5 G6 G7 G8 G9 G10 G11 G12 G13 G14 G15 G16 G17 G18 G19 G20 G21 G22 G23 G24


134.00
128.25
118.50
107.75
97.00
83.75
72.50
56.50
42.75
33.00
17.00
7.50
7.50
17.00
33.00
42.75
56.50
72.50
83.75
97.00
107.75
118.50
128.25
134.00
(ms)
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
200
210
220
230
240
250
260
270
280
290
300
310
320
330
340
350
360
370
380
390
400
410
420
430
440
450
460
470
480
490
500
510
G1 G2 G3 G4 G5 G6 G7 G8 G9 G10 G11 G12 G13 G14 G15 G16 G17 G18 G19 G20 G21 G22 G23 G24


78.75
65.50
49.50
37.75
30.75
7.50
9.75
22.25
31.25
47.25
64.50
71.75
83.75
92.25
96.25
107.25
114.50
127.25
136.25
147.75
156.25
170.50
179.50
187.00
(ms)
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
200
210
220
230
240
250
260
270
280
290
300
310
320
330
340
350
360
370
380
390
400
410
420
430
440
450
460
470
480
490
500
510
G1 G2 G3 G4 G5 G6 G7 G8 G9 G10 G11 G12 G13 G14 G15 G16 G17 G18 G19 G20 G21 G22 G23 G24

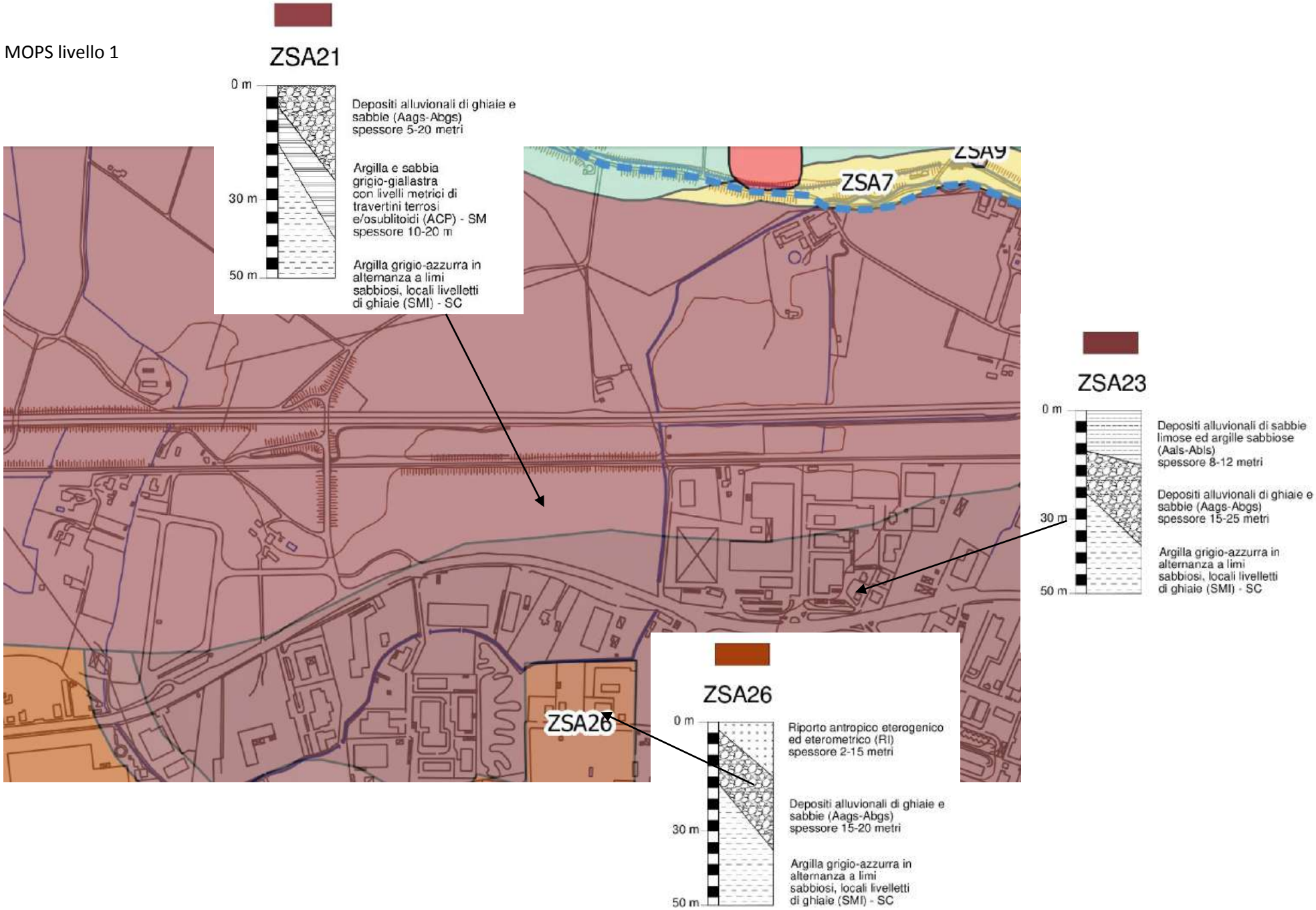

PROFONDITA' RIFRATTORI
0
25
50
75
100
m
SEZIONE VERTICALE
0
25
50
75
100
m
360.8 m/s
553.5 m/s

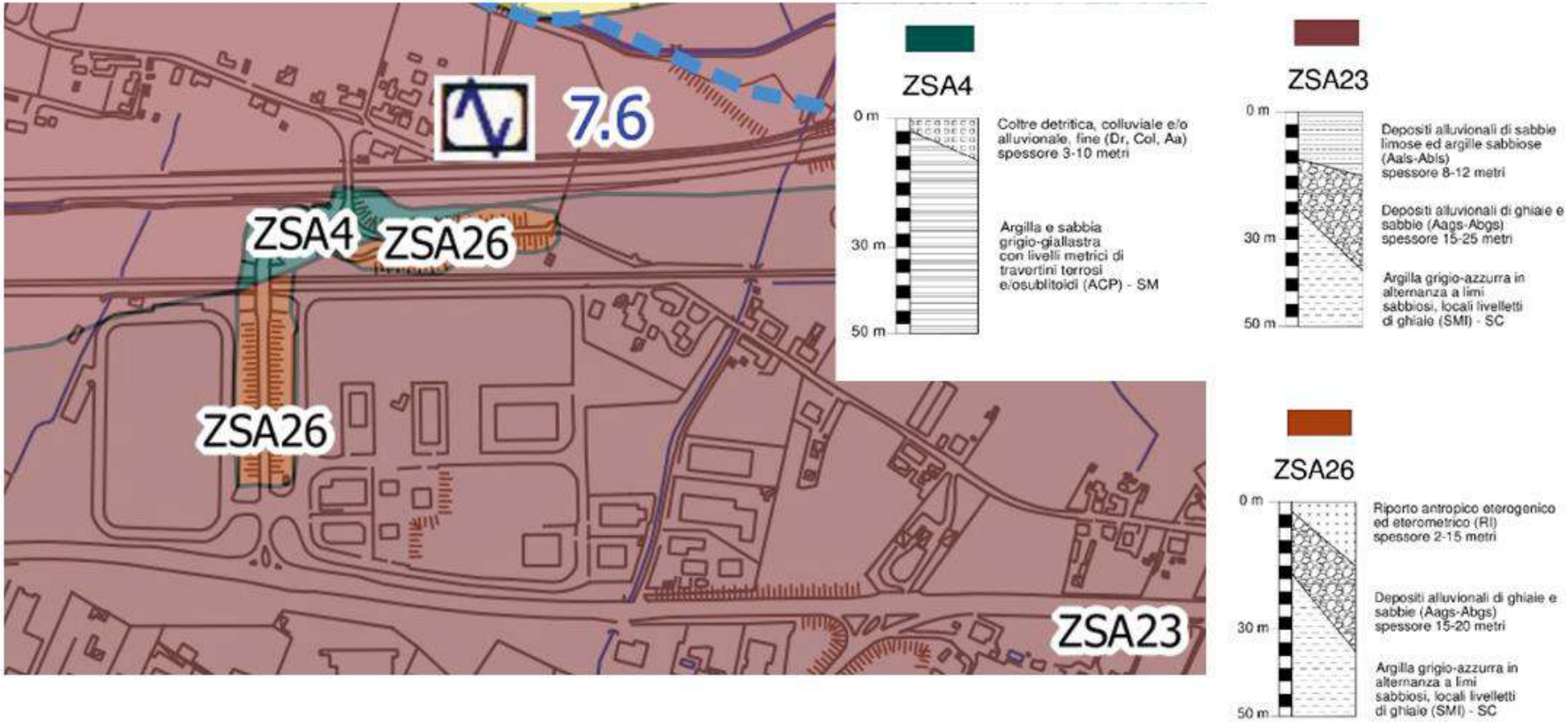
Estratto carta ubicazioni indagini pregresse



7.6 Hz, da misura passiva HVSR

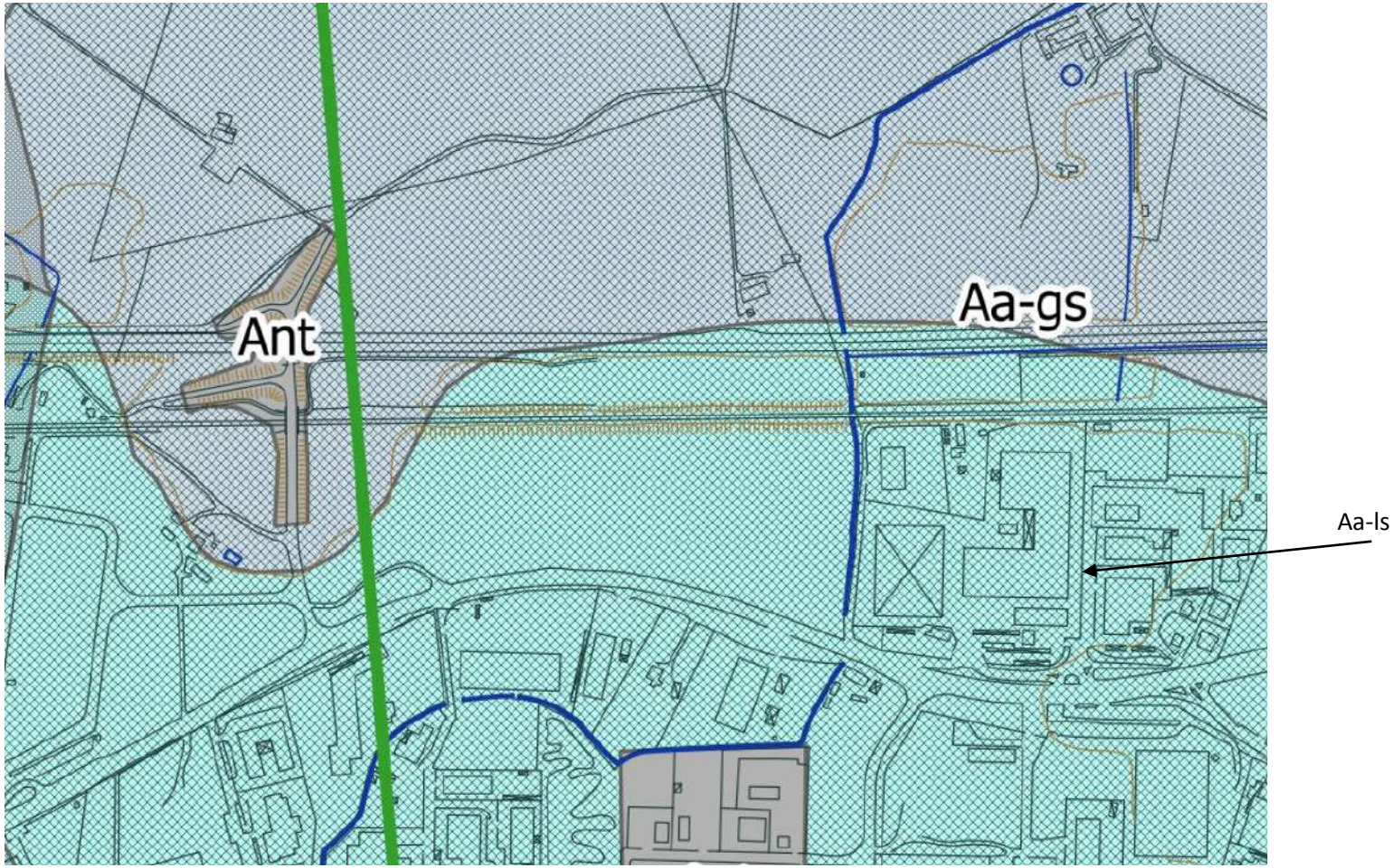
Carta MOPS livello 1





COMUNE DI TERNI: estratto Carta MOPS livello 1 Area contermine a quella in studio utilizzata come riferimento per i valori di h/v

7.6 Hz, da misura passiva HVSR



Aa-ls - depositi alluvionali in rapporto con la morfologia e la dinamica attuale prevalentemente limo-sabbiosi (Olocene)

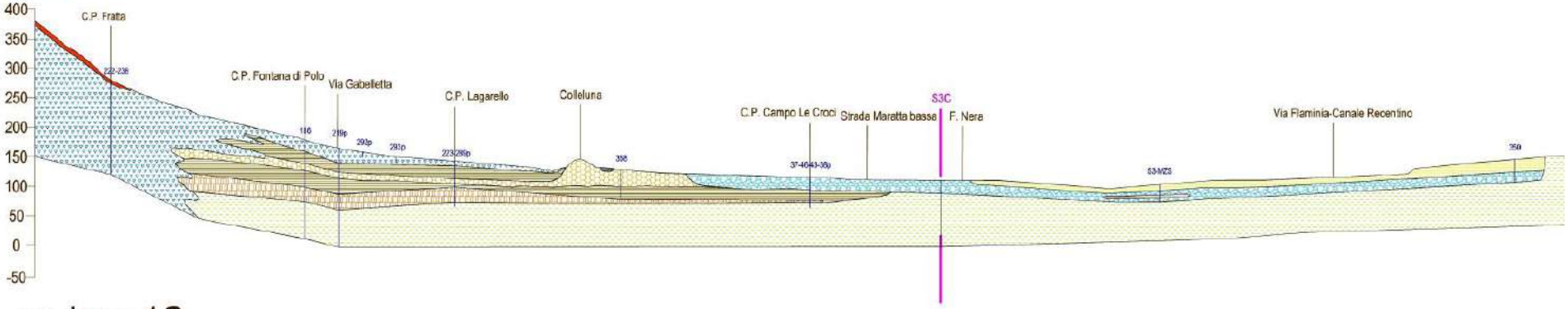
Aa-la - depositi alluvionali in rapporto con la morfologia e la dinamica attuale prevalentemente limo-argillosi (Olocene)

Aa-gs - depositi alluvionali in rapporto con la morfologia e la dinamica attuale prevalentemente ghiaioso-sabbiosi (Olocene)

Ab-ls - depositi alluvionali non in rapporto con la dinamica attuale, ma in continuità morfologica prevalentemente limo-sabbiosi (Pleistocene-Olocene)

Ab-la - depositi alluvionali non in rapporto con la dinamica attuale, ma in continuità morfologica prevalentemente limo-argillosi (Pleistocene-Olocene)

Nord



sezione 1C

COMUNE DI TERNI : estratto carte MOPS liv 2 – valore di FA

Legenda

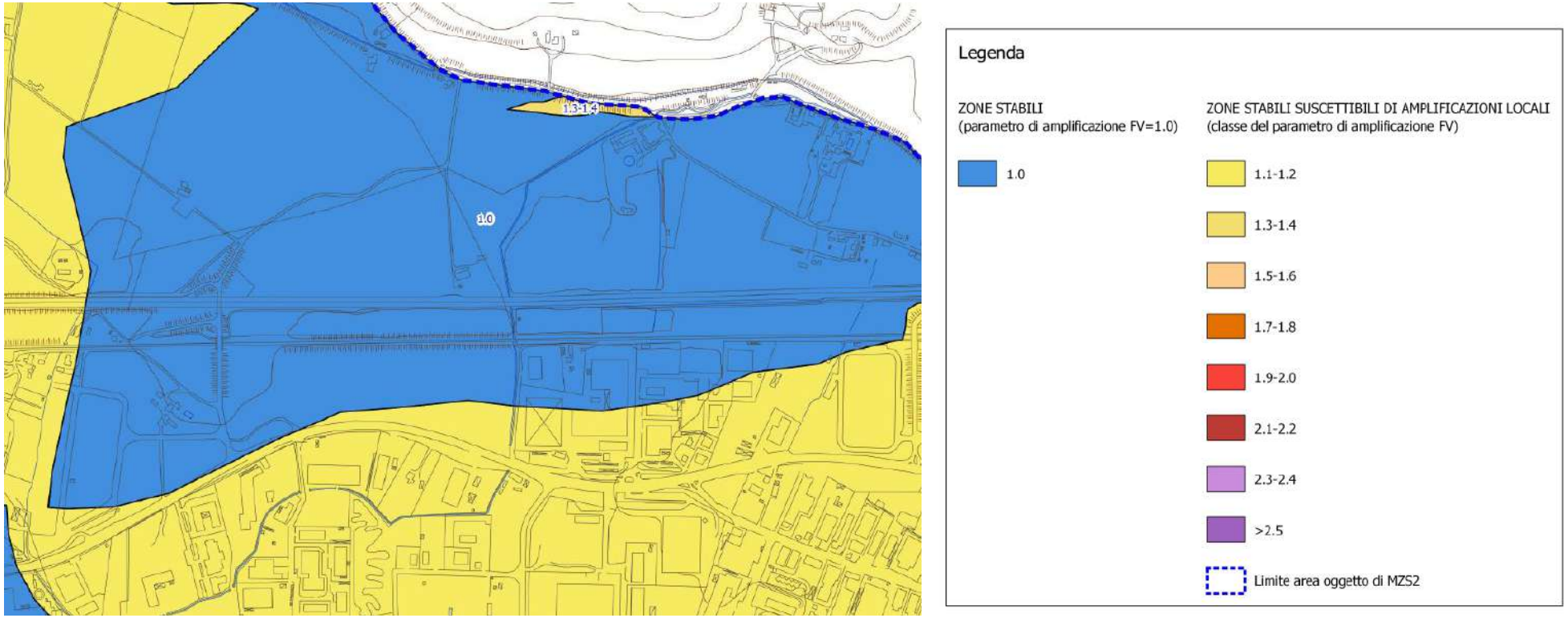
ZONE STABILI
(parametro di amplificazione FA=1.0)

- 1.0

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI
(classe del parametro di amplificazione FA)

- 1.1-1.2
- 1.3-1.4
- 1.5-1.6
- 1.7-1.8
- 1.9-2.0
- 2.1-2.2
- 2.3-2.4
- >2.5
- Limite area oggetto di MZS2

COMUNE DI TERNI : estratto carte MOPS liv 2 – valore di FV



PAGANI

PAGNI