



COMUNE DI FOLIGNO
AREA GOVERNO DEL TERRITORIO



**Ambito urbano di trasformazione n. 32 denominato San Benedetto
Variante al PRG'97 a seguito di decreto di vincolo indiretto
di interesse culturale**

Elaborato

3

**RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SUGLI ASPETTI IDRAULICI**

Coordinatore della progettazione: geom. Luca Piersanti

Progettista: arch. Anna Conti

Aspetti Geologici, Idraulici, idrogeologici e sismici: dott. geologo Emanuele Manni

Gruppo di Lavoro: geom. Andrea Broccolo, geom. Gaetano Medorini, ing. Mirco Cramer

IL DIRIGENTE DI AREA: Arch. Anna CONTI

DATA: luglio 2023



Comune di Foligno

Provincia di Perugia



geotech
studio geologico

OGGETTO

PRG' 97
Variante all'ambito urbano di trasformazione n. 32 denominato
"San Benedetto"

ELABORATO

**STUDIO GEOLOGICO,
IDRAULICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO**

REDATA IN OTTEMPERANZA al D.M. 17.01.2018 ("Norme tecniche per le costruzioni"); L.R. 1/2015, OPCM 3274 del 20.03.2003 e ss.mm. (OPCM 3316 e OPCM 3431); D.P.R. N° 120/2017, D.G. 377/2010.

COMMITTENTE

Comune di Foligno

LOCALITÀ

Viale Roma – Via Fano, Fraz. Sant'Eraclio Foligno (PG)

DATA

13 maggio 2023

RIFERIMENTI
CATASTALI

Fogli n. 176 e 214, N.C.T. comune di Foligno

Il Committente
p.p.v.

Il Direttore Dei Lavori
p.p.v.

Il GEOLOGO

dott. Emanuele Manni

Ordine Geologi Regione Umbria OGRU n. 375 Sez. A



Geotech Studio Associato

Geologia – Geotecnica – Geologia Ambientale

Indagini Geognostiche e Sismiche – Analisi di Laboratorio

Geotech Studio Geologico, via Domenico Bocci n°1 – 06038 Spello (PG). P.IVA e C. F.: 02810510541

Telefono 0742.301960, Fax 0742.301960, mobile: 338.1350391 / 3397254501, email: geotech@mypec.eu

Polizza assicurativa di Responsabilità Civile verso Terzi e verso Prestatori di Lavoro n. 0600/03/0007094 Reale Mutua ag. di S. M Degli Angeli, Assisi (PG)

INDICE

1. PREMESSA	pag. 4
2. STUDIO GEOLOGICO	pag. 7
2.1 Finalità e metodologia di studio;	
2.2 Contesto geologico di riferimento;	
2.2.1 Geologia di area vasta;	
2.2.2 Geomorfologia di area vasta;	
2.2.3 Dati sulla franosità storica dell'area;	
2.2.4 Idrogeologia di area vasta;	
2.2.5 Caratteristiche Litotecniche	
2.2.6 Geologia ambientale e tutela del paesaggio;	
3. MODELLAZIONE GEOLOGICA	pag. 17
3.1 Indagini geologiche;	
3.1.1 Descrizione delle indagini;	
3.1.2 Caratteristiche fisico meccaniche dei terreni;	
3.1.3 Indagini dirette – prove penetrometriche, sondaggi a carotaggio continuo e saggi;	
3.1.4 Indagini indirette - Vs30 e categoria di sottosuolo;	
3.1.5 Interpretazione ed analisi dei dati;	
4. CARATTERISTICHE SISMICHE DELL'AREA DI PROGETTO	pag. 23
4.1 Precedenti classificazioni sismiche;	
4.2 Sismicità storica di Foligno;	
4.3 Classificazione sismica del comune di Foligno;	
4.4 Disaggregazione della pericolosità sismica del comune di Foligno;	
4.5 Azione sismica di progetto;	
4.6 Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento;	
4.6.1 Stati limite, probabilità di superamento e periodo di ritorno	
4.6.2 Definizione della pericolosità sismica di base	
4.6.3 Pericolosità sismica di sito	
4.6.4 Pericolosità sismica di base per il sito	
4.7 Classificazione sismica dei terreni di fondazione;	
5 MICROZONAZIONE SISMICA	pag. 50
6 STIMA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI	pag. 71
7 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	pag. 73

ALLEGATI

PLANIMETRICI & TECNICI

A	CARTA GEOLOGICA D'ITALIA Scala 1:10.000	pag. 76
B	COROGRAFIA TOPOGRAFICA I.G.M. Scala 1:25.000	pag. 77
C	CARTA TECNICA REGIONALE C.T.R. Scala 1:5000	pag. 78
D	RAPPORTI DELLE INDAGINI	pag. 79
E	MODELLO LITOTECNICO	pag.

TAVOLA 1

STRALCIO PLANIMETRICO CATASTALE	Scala 1:2.000
CARTA GEOLOGICA TECNICA – UBICAZIONE INDAGINI	Scala 1:5.000
CARTA DELLE MOPS – I° LIVELLO	Scala 1:5000
CARTA LITOTECNICA	Scala 1:5000
CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO	Scala 1:5000

1. PREMESSA

Facendo seguito all'incarico affidatomi con Determina Dirigenziale n. 1985 del 23 -11- 2022 dal **Comune di Foligno, Servizio Urbanistica, Area Governo del Territorio**, vengono illustrate nella presente relazione le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, idrauliche e sismiche nonché valutate le proprietà fisico meccaniche dei terreni costituenti l'area, posta tra l'incrocio di Viale Roma e Via Fano nel Comune di Foligno, presa in considerazione per l'intervento in oggetto e riguardante **“la Variante all'Ambito Urbano di Trasformazione n. 32 denominato San Benedetto”**.

L'area in oggetto è compresa nei fogli catastali n°176 e 214 in scala 1:2.000 del Comune di Foligno, nonché al foglio n°131, quadrante I° N.O. della carta geomorfologica d'Italia dell'I.G.M. in scala 1:25.000 tavoletta “Foligno” e alla Sezione n. 324050 “S. Eraclio”.

La presente relazione è stata redatta in ottemperanza alla seguente normativa di riferimento:

- **D.M. 17.01.2018** Testo Unico - *Norme Tecniche per le Costruzioni*;
- **L.R. 21.01.2015 n. 1** Testo Unico governo del territorio e materie correlate;
- **OPCM 3274 del 20.03.2003** *Criteria generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per costruzioni in zona sismica* e successive modifiche ed integrazioni **OPCM 3316 e OPCM 3431**;
- **D.P.R. 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;
- **D.G.R. 08 MARZO 2010 N. 377** “*Criteria per l'esecuzione di studi di microzonazione sismica*”

Nella precedente classificazione sismica del territorio nazionale l'area di progetto rientrava tra quelle classificate sismiche di I^a categoria (grado di sismicità $S = 12$); in base alla recente Ordinanza

del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20/03/2003 n. 3274, l'area di progetto, secondo la nuova classificazione rientra in "zona 1".

Dalla consultazione della cartografia di PRG e della cartografia tematica del PAI, risulta che l'area in oggetto **NON RICADE** tra quelle classificate a rischio idraulico.

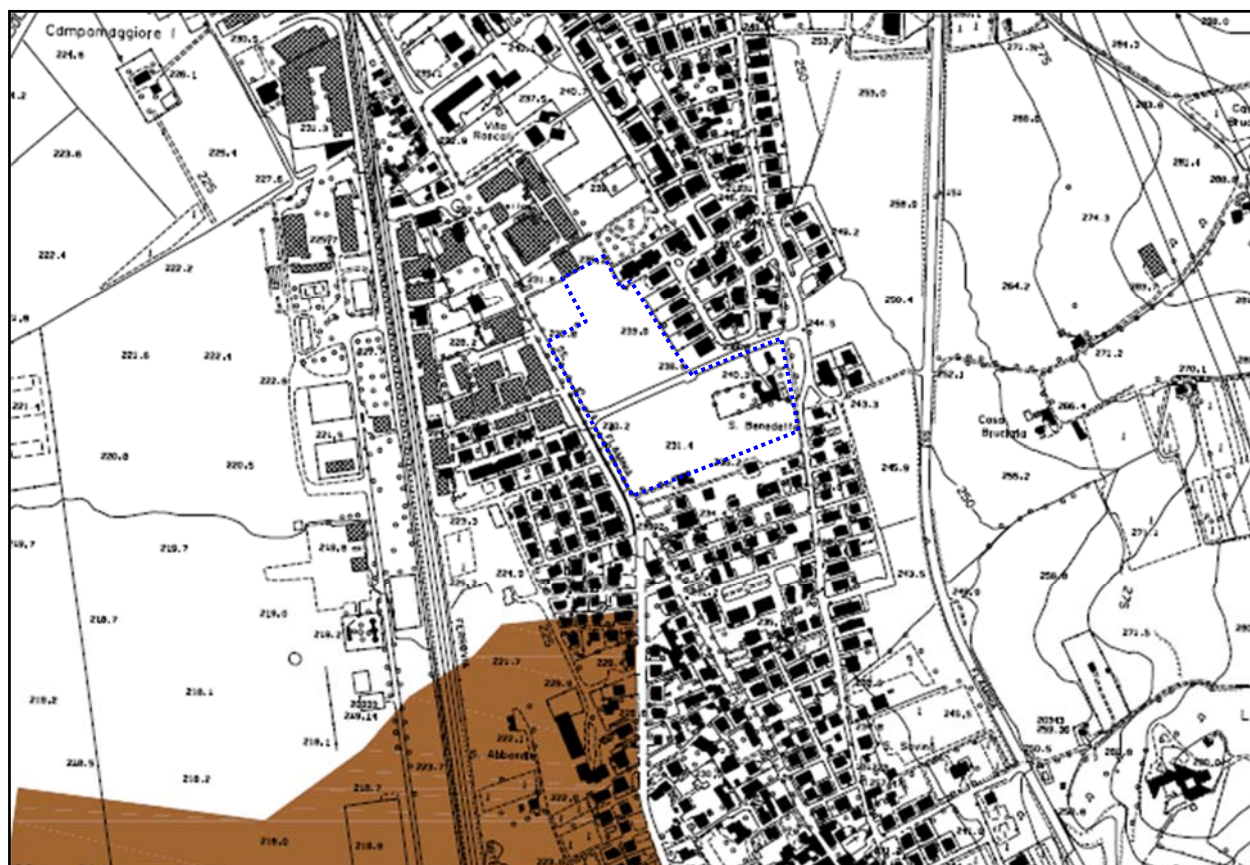


Figura 1: estratto da elaborato E13G Il Lotto, scala 1:10.000 – mappe di pericolosità e rischio idraulico

Per la redazione della relazione in oggetto, ai fini di un inquadramento fisiografico della zona sono stati eseguiti sopralluoghi e rilevamenti a carattere geologico geomorfologico e idrogeologico dell'area.

Per la valutazione delle caratteristiche fisico meccaniche e sismiche dei terreni in oggetto, sono state considerate le indagini eseguite per il progetto di lottizzazione dell'Ambito n.32 prodotto dalla Società Geo Eco Test s.n.c. per conto del Sig. Alberto Zipoli e della ditta Edilizia Settimi 80

s.r.l. e quelle prodotte dallo Studio Geologico Associato Ge.As. per il progetto di un Piano Attuativo di iniziativa mista, proposto dalla società M UNO srl.

Si ringraziano i professionisti ed i proponenti dei su detti lavori per la concessione all'utilizzo delle prove considerate per il presente lavoro, i cui elaborati sono riportati in calce alla presente.

Complessivamente, per la valutazione delle caratteristiche fisico meccaniche dell'area sono state considerate le seguenti indagini dirette:

- N. 7 Saggi Geognostici eseguiti con pala meccanica;
- N.3 Sondaggi a carotaggio continuo;
- N.7 DPSH, prove penetrometriche super pesanti;

mentre per la caratterizzazione della tipologia di sottosuolo dal punto di vista sismico in ottemperanza alle NTC 2018, sono stati considerati i risultati delle seguenti indagini geofisiche:

- N. 2 Indagini a rifrazione;
- N. 1 Indagine MASW (coincidente con uno stendimento a rifrazione);
- N.3 misurazione del rumore di fondo con tecnica Nakamura, HVSR.

Di seguito si allegano i risultati delle indagini dirette (prove penetrometriche, saggi geognostici e sondaggi) ed indirette (MASW, RIFRAZIONE, HVSR). Inoltre è stato considerato il materiale bibliografico riguardante la zona e i risultati di ulteriori indagini geognostiche eseguite dal sottoscritto nei terreni contermini a quelli di progetto.

Le indagini utilizzate per l'intervento di progetto sono state reputate idonee e sufficienti a caratterizzare il sito, sia per l'entità dell'opera che per la continuità geologica e geomorfologica che caratterizza questa porzione di territorio, come comprovato dalle numerose indagini di cui si è in possesso.

2. STUDIO GEOLOGICO

2.1 Finalità e metodologia di studio

Al fine di caratterizzare l'area interessata dall'intervento descritto, è stato condotto uno studio geologico attraverso l'esecuzione di sopralluoghi e rilevamenti geomorfologici di area vasta, coadiuvati ed integrati con l'ausilio della cartografia esistente.

2.2 Contesto geologico di riferimento

L'area di progetto compresa nel foglio geologico n°131 di "Foligno" in scala 1: 100.000 ricade al margine orientale della pianura alluvionale del *Fiume Topino e del Torrente Maroggia* ed è caratterizzata dalla presenza di sedimenti eterogranulari fluvio-lacustri e depositi detritici di falda.

2.2.1 Geologia di area vasta

L'area di studio è collocata nella Valle Umbra. La Carta Geologica d'Italia in scala 1:10000, riporta che l'area di indagine si trova in area sub pianeggiante nella conca folignate, mediamente alla quota compresa tra 240.30 e 230.20 metri s.l.m. Dal punto di vista geologico, l'area insiste sui depositi alluvionali (b), detriti di falda (a_3) e coltri eluvio colluviali (b_2) in tutta l'area di pianura e di basso versante. Il substrato litoide affiora invece sui rilievi che bordano la pianura sul lato est. Si tratta della successione carbonatica umbro-marchigiana che affiora dalla formazione del Calcarea Massiccio a quella del Bisciario.

Nel dettaglio si evidenzia la presenza di unità litologiche riferibili alle seguenti formazioni di seguito riportate in ordine cronologico crescente:

- a) *Detrito di falda attuale (a_3) Olocene. Depositi essenzialmente gravitativi, a granulometria variabile, da ben classati a fortemente etero metrici. Clasti a spigoli vivi e subangolosi, in accumuli massivi o grossolanamente stratificati.*
- b) *Depositi alluvionali (b) (Pleistocene - Olocene): alternanze argillose e argilloso-arenacee con prevalenza verso l'alto di livelli arenacei.*

- c) *Coltre eluvio-colluviale (b2) (Pleistocene - Olocene)*: Depositi essenzialmente fini con clasti di varie dimensioni, provenienti dal disfacimento delle rocce del substrato.
- d) *Formazione del Bisciario (BIS) (Aquitaniense - Burdigaliano)* Marne e calcari marnosi ocracei a stratificazione poco evidente con liste e noduli di selce nera.

In particolare la pianura in oggetto risulta bordata ad Est dal crinale morfologico, propaggine occidentale del Monte Serrone, costituito da litotipi in strati incompressibili e variamente fratturati riferibili alle formazioni carbonatiche.

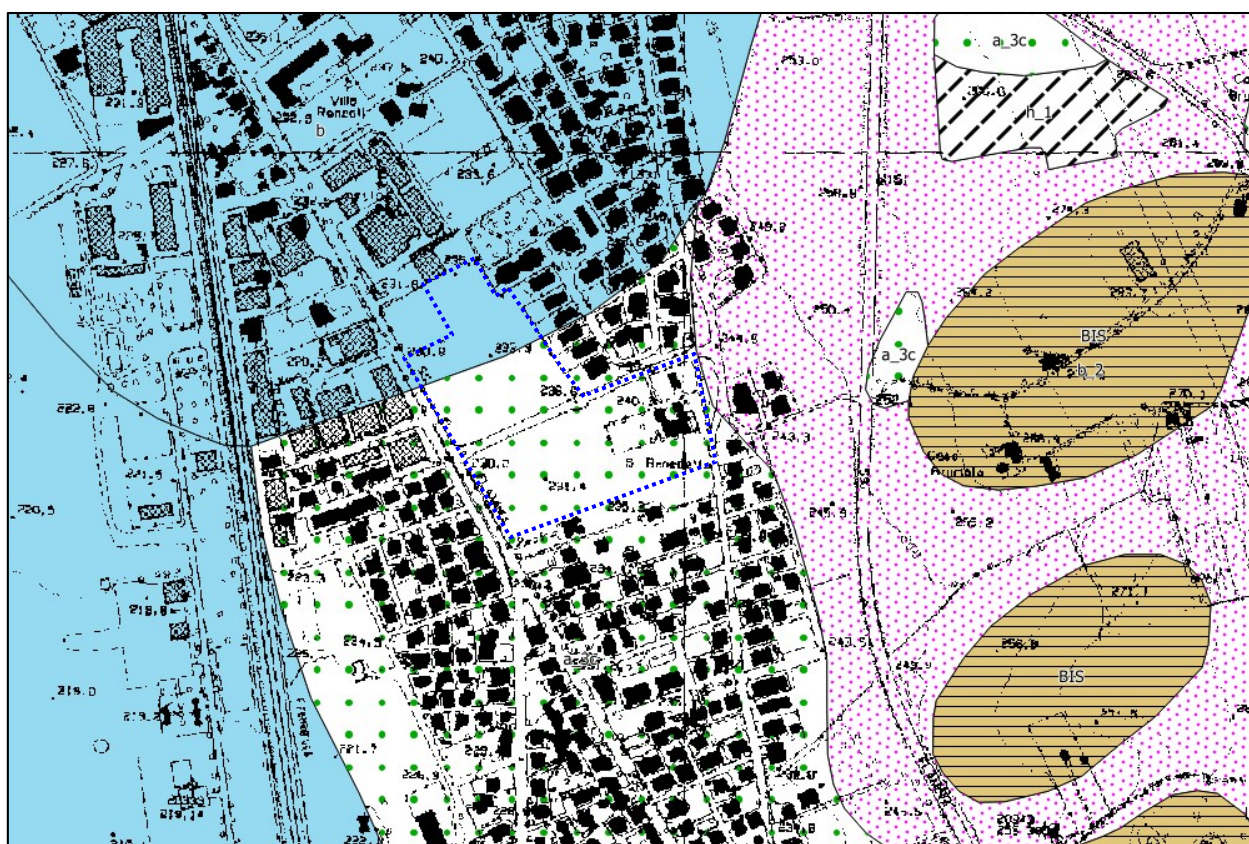


Figura 2: estratto da Portale Cartografico Nazionale - Carta Geologica d'Italia 1:5.000 – foglio n. 131;

2.2.2 Geomorfologia di area vasta

L'area, compresa nel foglio n°131 di Foligno quadrante I° NO della cartografia dell'I.G.M. scala 1:25.000, è posta mediamente alla quota compresa tra 240.30 e 230.20 metri s.l.m. La zona in esame risulta interessata da una generale e minima pendenza verso Sud, Sud-Ovest.

Essa ricade nella piana alluvionale posta in sx idrografica del Fiume Topino che attraversa in senso longitudinale la valle omonima e risulta esserne il principale elemento geomorfologico insieme al Torrente Marroggia ed al Fiume Clitunno.

In particolare il sito in oggetto si localizza appena al difuori del centro storico di Foligno a sud della frazione di Sant'Eraclio, in una morfologia sub pianeggiante di raccordo con la pianura alluvionale antistante e caratterizzata dalla presenza di detrito di falda interdigitato a sedimenti fluvio-lacustri eterogranulari, al margine di una zona con caratteristiche montuose che ad est di essa, con direzione Nord Ovest – Sud Est è caratterizzata dalla presenza di modesti rilievi di natura calcarea.

Dal sopralluogo eseguito, esteso anche all'area adiacente, non risultano forme morfologiche né tantomeno fenomeni di dissesti gravitativi tali da lasciar temere per la stabilità della zona in questione né tantomeno il progetto presentato risulta tale da indurre fenomenologie di tal genere.

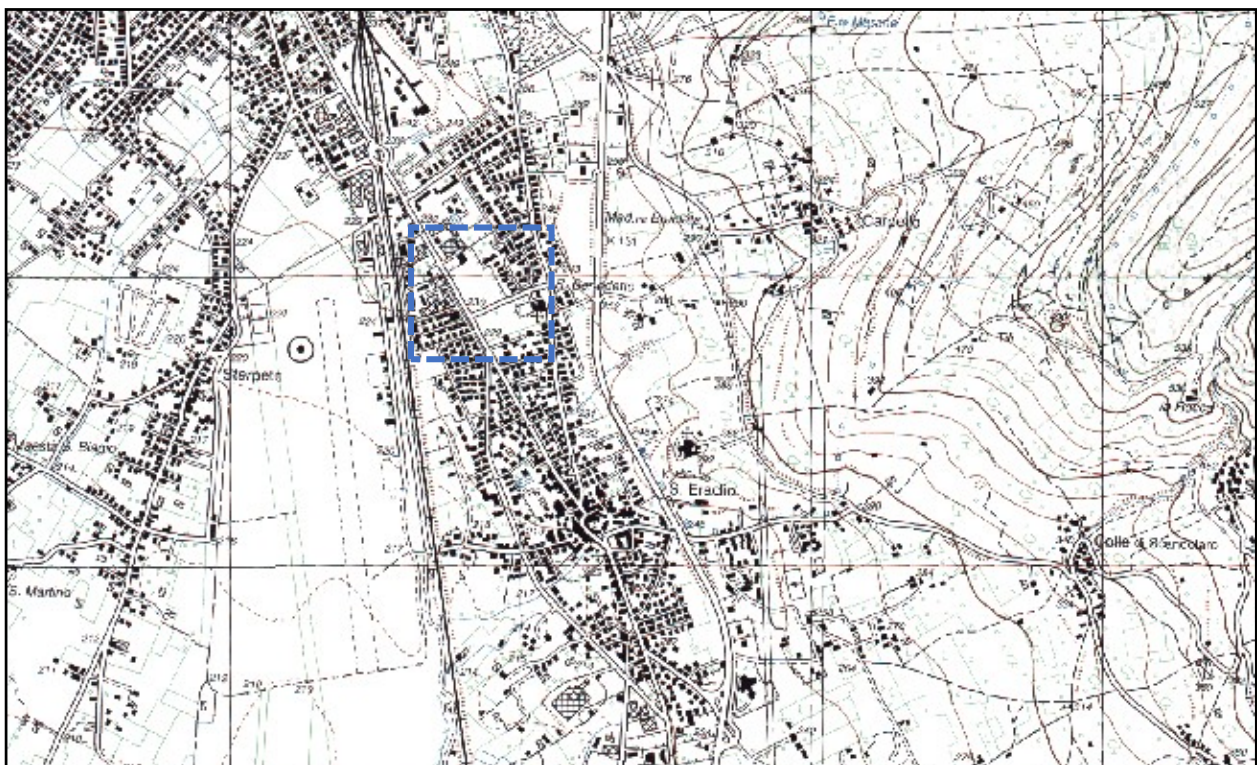


Figura 3: estratto da portale cartografico nazionale stralcio della Corografia Topografica I.G.M., scala 1:25.000;

Dott. Geologo Mani Emanuele

A tal riguardo si allega lo stralcio planimetrico, tratto dal sito dell'ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, relativamente al Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), dell'area in oggetto. Nello stralcio si evidenzia come sull'area non ricada alcuna forma gravitativa.

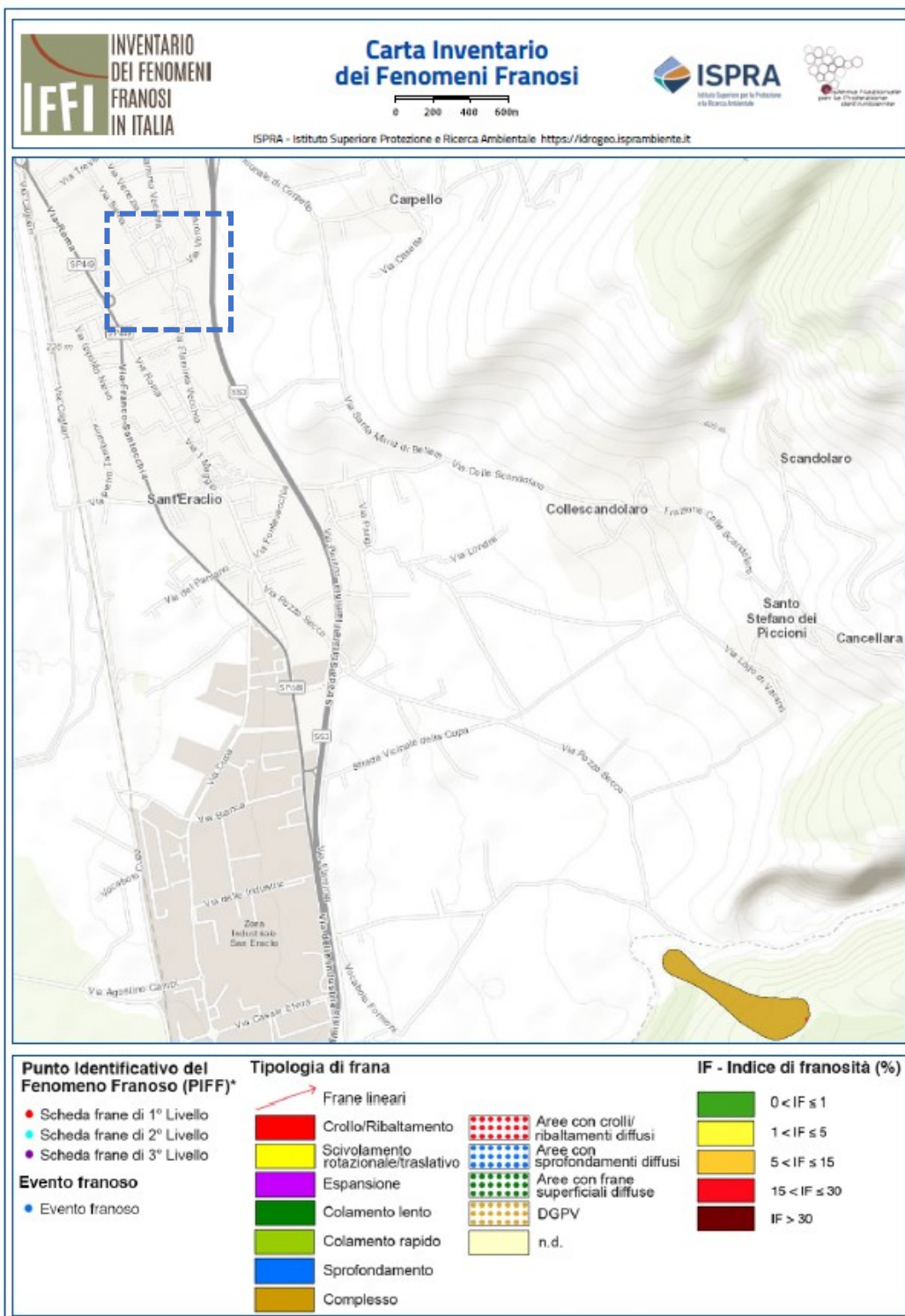


Figura 4: estratto da Progetto IFFI, scala 1:20.000;

Dott. Geologo Manni Emanuele

Le acque meteoriche non destano problemi in quanto la zona essendo urbanizzata è provvista di quelle opere, tipo cunette prospicienti le strade comunali, fogne, ecc., che consentono un loro facile deflusso e allontanamento, riversandole in collettori idrici maggiori presenti nella pianura circostante.

2.2.3 Dati sulla franosità storica dell'area

Dal punto di vista della franosità storica non si registra la presenza di tali fenomeni tanto che per l'area di studio non si riscontrano forme o indizi di manifesta attività gravitazionale. Tale dato è confermato da tutta la cartografia esistente (P.R.G. – P.A.I.).

2.2.4 Idrogeologia di area vasta

Dal punto di vista idrogeologico i sedimenti per lo più eterogranulari presenti in sito sono caratterizzati da una permeabilità primaria per porosità variabile; bassa per i sedimenti fini limi argillosi con valori di permeabilità compresi tra 10^{-9} m/s $<K \leq 10^{-5}$ m/s (valore desunto da uno studio del C.N.R. relativo alla realizzazione della "Carta della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento della valle Umbra Sud").

Diversamente per i sedimenti con caratteristiche granulometriche maggiori quali sabbie e ghiaie, è possibile stimare un valore della permeabilità compreso tra 10^{-5} m/s $<K < 10^{-2}$ m/s, ed è proprio in quest'ultimi che ha sede una circolazione idrica concentrata, costituendone quindi sede preferenziale per acquiferi a falda di tipo prevalentemente freatica.

L'approfondita conoscenza della zona e la presenza di numerosi pozzi, hanno permesso di determinare che la falda è collocata a profondità di circa **18.0 – 20.0 metri dal p.c.** ed è oggetto di variazioni negative mediamente dell'ordine di 5.0 metri con punte massime, negli anni 2007-2008 di 7,0 m.

L'idrografia superficiale è costituita da una rete di fossi secondari di vario ordine e grado in parte di chiara origine antropica ed in parte fossi campestri che solcano con andamento variabile la pianura e consentono il deflusso delle acque meteoriche in corsi d'acqua maggiori come il Fiume Topino che attraversa l'area più a Nord.

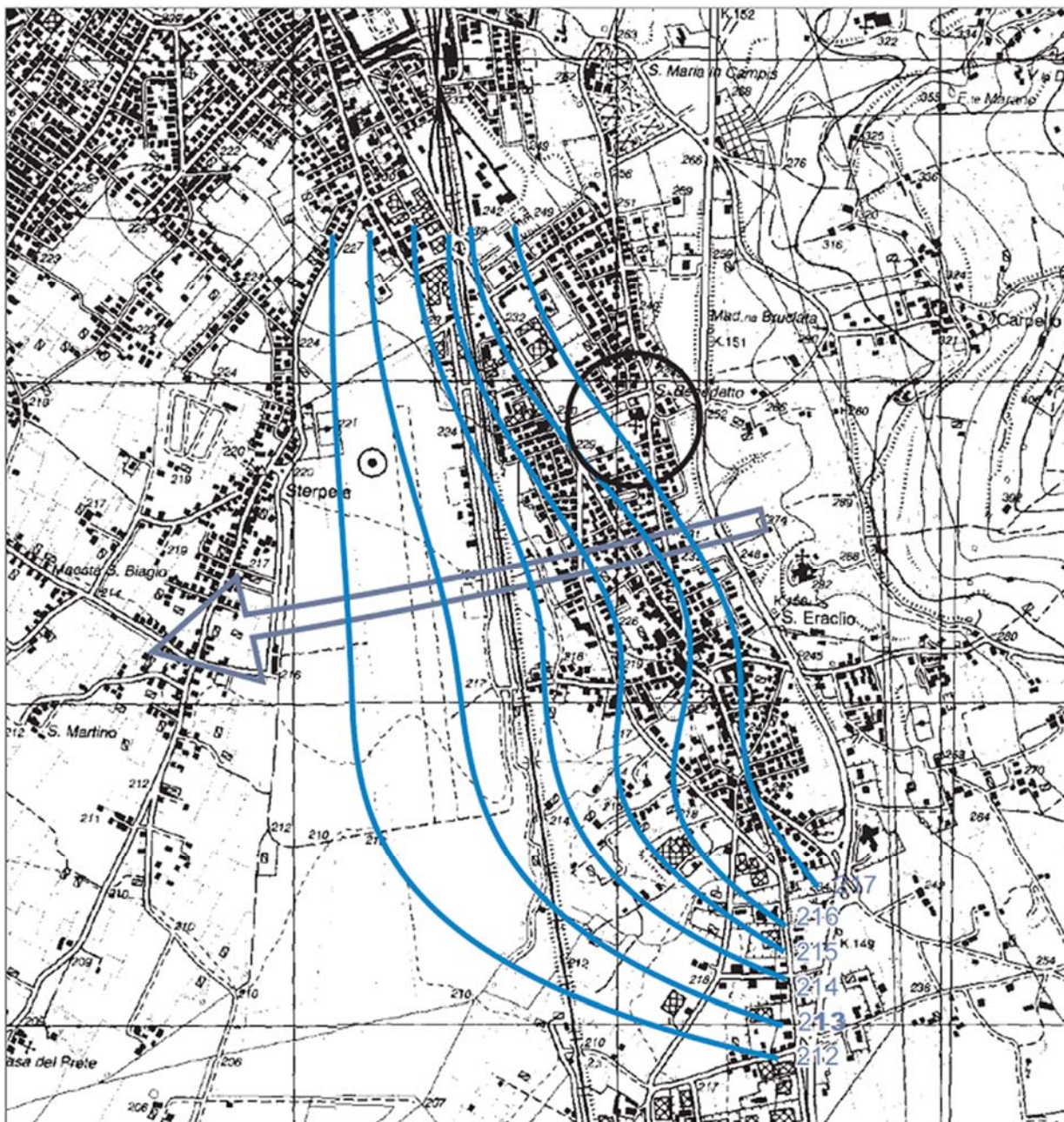




Figura 5: carta delle isofreatiche – scala 1:25.000

-  Curve Isofreatiche
-  Flusso Idrico

2.2.5 Caratteristiche Litotecniche

Da un punto di vista litologico l'area si caratterizza per la presenza di sedimenti fluvio-lacustri di età olocenica.

In particolare i dati acquisiti dalle indagini eseguite confermano quelli di letteratura e permettono di posizionare l'area subito a monte della zona di passaggio tra i modesti apparati conoidali derivanti dallo smantellamento delle masse litiche costituenti i rilievi montuosi orientali ed i depositi fini fluvio lacustri di fondovalle.

Le sequenze rinvenute nei sondaggi evidenziano come i materiali detritici siano a differente addensamento non direttamente correlabile con la profondità dal piano campagna permettendo di ipotizzare eventi alluvionali del Fosso Renaro che con una certa regolarità hanno raggiunto la pianura.

In particolare, da un punto di vista litologico, si evidenzia la presenza di sequenze in cui la ghiaia predomina soprattutto in associazione a percentuali variabili, ma comunque rilevanti di limo bruno rossiccio.

Di seguito alla carta geologica si riporta il modello geologico generale dell'area da cui si evince la presenza, a monte della stessa, della faglia bordiera orientale della Valle Umbra.

CARTA GEOLOGICA

SCALA 1:10.000

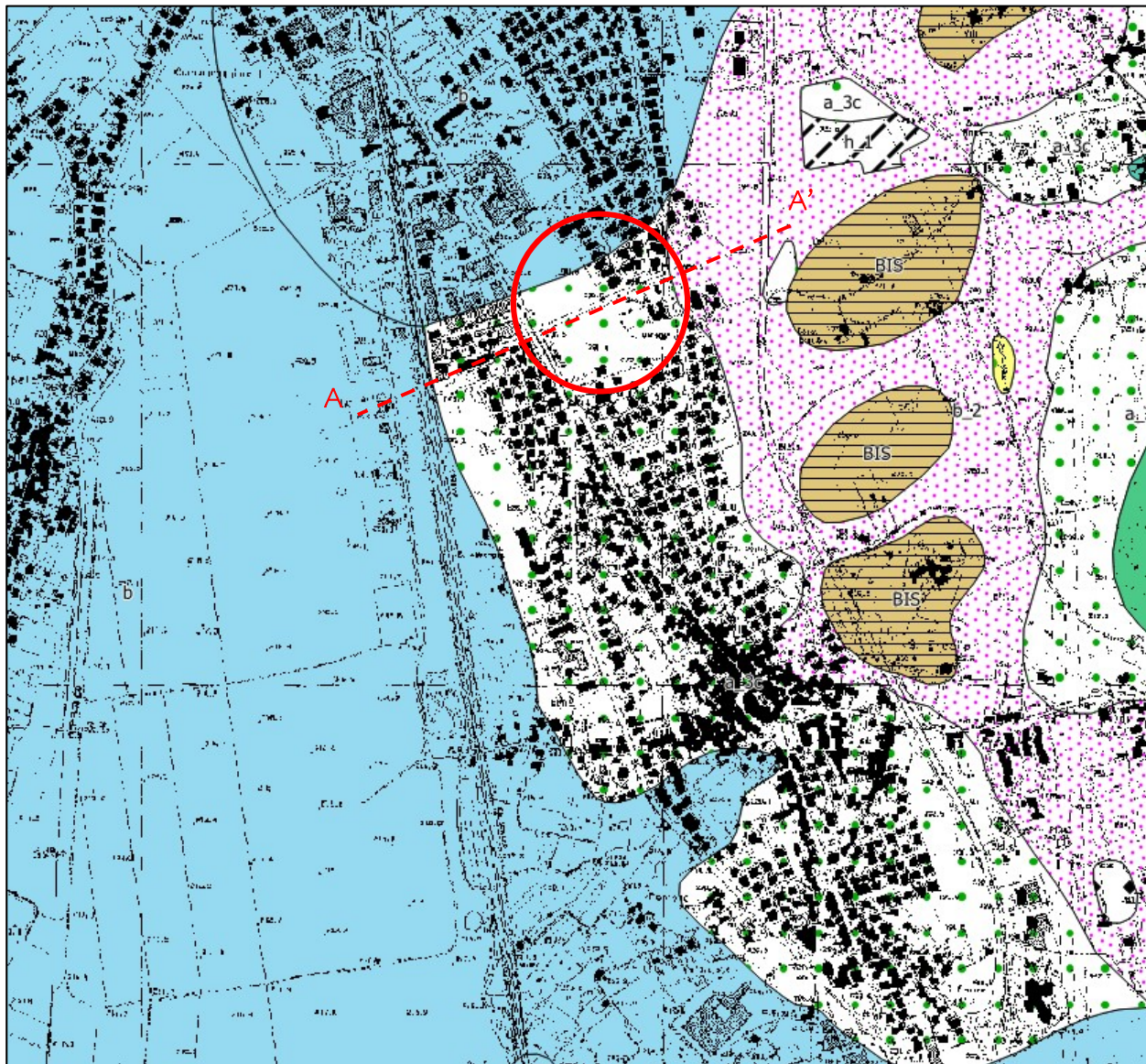


Figura 6

a_{3a} - Detriti di falda

- Depositi essenzialmente gravitativi, a granulometria variabile, da ben classificati a fortemente eterometrici.
- Clasti a spigoli vivi o subangolosi, in accumuli massivi o grossolanamente stratificati.
- Depositi in rapporto con la morfologia e la dinamica attuale.

Olocene

a_{3b} - Detriti di falda

- Depositi essenzialmente gravitativi, a granulometria variabile, da ben classificati a fortemente eterometrici.
- Clasti a spigoli vivi o subangolosi, in accumuli massivi o grossolanamente stratificati.
- Depositi non in rapporto con la dinamica attuale ma in continuità morfologica con A.

Pleistocene - Olocene

a_{3c} - Detriti di falda

- Depositi essenzialmente gravitativi, a granulometria variabile, da ben classificati a fortemente eterometrici.
- Clasti a spigoli vivi o subangolosi, in accumuli massivi o grossolanamente stratificati.
- Depositi non in rapporto con la morfologia attuale

Pleistocene

b - Depositi alluvionali

- Depositi alluvionali in rapporto con la morfologia e la dinamica attuali.

Pleistocene - Olocene

b₂ - Coltre eluvio-colluviale

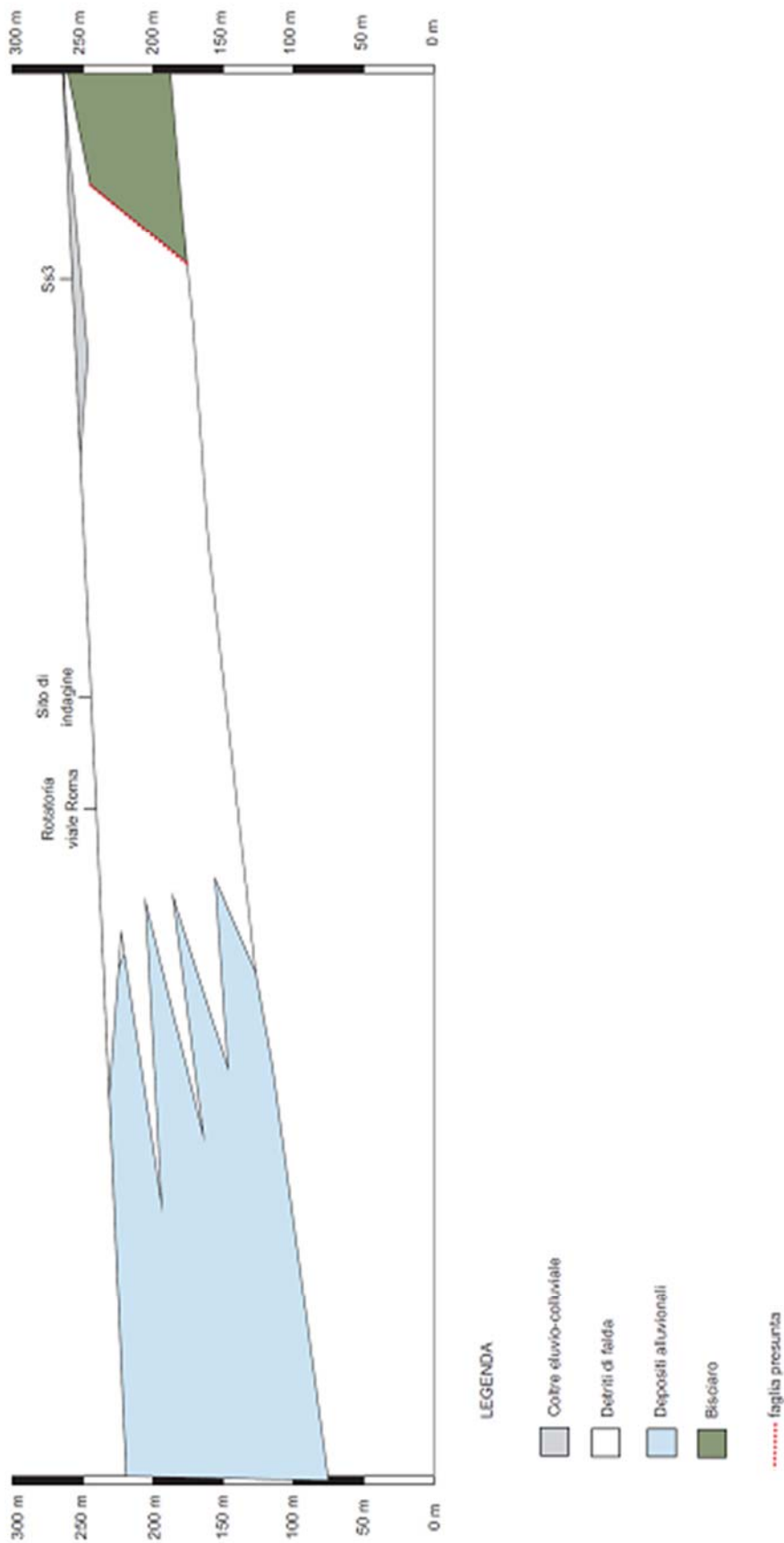
- Depositi essenzialmente fini con clasti di varie dimensioni, provenienti dal disfacimento delle rocce del substrato, accumulati in posto (*eluvium*) o sedimentati sui versanti per trasporto in massa e/o ruscellamento diffuso (*colluvium*).

Pleistocene - Olocene

Dott. Geologo Manzi Emanuele

MODELLO GEOLOGICO GENERALE

SCALA 1:4000



Dott. Geologo Mani Emanuele

2.2.6 Geologia ambientale e tutela del paesaggio

La geologia ambientale è un settore multidisciplinare delle scienze applicate che si occupa dei rapporti e delle interazioni esistenti tra le attività dell'uomo e l'ambiente fisico. La geologia ambientale è strettamente in relazione con varie discipline quali la geologia applicata, la geologia economica, la geomorfologia, la geologia tecnica, l'ingegneria naturalistica, l'ingegneria per l'ambiente e il territorio, l'idrogeologia, la geochemica, le scienze naturali, le scienze ambientali. La geologia ambientale studia le interazioni tra le informazioni geologiche di un sito di interesse e la soluzione di problemi ambientali connessi a tale sito, dovuti all'attività antropica sull'ambiente (ad esempio l'inquinamento, i dissesti idrogeologici, la deforestazione, ecc.) e dovuti a fenomeni naturali impattanti (ad esempio terremoti, eruzioni vulcaniche, eventi meteorici eccezionali, ecc.).

La geologia ambientale considera le interazioni tra uomo e biosfera, litosfera, idrosfera e parte dell'atmosfera, considerando, quindi, sia il suolo che il sottosuolo, ovvero il sistema sede dell'impianto e dello sviluppo delle attività antropiche. Lo studio di questa interazione e dei rischi connessi è basilare ai fini progettuali e realizzativi delle opere ambientali, e delle loro ripercussioni sull'ambiente, e delle eventuali reazioni dell'ambiente a tali sollecitazioni.

In relazione a quanto in progetto, considerato che la zona dove si intende intervenire è di completamento di un'area già urbanizzata, si esclude che le attività antropiche legate alla progettazione di quanto presentato, possano avere effetti dannosi sull'ambiente circostante.

3. MODELLAZIONE GEOLOGICA

Nel paragrafo in oggetto vengono esposti i risultati delle indagini geognostiche dirette ed indirette eseguite per il progetto di lottizzazione dell'Ambito n.32 prodotto dalla Società Geo Eco Test s.n.c., e quelle eseguite dallo Studio Geologico Associato Ge.As. per il progetto di un Piano Attuativo di iniziativa mista che, in relazione al tipo di intervento e all'omogeneità geologica-geomorfologica, vengono reputate idonee al fine di verificare le caratteristiche geologico-stratigrafiche nonché fisico meccaniche dei terreni e classificare il sottosuolo dal punto di vista sismico in ottemperanza al **D.M. 17.01.2018 – NTC18** - Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni e per determinare il fattore di amplificazione sismica del sito ai sensi della **D.G.R. 377/10**.

3.1 Indagini geologiche

Come accennato in premessa, per la caratterizzazione fisico meccanica e sismica dei terreni costituenti il sedime dove avrà sede l'intervento in oggetto, sono stati condotti:

un rilievo geologico geomorfologico e considerate le risultanze di N. 7 Saggi Geognostici eseguiti con pala meccanica, N.3 Sondaggi a carotaggio continuo e N.7 DPSH, prove penetrometriche super pesanti, come indagini **dirette**, e considerato il risultato di due stendimenti geofisici a rifrazione, N. 1 Indagine MASW (coincidente con uno stendimento a rifrazione), N.3 misurazione del rumore di fondo con tecnica Nakamura, HVSR., come indagini **indirette**.

3.1.1 Descrizione delle indagini

Si riporta di seguito una sintesi delle informazioni scientifiche sull'area e delle indagini compiute nel sito di progetto.

3.1.2 Caratteristiche fisico meccaniche dei terreni

I terreni nel sottosuolo dell'area in esame sono costituiti da detriti di falda con granulometrie grossolane e sono classificabili nei gruppi A1-a ed A1-b secondo le norme CNR-UNI.

Essi hanno raggiunto un elevato grado di costipamento

Episodicamente, si hanno livelli o sacche di limi sabbiosi che interrompono la pila granulare, senza influenzare tuttavia il comportamento complessivo del deposito.

Numerose prove granulometriche eseguite su tali terre, provenienti da campioni prelevati nella zona, hanno fornito percentuali così sintetizzabili:

- ghiaia anche ciottolosa poco evoluta pari al 65 – 75%;
- sabbia dell'ordine del 10 – 12 %;
- limo + argilla 13 – 16 %.

3.1.3 Indagini dirette – prove penetrometriche

Tali indagini sono state effettuate con penetrometro superpesante (DPHS) da 20t della Pagani ed hanno consentito di avere indicazioni in merito alle caratteristiche fisico meccaniche dei terreni presenti in sito. Le prove penetrometriche sono state eseguite utilizzando la metodologia dinamica e si sono interrotte per rifiuto all'avanzamento oppure una volta raggiunta la profondità di esame ritenuta significativa per la stima dell'andamento dei bulbi di tensione indotti dalle strutture.

Modalità esecutive

La prova penetrometrica eseguita in modalità dinamica consiste nell'infiggere, mediante una massa battente, nel terreno una punta metallica conica e misurarne il numero di colpi necessari per ottenere l'avanzamento predeterminato di 20,0cm. L'attrezzatura consiste in una batteria di aste alla cui estremità inferiore è collegata una punta conica avente diametro di 50,8 mm ed angolo di apertura 90°. Le aste della lunghezza di 1,0m risultano avere un peso pari a 6,31 kg. Tale batteria di aste viene

infissa nel terreno mediante una massa battente del peso di 63,5 kg, fatta cadere da un'altezza di 0,75m. La prova di regola viene interrotta quando N_p supera il valore di 100 colpi.

Interpretazione prova penetrometrica

I dati ottenuti in sito, una volta elaborati mediante apposito programma, danno indicazioni sulle caratteristiche fisico - meccaniche dei terreni attraversati.

Il programma consente inoltre di poter interpretare la litologia dei terreni presenti, se a prevalente composizione coesiva o attritiva per tutta la lunghezza della prova. Nel nostro caso essi risultano costituiti prevalentemente da sedimenti ghiaiosi con matrice limosa da moderatamente addensati a molto addensati, per i quali è possibile eseguire un'interpretazione, delle principali proprietà, in termini attritivi.

Si riportano, negli allegati, i rapporti delle indagini considerate.

Sondaggi a carotaggio continuo e saggi geognostici

I sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nell'area di studio sono stati spinti fino alla profondità di 10.00 metri dal p.c. ed hanno permesso di riconoscere e descrivere i materiali attraversati.

In allegato vengono riportate le stratigrafie ricostruite durante la perforazione insieme a quelle dei saggi geognostici, eseguiti con escavatore meccanico e spinti fino alla profondità di 4.0 metri dal p.c.

3.1.4 Indagini indirette – Vsh e categoria di sottosuolo (D.M. 17/01/2018)

Come poc'anzi accennato sul sito di interesse sono state eseguite due prove geofisiche in tecnica a RIFRAZIONE, una in tecnica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) e tre misure del rumore di fondo HVSR.

Tali indagini sono di supporto allo studio geologico-geotecnico ed in particolare risultano funzionali alla ricostruzione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio ed alla definizione del parametro V_{s30} equivalente per la definizione del suolo di fondazione ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018.

Metodologia di acquisizione ed elaborazione delle prove geofisiche

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999), permette di determinare l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

In questa indagine le onde superficiali sono state generate attraverso una sorgente impulsiva (mazza) disposta a piano campagna e registrate tramite uno stendimento lineare composto da una serie di geofoni a bassa frequenza di risonanza, posti a breve distanza intergeofonica.

Il profilo verticale di velocità delle onde S può essere ricavato per modellazione delle velocità di fase delle onde di superficie (Rayleigh e/o Love). In particolare la curva velocità di fase - periodo delle onde di Rayleigh (denominata curva di dispersione), può essere convertita nel profilo V_s - *profondità*.

Le onde di Rayleigh costituiscono un particolare tipo di onde superficiali che si propagano sulla superficie libera di un corpo isotropo ed omogeneo ed hanno origine dall'interferenza tra le onde di *compressione* (P) e quelle di *taglio verticali* (S_v).

In un mezzo stratificato tali onde sono di tipo dispersivo e vengono denominate pseudo-Rayleigh. La dispersione è la deformazione di un treno d'onde dovuta ad una variazione di velocità con la frequenza.

L'elaborazione dei dati (pre-elaborazione, analisi spettrale, curva di dispersione, inversione) è stata eseguita con appositi programmi di elaborazione.

Le registrazioni vengono elaborate tramite la trasformata bidimensionale frequenza – reciproco della velocità (f-s).

Questo tipo di analisi produce dunque uno spettro di potenza rappresentato in un grafico f-v nel quale è possibile individuare visivamente le onde di Rayleigh sulla base del carattere dispersivo (tendenza all'aumento di velocità con la frequenza), della coerenza di fase e della potenza significativa.

Il modello sismostratigrafico che si ottiene è mediato su tutto il volume di sottosuolo posto al di sotto dello stendimento di acquisizione.

La sismica a rifrazione consente di determinare con buona approssimazione la stratigrafia del sottosuolo, limitando così - con notevole risparmio di tempo e denaro – il numero di sondaggi geognostici da effettuare nell'area da investigare.

Un'apparecchiatura per sismica a rifrazione è costituita generalmente da un sismografo e da un gruppo di geofoni: si tratta di energizzare il terreno mediante l'onda d'urto prodotta dall'esplosione di una piccola carica o dall'impatto di una mazza di battuta.

Il compito del sismografo è quello di misurare il tempo impiegato dalla perturbazione sismica indotta nel terreno a percorrere la distanza tra la sorgente e ciascun geofono, opportunamente spaziato lungo un profilo.

La velocità di propagazione dell'onda sismica dipende dalle caratteristiche elastiche del sottosuolo e dalla sua conformazione; la relazione tra velocità dell'onda e distanza sorgente-geofono (dromocrona) consente – applicando una serie di formule matematiche - di risalire agli spessori degli strati esistenti nel sottosuolo.

Al fine della determinazione della frequenza di risonanza di sito in base a rapporti H/V e della determinazione della sismo stratigrafia fino al bedrock sismico (attraverso opportuna inversione vincolata), sono state effettuate n. 3 misure di rumore, utilizzando un geofono professionale con frequenza di risonanza di 0.2 Hz (Lennartz 2D/5s).

Le vibrazioni sismiche ambientali (chiamate anche rumore sismico) sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-2} mm (Okada, 2003).

In riferimento al contenuto in frequenza, il rumore sismico è anche chiamato microtremore se contiene alte frequenze (in genere maggiori di 0.5 Hz) e microsisma per basse frequenze.

Per quanto riguarda l'origine del rumore sismico, è certo che le sorgenti dei microsismi sono le perturbazioni atmosferiche sugli oceani che si propagano come onde superficiali sui continenti, mentre le sorgenti dei microtremori sono le attività antropiche come il traffico veicolare, le attività industriali etc. e si propagano come onde superficiali di Rayleigh.

In relazione agli effetti di sito, l'analisi delle misure di rumore sismico può essere condotta con tre metodi:

- Spettri di Fourier; Rapporti spettrali; Rapporti spettrali H/V.

Tra questi quello che sembra fornire i risultati migliori è quello dei Rapporti spettrali H/V noto anche come metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) o metodo di Nakamura.

3.1.5 Interpretazione ed analisi dei dati

L'elaborazione e l'analisi dei dati geofisici viene integralmente presentata nel paragrafo che tratta la microzonazione sismica dell'area.

4. CARATTERISTICHE SISMICHE DELL'AREA DI PROGETTO

4.1 Precedenti classificazioni sismiche

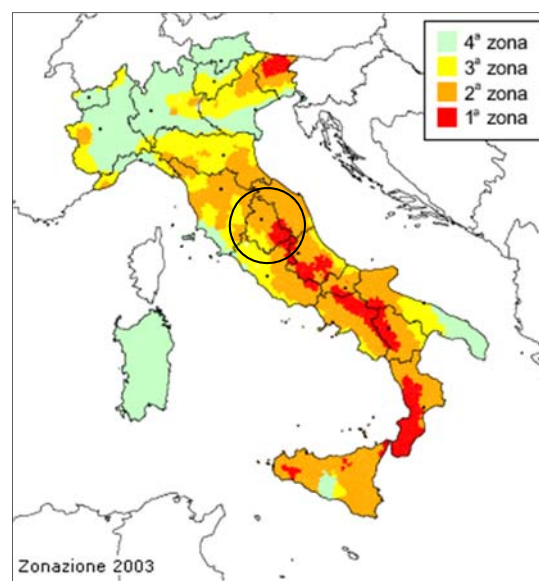
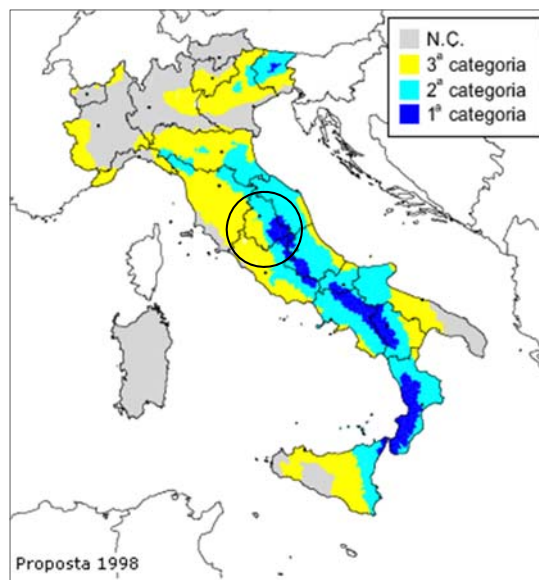
L'area di intervento, così come tutto il territorio comunale di **Foligno**, rientrava in I^a categoria sismica nei decreti e proposte di classificazione emessi precedentemente al 2003 (proposta del 1998 e classificazione del 1984). La normativa precedente sulle costruzioni in zona sismica (D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996) suddivideva il territorio nazionale nelle seguenti zone sismiche:

- zona di I categoria ($S=12$)
- zona di II categoria ($S=9$)
- zona di III categoria ($S=6$)
- zona non classificata.

A seconda delle zone la normativa forniva un parametro S che, in base ad una formula, forniva un coefficiente da moltiplicare per il peso della struttura. Successivamente, in seguito alla zonazione sismica eseguita e riguardante l'intero territorio nazionale, il sito è stato classificato in

Zona sismica 1. Tale classificazione del territorio nazionale deriva dall'applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", pubblicata sulla G.U. n.105 del 08/05/2003, e successive modifiche e integrazioni. Con l'ordinanza P.C.M. n. 3274, emanata in seguito al terremoto del 31/10/2002 in Molise,

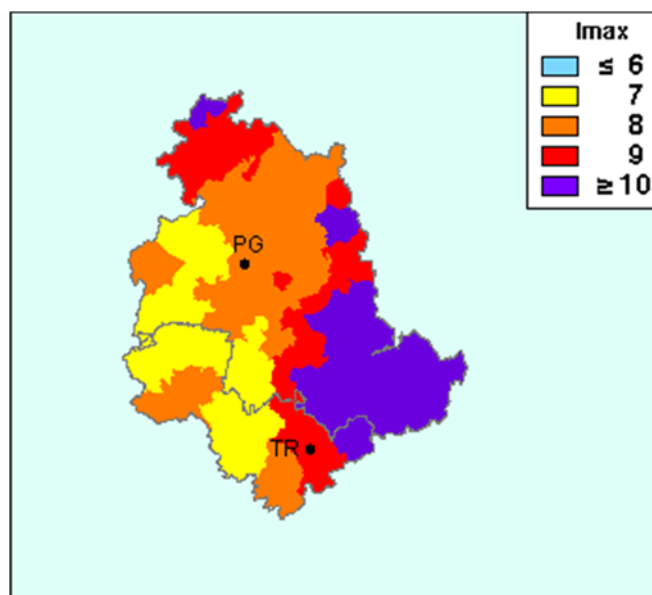
Dott. Geologo Mani Emanuele



aggiornata al 16/01/2006 con le indicazioni delle regioni, venivano delegati gli enti locali a effettuare la classificazione sismica di ogni singolo comune, al fine di prevenire eventuali situazioni di danni a edifici e persone a seguito di un eventuale terremoto. Secondo il provvedimento del 2003, tutti i comuni italiani sono stati classificati in 4 *categorie principali*, di seguito riportate, indicative del loro rischio sismico, calcolato in base alla **PGA** (*Peak Ground Acceleration*, cioè il picco di accelerazione al suolo) e per frequenza e intensità degli eventi; inoltre la classificazione dei comuni è in continuo aggiornamento man mano che vengono effettuati nuovi studi territoriali dalla regione di appartenenza o per variazioni statistiche significative nel lungo periodo:

- **Zona 1:** sismicità alta (PGA oltre 0,25g), comprende 708 comuni.
- **Zona 2:** sismicità medio-alta (PGA fra 0,15 e 0,25 g), comprende 2.345 comuni.
- **Zona 3:** sismicità medio-bassa (PGA fra 0,05 e 0,15 g), comprende 1.560 comuni.
- **Zona 4:** sismicità **bassa** (*PGA inferiore a 0,05 g*), comprende 3.488 comuni.

Tra queste, la **Zona 1** è quella di pericolosità più elevata, potendosi verificare eventi molto forti, anche di tipo catastrofico. A rischio risulta anche la **Zona 2** dove gli eventi sismici, seppur di minore intensità, possono creare ingenti danni. La **Zona 3** è caratterizzata da una bassa sismicità, che però in particolari contesti geologici può vedere amplificati i propri effetti. Infine, la **Zona 4** è quella che nell'intero



territorio nazionale presenta il minor rischio sismico, essendo possibili scosse lievi e sporadiche, con bassa possibilità di arrecare danni.

4.2 Sismicità storica di Foligno

Il territorio di Foligno risente delle dinamiche orogenetiche legate alla formazione dell'Appennino centro-settentrionale. Dall'analisi della "Mappa delle massime intensità macroscopiche osservate nella provincia di Perugia", si rileva che il comune è caratterizzato da un'intensità macrosismica pari $I_{max} = 12$ (vedi planimetria seguente - INGV e GNDT).

Il territorio è stato interessato nel tempo da numerosi eventi sismici di rilevante intensità, presumibilmente legati all'orogenesi appenninica.

Di seguito è riportato un elenco non esaustivo dei maggiori terremoti storici con massima intensità avvertita nel territorio del comune di Foligno e di comuni limitrofi. Il seguente elenco relativo alla sismicità storica che ha coinvolto il territorio comunale di Foligno è tratto dal database macrosismico dell'INGV – *DBMI15*, che riguarda un periodo temporale che va dall'anno 1.000 all'anno 2015.

Database Macrosismico Italiano versione DBMI15

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7-8	1279	04	30	18			Appennino umbro-marchigiano	17	9	6.20
7	1703	01	14	18			Valnerina	197	11	6.92
7	1751	07	27	01			Appennino umbro-marchigiano	66	10	6.38
8-9	1832	01	13	13			Valle Umbra	101	10	6.43
6	1854	02	12	05			Valle Umbra	21	8	5.57
4-5	1873	03	12	20	04		Appennino marchigiano	196	8	5.85
3-4	1878	09	15	07	20		Valle Umbra	34	8	5.46
5	1897	09	12	00	55		Valle Umbra	12	5	4.19
NF	1899	04	21	00	57	5	Narni	45	4	3.96
5	1904	09	24	09	30		Valle Umbra	15	5	4.24
4	1905	12	09	21	41		Valle Umbra	42	5	4.24
NF	1907	01	23	00	25		Adriatico centrale	93	5	4.75
NF	1908	03	17	03	59		Marche meridionali	54	5-6	4.61
NF	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8	5.34
2	1910	06	29	13	52		Valnerina	58	7	4.93
NF	1911	01	18	06	52		Lugnano in Teverina	19	6	4.42
4-5	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
F	1917	05	12	15	34	3	Ternano	34	7-8	5.03
NF	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67
4-5	1950	09	05	04	08		Gran Sasso	386	8	5.69
4	1951	09	01				Monti Sibillini	80	7	5.25
NF	1958	05	08	00	13	2	Valnerina	17	5	4.25
5	1960	02	06	12	00	3	Valle Umbra	11	5	4.18
2	1965	05	29	13	39	4	Valle Umbra	16	6-7	4.32
5	1965	05	31	09	22	1	Valle Umbra	9	5-6	4.48
F	1971	02	11	18	49	2	Valle del Chiascio	71	6	4.61
6-7	1979	09	19	21	35	3	Valnerina	694	8-9	5.83

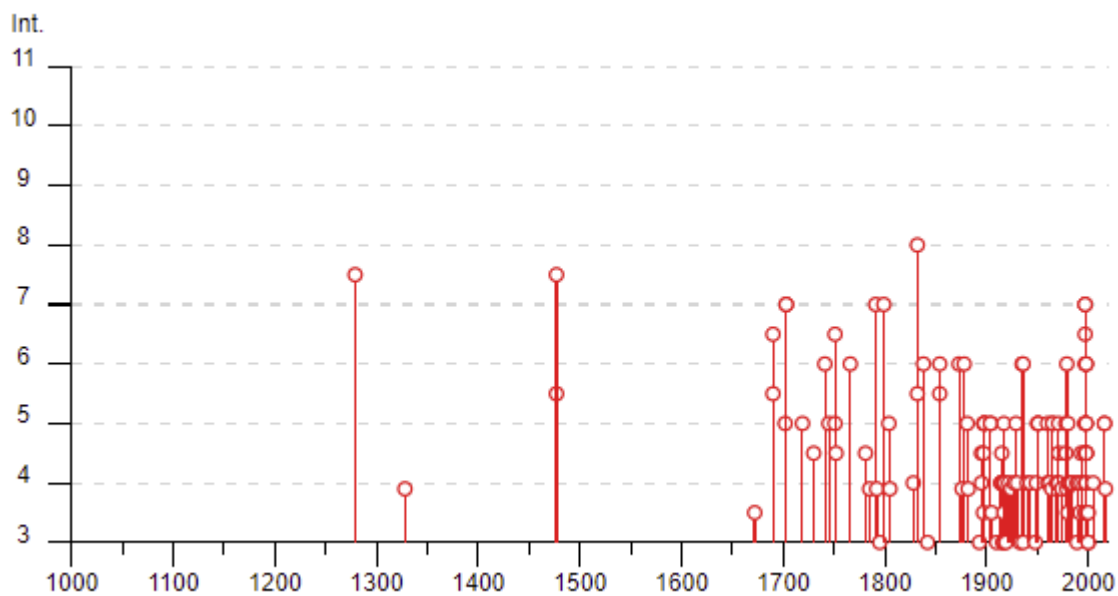
Dott. Geologo Mani Emanuele

13 maggio 2023

4	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
NF	1987	07	03	10	21	5	Costa Marchigiana	359	7	5.06
NF	1989	11	19	03	40	2	Valnerina	38	5	4.13
4-5	1989	12	22	06	48	1	Valle Umbra	114	5	4.44
3-4	1990	09	12	02	59	4	Valle Umbra	62	5-6	4.12
NF	1992	02	18	09	20	2	Valle Umbra	13	5	3.48
3-4	1993	06	04	21	36	5	Valle del Topino	90	5-6	4.39
4-5	1993	06	05	19	16	1	Valle del Topino	326	6	4.72
4	1997	09	03	22	07	2	Appennino umbro-marchigiano	62	6	4.54
5	1997	09	07	23	28	0	Appennino umbro-marchigiano	57	5-6	4.19
5-6	1997	09	09	16	54	4	Appennino umbro-marchigiano	39	5-6	3.78
4	1997	09	10	06	46	5	Appennino umbro-marchigiano	47	5	3.85
6	1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
6-7	1997	09	26	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
2	1997	10	03	08	55	2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
6-7	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786		5.62
NF	1997	10	23	08	58	4	Appennino umbro-marchigiano	56		3.86
5	1997	11	09	19	07	3	Valnerina	180		4.87
5	1998	02	07	00	59	4	Appennino umbro-marchigiano	62		4.41
3	1998	03	21	16	45	0	Appennino umbro-marchigiano	141		5.00
5	1998	03	26	16	26	1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
4-5	1998	04	05	15	52	2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
2	1998	06	01	13	57	1	Appennino umbro-marchigiano	23		4.02
NF	1998	06	02	23	11	2	Appennino umbro-marchigiano	83		4.25
NF	1998	08	11	05	22	5	Appennino umbro-marchigiano	24		3.26
3	2000	06	22	12	16	3	Bacino di Gubbio	107	5	4.47
2	2005	12	15	13	28	3	Val Nerina	350	5	4.14
NF	2006	04	10	19	03	3	Maceratese	211	5	4.06
NF	2006	10	21	07	04	1	Anconetano	287	5	4.21

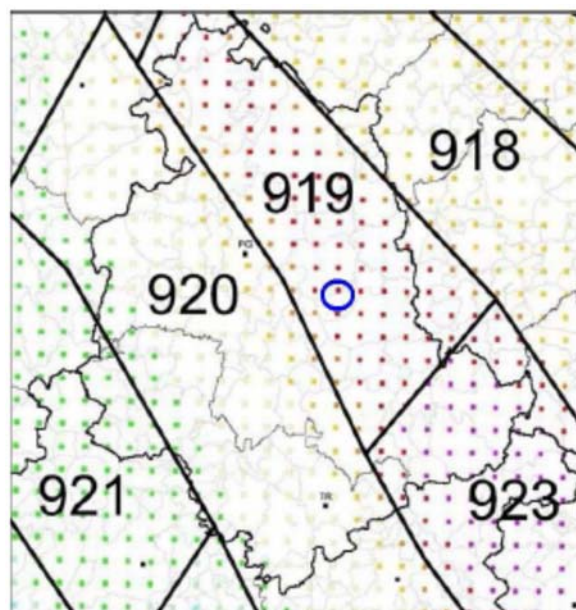
Np) - Numero di punti, numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto
Io) - Intensità macrosismica epicentrale, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg
Mw) – Magnitudo momento

Si riporta di seguito l’istogramma con i principali eventi sismici in funzione della intensità e della cronologia temporale.



Dott. Geologo Mani Emanuele

In base allo studio *Zonazione Sismogenetica ZS9* del Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza n.3274/03 INGV) l'area ricade nella zona sismogenetica **ZS919** (Appennino Umbro), come si evince dallo schema accanto.



Ai fini della valutazione della magnitudo **Mw** attesa si assume il valore relativo alla Zona Sismogenetica ZS919 con **Mw=6,37** (vedi tabella seguente).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
nome ZS	N ZS	DISS2 MwMax	CPTI2 MwMax	CPTI2 MwMax (classe)	CPTI2 completo 04.2	Az1	Mw Max1	Az2	Mw Max2
Appennino Umbro	919	6.0	6.33	6.37	6.37		6.37		6.37

La Zona Sismogenetica ZS919 racchiude faglie e sistemi di faglie legati all'estensione dell'Appennino ed è caratterizzata da:

Profondità efficace dei terremoti = 8-12 Km;

Meccanismo di fagliazione prevalente = Faglia Normale (NF) in regime distensivo.

4.3 Classificazione sismica del Comune di Foligno

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*", il Comune di Foligno è stato classificato, Zona sismica 1, tale ordinanza è stata recepita dalla Regione Umbria mediante D.G.R. n.852/03 con modificata D.G.R. n.1111/12. L'O.P.C.M. del 28 aprile 2006, n. 3519 "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*", di cui si riporta un estratto

cartografico relativo alla Regione Umbria, mostra che il valore di pericolosità sismica del territorio preso in esame è compreso tra $0,2259 g$ e $0,2427 g$. Il valore medio per il sito di progetto è stato assunto, a favore della sicurezza, pari a $0,23 g$. espresso in termini di



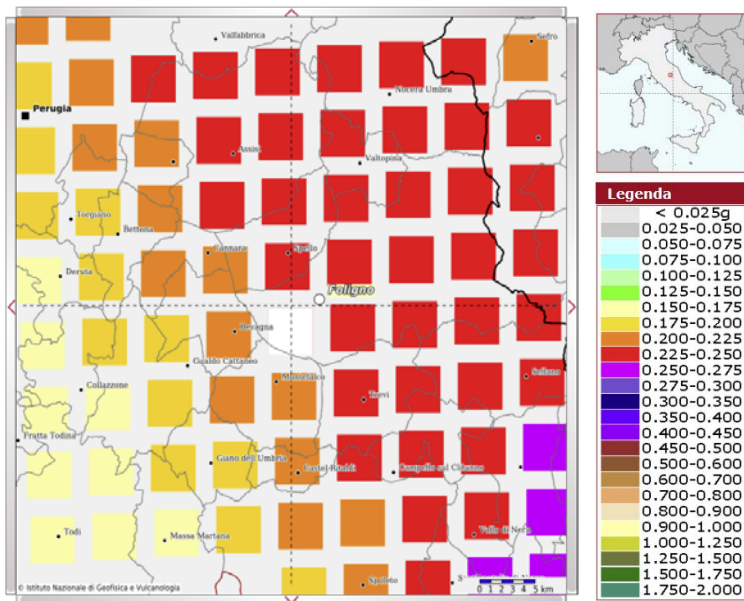
accelerazione massima al suolo (a_g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni per un tempo di ritorno di 475 anni.

Con la D.G.R. n.377 del 08.03.2010 “Criteri per l’esecuzione degli studi di microzonazione sismica” la Regione Umbria fa proprie le linee guida di microzonazione sismica del D.P.C. in cui vengono riportate alla tabella 2.8-1 Valori $M_w(\max)$ di ZS9 come valori da utilizzare nelle verifiche a liquefazione.

4.4 Disaggregazione della pericolosità sismica del Comune di Foligno

La disaggregazione della pericolosità sismica (McGuire, 1995; Bazzurro and Cornell, 1999) è un’operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M; espresso in altri termini il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l’evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. Il Progetto S1 “Mappe Interattive di Pericolosità Sismica” (Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi) affronta la disaggregazione della

pericolosità sismica italiana (Gruppo di Lavoro MPS, 2004) per **16852** siti corrispondenti ai nodi della griglia adottata per la redazione delle mappe di pericolosità sismica del territorio nazionale, vedi fig.seguente. In particolare, sono stati disaggregati i valori mediani di scuotimento (relativi a suolo rigido), espresso in termini di accelerazione orizzontale di picco (PGA), corrispondenti a 9 periodi di ritorno (RP): 30, 50, 72, 100, 140, 200, 475, 1000 e 2500 anni. I dati della disaggregazione ottenuti possono essere utilizzati nella selezione di accelerogrammi a scopi di progettazione e/o per analisi dinamiche (es. analisi numeriche di risposta sismica locale).



Mappa interattiva di pericolosità sismica, frazione Maceratola, comune di Foligno

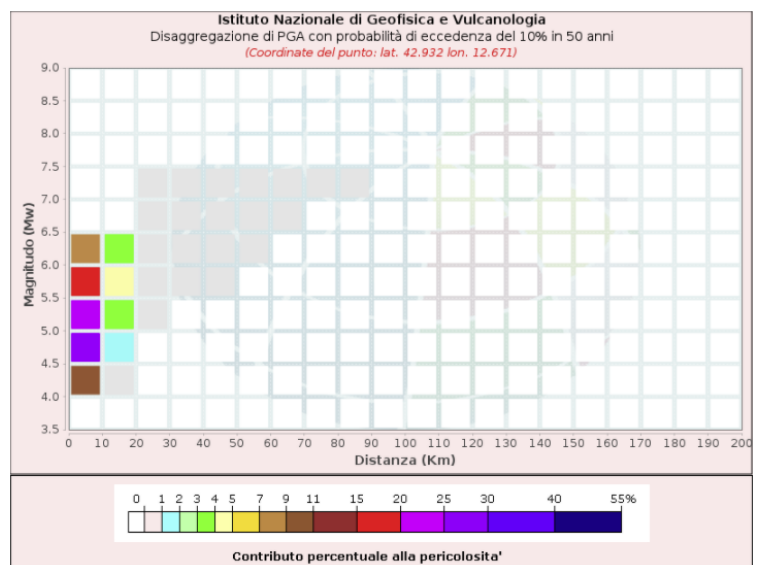


Grafico Magnitudo (M) Distanza (R) della disaggregazione del valore $a(g)$ Maceratola - Foligno

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 42.932 lon. 12.671)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	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	0.0000	10.6000	26.4000	22.3000	15.6000	7.9100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.1950	1.6700	3.5500	4.4200	3.6000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.1030	0.6510	0.9990	0.2390	0.1850	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0345	0.3000	0.3670	0.3360	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0408	0.1370	0.1630	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0317	0.0627	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0042	0.0239	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0068	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.27	6.74	1.03

Tabella della disaggregazione del valore di $a(g)$ per il territorio di Foligno

Al fine di valutare la disaggregazione della pericolosità sismica della località di Foligno si è preso in considerazione il Progetto **DPC-INGV S1** e si è scelto quale punto griglia di riferimento quello evidenziato nella mappa su riportata.

La disaggregazione valutata per il parametro di scuotimento $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni evidenzia che:

1. I terremoti che dominano lo scenario di pericolosità sismica locale sono eventi la cui generazione viene calcolata compresa tra le profondità di 0,00 e 20,00 Km;
2. La Magnitudo momento media locale è **Mw=5,27**, mentre la massima è quella di riferimento per la Zona Sismogenetica ZS919 pari a **Mw=6,37**.

4.5 Azione sismica di progetto

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli stati limite, che possono verificarsi durante un determinato periodo di riferimento della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la *vita nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare il *periodo di riferimento*;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, dopo aver definito le relative *probabilità di superamento* è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la **pericolosità sismica di base** per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

4.6 Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento

Nel DM 17 gennaio 2018-Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

dove:

V_R = periodo di riferimento

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

V_N = vita nominale

C_U = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale V_N , secondo le NTC 2018, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità. I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 4.1.

Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 4.1 – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Nel caso specifico $V_N = 50$ anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. $C_U = 0.7$;

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. $C_U = 1.0$;

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. $C_U = 1.5$;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. $C_U = 2.0$;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso II** a cui è associato il coefficiente d'uso $C_U = 1$.

Ricavati i valori di V_N e C_U , è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R , che qui vale:

$$V_R = 50 * 1 = 50 \text{ anni.}$$

4.6.1 Stati limite, probabilità di superamento e periodo di ritorno

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata. Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento* P_{VR} (Tabella 4.2), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R , si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g prefissata (a_g = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/T_R$ (T_R = periodo di ritorno).

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$P_{VR} = 81\%$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$P_{VR} = 63\%$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$P_{VR} = 10\%$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$P_{VR} = 5\%$

Tab. 4.2- Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento V_R

Fissati V_R e P_{VR} associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Tale relazione tra P_{VR} (probabilità) e T_R (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana. Poiché è $V_R = 50$ anni, il tempo di ritorno T_R sarà:

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$T_R = 30$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$T_R = 50$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$T_R = 475$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$T_R = 975$

tab. 4.3- Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento V_R

4.6.2 Definizione della pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale. Per poter

definire la pericolosità sismica di base le NTC 2018 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione “Mappe interattive della pericolosità sismica”.

Secondo le NTC 2018 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'**Allegato A** alle NTC08:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g : il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

F_0 e T_C^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella (Tabella 4.1), contenuta nell'**Allegato B** delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

Tab. 4.4- Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.

ID	LON	LAT	T _R = 30			T _R = 50			T _R = 72			T _R = 101		
			a _g	F ₀	T* _c	a _g	F ₀	T* _c	a _g	F ₀	T* _c	a _g	F ₀	T* _c
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e P_{VR} fissate, il valore del generico parametro “P” ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione (Figura 4.1), a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC18.

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g, F₀, T_C*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre p₁, p₂ è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno T_{R1}, T_{R2}.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g , F_o , TC^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell' i -esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo vertice della suddetta maglia.

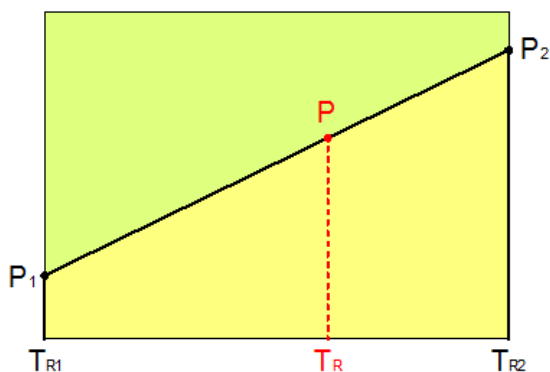


Figura 4.1 - Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella Figura 4.2

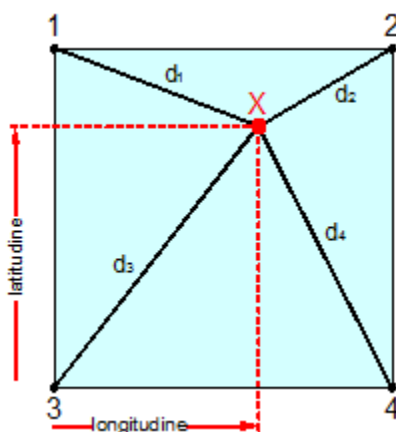


Figura 4.2 - Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate

geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos[\sin(\text{lat}\beta) \cdot \sin(\text{lat}\alpha) + \cos(\text{lat}\beta) \cdot \cos(\text{lat}\alpha) \cdot \cos(\text{lon}\alpha - \text{lon}\beta)] \quad (4.3)$$

dove $R = 6371$ è il raggio medio terrestre in km, mentre $\text{lat}\alpha$, $\text{lon}\alpha$, $\text{lat}\beta$ e $\text{lon}\beta$ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di $\pm 0,01g$ ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile. Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.

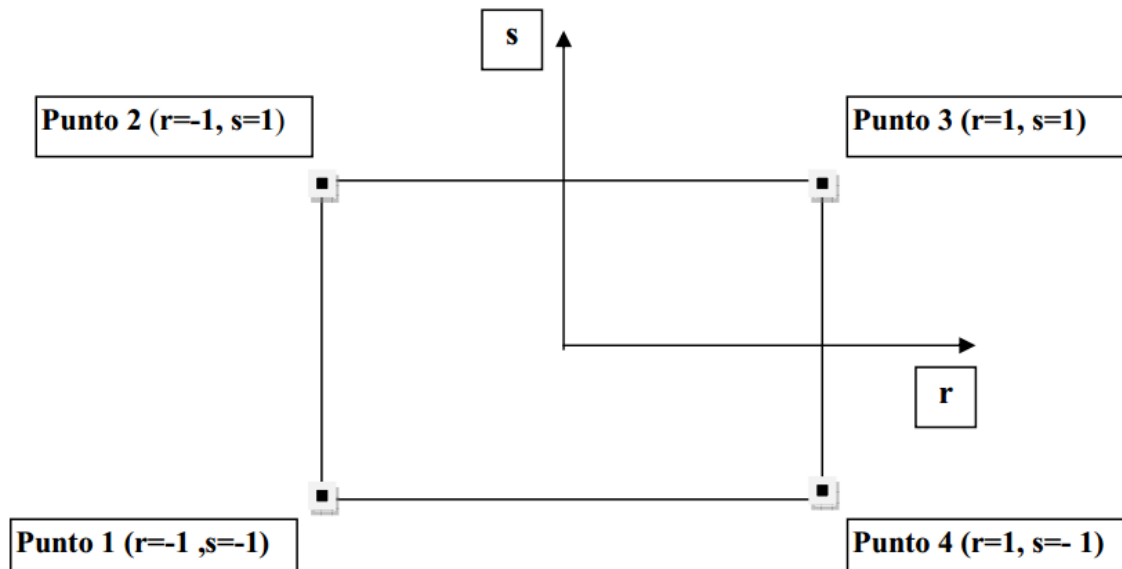


Figura 4.3 - Applicazione dell'interpolazione bilineare.

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1 - r) \cdot (1 - s) / 4 \quad (4.4)$$

$$h_2 = (1 - r) \cdot (1 + s) / 4 \quad (4.5)$$

$$h_3 = (1 + r) \cdot (1 + s) / 4 \quad (4.6)$$

$$h_4 = (1 + r) \cdot (1 - s) / 4 \quad (4.7)$$

Tra le coordinate x, y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot x_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot x_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot x_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot x_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot x_4] \quad (4.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot y_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot y_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot y_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot y_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot y_4] \quad (4.9)$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s , si determinano i parametri a_g, F_0, T_C^* dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot p_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot p_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot p_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot p_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot p_4] \quad (4.10)$$

Dove p rappresenta il parametro cercato.

4.6.3 Pericolosità sismica di sito

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

Coefficienti sismici

I coefficienti sismici orizzontale k_H e verticale k_V dipendono dal punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (T_R) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{VR})} \quad (5.1)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e P_{VR} probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della

costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC).

In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

Stabilità dei pendii e fondazioni

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

$$k_h = \beta_s \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella 4.5.

Tabella 4.5- Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq S_S \leq 1.80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E). e del rapporto a_g/g . S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

$$T1: S_T = 1.0; T2: S_T = 1.20; T3: S_T = 1.20; T4: S_T = 1.40.$$

4.6.4 Pericolosità sismica di base per il sito

Si riportano di seguito i parametri considerati per la stima della pericolosità di base per il sito di interesse, ubicato in località Maceratola nel comune di Foligno.

Vita nominale (Vn):	50	[anni]
Classe d'uso:	II	
Coefficiente d'uso (Cu):	1	
Periodo di riferimento (Vr):	50	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLO:	30	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD:	50	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV:	475	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC:	975	[anni]



Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	42,9400673	[°]
Longitudine (WGS84):	12,7203693	[°]
Latitudine (ED50):	42,9410324	[°]
Longitudine (ED50):	12,7213058	[°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	23853	42,931990	12,670660	4243,73
2	23854	42,932460	12,738920	1721,87
3	23632	42,982460	12,738270	4808,90
4	23631	42,982000	12,669930	6182,94

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,071	2,414	0,272
SLD	50	0,093	2,353	0,279
	72	0,109	2,344	0,283
	101	0,126	2,347	0,287
	140	0,144	2,354	0,291
	201	0,166	2,360	0,296
SLV	475	0,226	2,407	0,312
SLC	975	0,288	2,427	0,324
	2475	0,385	2,412	0,338

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,074	2,399	0,273
SLD	50	0,096	2,344	0,280
	72	0,112	2,350	0,285
	101	0,130	2,340	0,289
	140	0,149	2,342	0,294
	201	0,171	2,349	0,299
SLV	475	0,234	2,406	0,314
SLC	975	0,297	2,413	0,327
	2475	0,394	2,418	0,342

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,074	2,394	0,273
SLD	50	0,097	2,339	0,280
	72	0,113	2,345	0,285
	101	0,131	2,333	0,288
	140	0,150	2,335	0,293
	201	0,172	2,348	0,298
SLV	475	0,235	2,407	0,314
SLC	975	0,298	2,412	0,326
	2475	0,394	2,425	0,341

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,072	2,404	0,272
SLD	50	0,094	2,340	0,278
	72	0,111	2,340	0,283
	101	0,128	2,338	0,287
	140	0,146	2,345	0,291
	201	0,168	2,358	0,295
SLV	475	0,230	2,405	0,312
SLC	975	0,292	2,422	0,323
	2475	0,391	2,408	0,338

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,073	2,402	0,273
SLD	50	0,095	2,345	0,280
SLV	475	0,232	2,406	0,313
SLC	975	0,295	2,417	0,326

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$: 1.000

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,016	0,021	0,085	0,101
kv	0,008	0,010	0,042	0,051
amax [m/s ²]	0,860	1,121	2,682	3,209
Beta	0,180	0,180	0,310	0,310

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,088	0,114	0,274	0,327
kv	0,044	0,057	0,137	0,164

13 maggio 2023

amax [m/s ²]	0,860	1,121	2,682	3,209
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H):

3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,057	0,074	0,178	0,213
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,860	1,121	2,682	3,209
Beta	0,650	0,650	0,650	0,650

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,018	0,023	0,077	0,092
kv	0,009	0,011	0,038	0,046
amax [m/s ²]	0,860	1,121	2,682	3,209
Beta	0,200	0,200	0,280	0,280

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,054	0,104	--
kv	--	0,027	0,052	--
amax [m/s ²]	0,860	1,121	2,682	3,209
Beta	--	0,470	0,380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,054	0,104	--
kv	--	0,027	0,052	--
amax [m/s ²]	0,860	1,121	2,682	3,209
Beta	--	0,470	0,380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

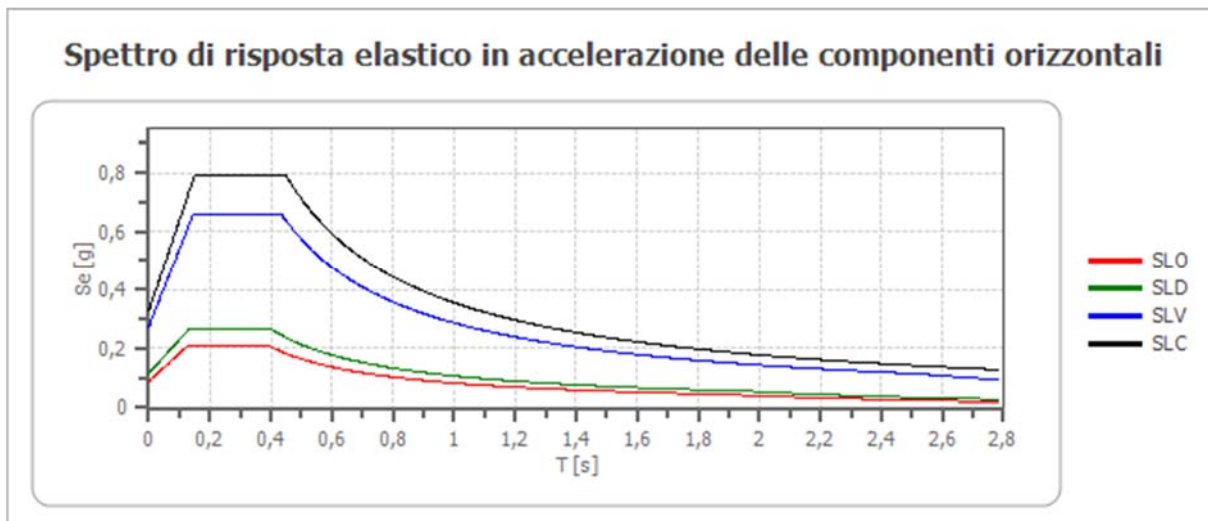
3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,068	0,089	0,212	0,254
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,860	1,121	2,682	3,209
Beta	0,776	0,776	0,776	0,776

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

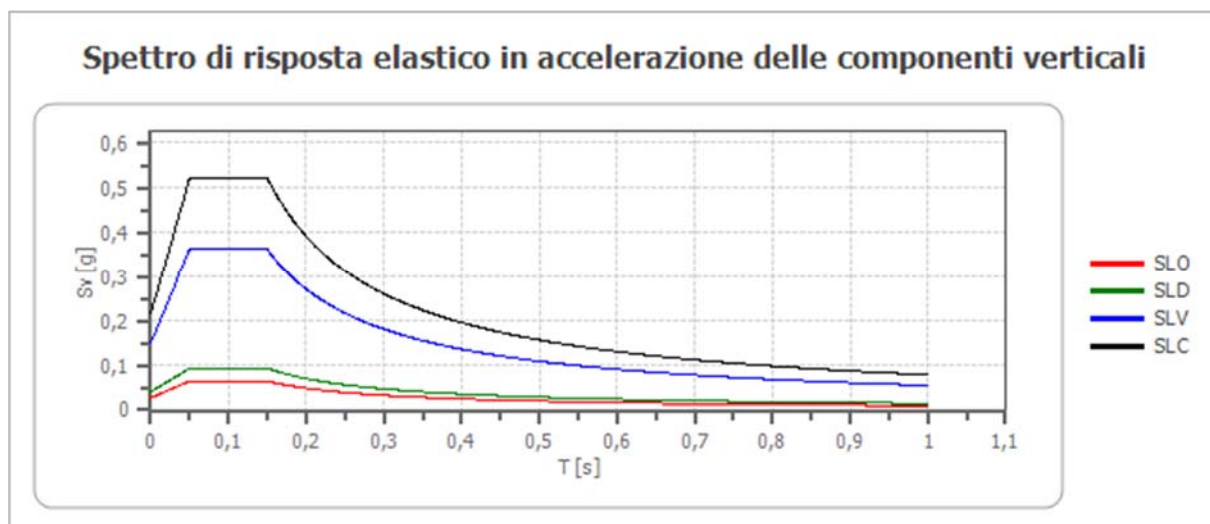


	cu	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(o) [g]	Se(T) [g]
SLO	1,0	0,073	2,402	0,273	1,200	1,430	1,000	1,200	1,000	0,130	0,390	1,892	0,088	0,211
SLD	1,0	0,095	2,345	0,280	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,132	0,397	1,981	0,114	0,268
SLV	1,0	0,232	2,406	0,313	1,180	1,390	1,000	1,180	1,000	0,145	0,435	2,527	0,273	0,658
SLC	1,0	0,295	2,417	0,326	1,110	1,380	1,000	1,110	1,000	0,150	0,449	2,779	0,327	0,791

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ: 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$: 1,000



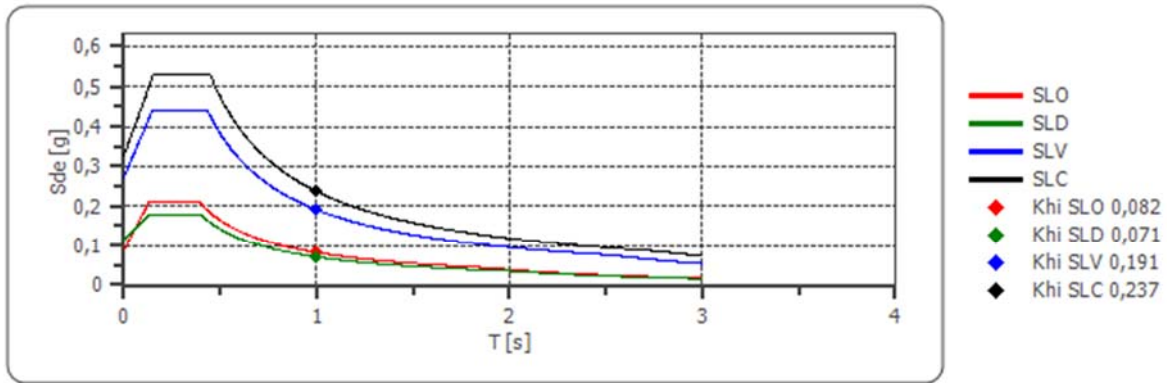
	cu	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(o) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1,0	0,07 3	2,40 2	0,27 3	1	1,43 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,02 7	0,06 4
SLD	1,0	0,09 5	2,34 5	0,28 0	1	1,420	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,04 0	0,09 3
SLV	1,0	0,232	2,40 6	0,313	1	1,39 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,151	0,36 2
SLC	1,0	0,29 5	2,417	0,32 6	1	1,38 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,216	0,52 2

Spettro di progetto

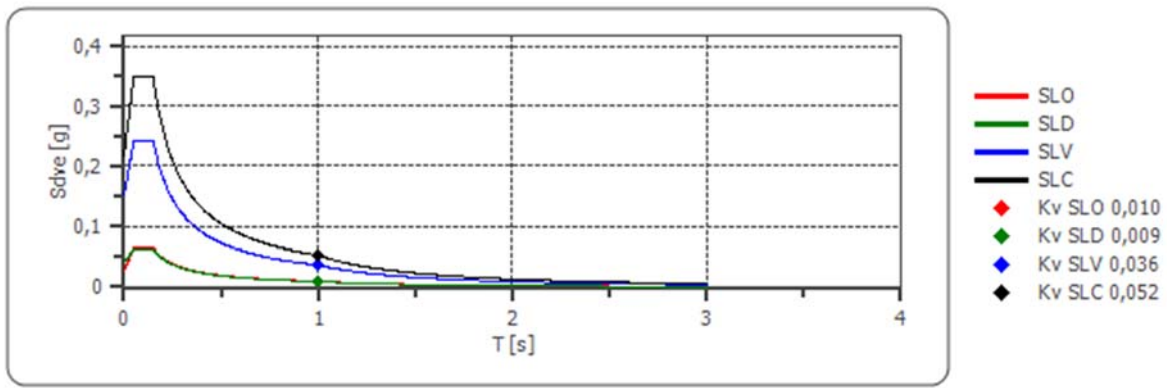
Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1,50
 Fattore di struttura spettro verticale q: 1,50
 Periodo fondamentale T: 1,00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
k _{hi} = S _d e(T) Orizzontale [g]	0,082	0,071	0,191	0,237
k _v = S _d v _e (T) Verticale [g]	0,010	0,009	0,036	0,052

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(o) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	1,0	0,07 3	2,40 2	0,27 3	1,200	1,43 0	1,00 0	1,200	1,00 0	0,13 0	0,39 0	1,892	0,08 8	0,211
SLO verticale	1,0	0,07 3	2,40 2	0,27 3	1,200	1,43 0	1,00 0	1,00	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,02 7	0,06 4
SLD orizzontale	1,0	0,09 5	2,34 5	0,28 0	1,200	1,420	1,00 0	1,200	1,50 0	0,132 0	0,39 7	1,981	0,114	0,17 9
SLD verticale	1,0	0,09 5	2,34 5	0,28 0	1,200	1,420	1,00 0	1,00	1,50 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,04 0	0,06 2
SLV orizzontale	1,0	0,232	2,40 6	0,313	1,180	1,39 0	1,00 0	1,180	1,50 0	0,14 5	0,43 5	2,527	0,27 3	0,43 9
SLV verticale	1,0	0,232	2,40 6	0,313	1,180	1,39 0	1,00 0	1,00	1,50 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,151	0,24 2
SLC orizzontale	1,0	0,29 5	2,417	0,32 6	1,110	1,38 0	1,00 0	1,110	1,50 0	0,15 0	0,44 9	2,77 9	0,32 7	0,52 7
SLC verticale	1,0	0,29 5	2,417	0,32 6	1,110	1,38 0	1,00 0	1,00	1,50 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,216	0,34 8

4.7 Classificazione sismica dei terreni di fondazione

Successivamente all’approvazione del D.M. 17 gennaio 2018, la classificazione sismica dei terreni di fondazione avviene sulla base della raccolta di parametri di carattere litologico, stratigrafico, sismico, geotecnico, topografico.

Nel nostro caso, come detto tali informazioni sono state reperite in sito mediante sopralluoghi, consultazione di dati di natura bibliografica riguardante la zona in oggetto, ed in particolare sulla base dei risultati delle indagini geofisiche eseguite in sito ai fini della caratterizzazione sismica del sottosuolo. Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (o Testo Unico sulle Costruzioni), al punto 3.2.2 riportano le “*Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche*” per la determinazione dell’azione sismica di progetto.

Per quanto concerne le categorie di sottosuolo, la norma fa riferimento ad un approccio semplificato, basato su categorie di sottosuolo. Tali categorie sono illustrate nella Tab. 3.2.II, allegata al punto 3.2.2 della normativa, di seguito riportate.

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

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

I risultati dell’indagine diretta, in particolare il rilievo geologico speditivo dell’area, valutazioni riguardanti la topografia della medesima, i dati sismici ottenuti dalla prova geofisica elaborata con tecnica MASW, l’utilizzo di database e programmi consultabili via internet, hanno consentito di poter stimare la tipologia di sottosuolo del sito di progetto. Secondo le NTC2018, in base a quanto indicato nelle precedenti tabelle, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione viene

effettuata sulla base dei valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse fondazioni, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Per il presente progetto i risultati dell'indagine sismica presa in considerazione consentono di classificare il sottosuolo come appartenente ad una tipologia di classe “B” con valori medi delle onde di taglio registrate nei primi trenta metri di profondità pari a $V_{seq} = 528.48$ m/s.

Per quanto concerne le condizioni topografiche, il sito rientra nella categoria **T1** si è utilizzata la classificazione riportata nella Tab. 3.2.III seguente, punto 3.2.2 della normativa.

Tab.3.2.III – Categorie topografiche

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

Sulla base della tabella suddetta, l'area di progetto rientra, come caratteristiche della superficie topografica nella categoria “T1” cui compete il valore del coefficiente topografico “ $S_T=1,0$ ” come riportato nella seguente tabella 3.2.VI della normativa NTC2018.

Tab.3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	–	1,0
T2	<i>In corrispondenza della sommità del pendio</i>	1,2
T3	<i>In corrispondenza della cresta del rilievo</i>	1,2
T4	<i>In corrispondenza della cresta del rilievo</i>	1,4

La categoria di sottosuolo e la categoria topografica e relativo coefficiente, definite come sopra, vengono utilizzate nei calcoli per la valutazione dell'azione sismica, secondo quanto previsto al punto 3.2.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018).

5 MICROZONAZIONE SISMICA

Sotto l'aspetto sismico il presente studio viene completato con la microzonazione sismica di secondo livello, ai sensi del D.G.R. n. 377/2010 e degli "Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica" redatti dal Dipartimento della Protezione Civile Nazionale congiuntamente con la conferenza delle Regioni e delle Provincie Autonome.

Lo studio condotto ha consentito di valutare il comportamento sismico e post-sismico dei terreni e la risposta sismica degli stessi, secondo quanto prescritto dalle vigenti normative.

INDIVIDUAZIONE DELLA ZONA SISMOGENETICA

Le zone sismogenetiche sono zone caratterizzate da una sismicità uniforme. L'individuazione del comune all'interno della zona sismogenetica di appartenenza è importante per la definizione della pericolosità sismica e quindi dell'azione sismica.

È una grandezza che ha carattere aleatorio e come tale viene trattata negli studi di pericolosità.

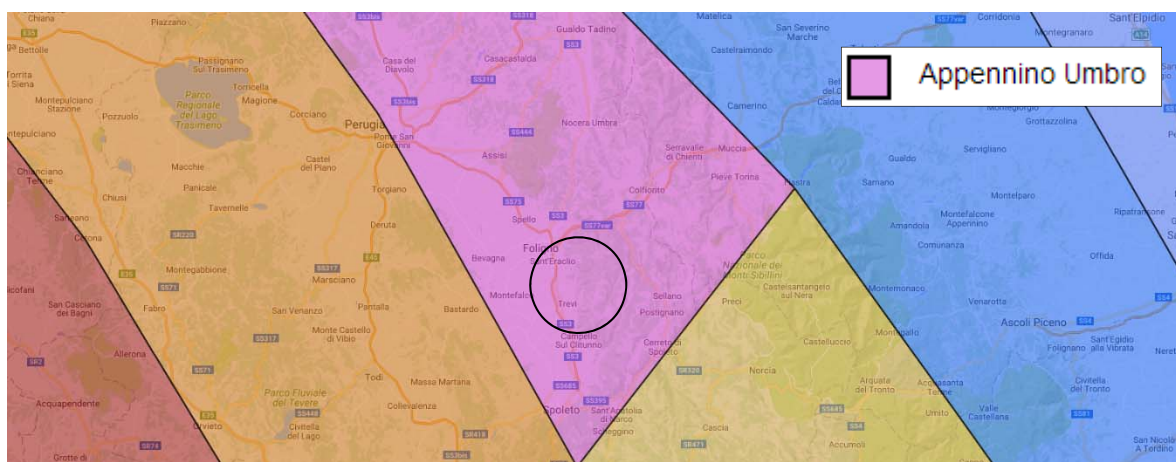
Analogo carattere dovrebbe quindi conservare quando utilizzata per la definizione ai fini di progettazione o di studio di MS.

L'informazione di partenza è costituita dalla zonazione sismogenetica del territorio nazionale secondo la quale la sismicità può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una magnitudo massima M_{wmax} .

Vengono utilizzati i risultati degli studi di pericolosità di base effettuati nell'ambito della definizione della mappa di riferimento nazionale da parte dell'Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia (Gruppo di lavoro, 2004).

Nel sito <https://maps.google.it/maps> (Dato da Geoportale Nazionale - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare) è possibile individuare l'area indagata all'interno della carta Zone Sismogenetiche ZSg.

Come precedentemente accennato l'area ricade interamente all'interno della **zona sismogenetica 919** per la quale è stata associata una M_{wmax} pari a **6,37**.



Zone Sismogenetiche ZS9

Sulla base delle sorgenti sismogenetiche messe a disposizione da DISS 2.0 (Dato da Geoportale Nazionale - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare)

La Zona sismogenetica 919 racchiude faglie e sistemi di faglie legati all'estensione appenninica.

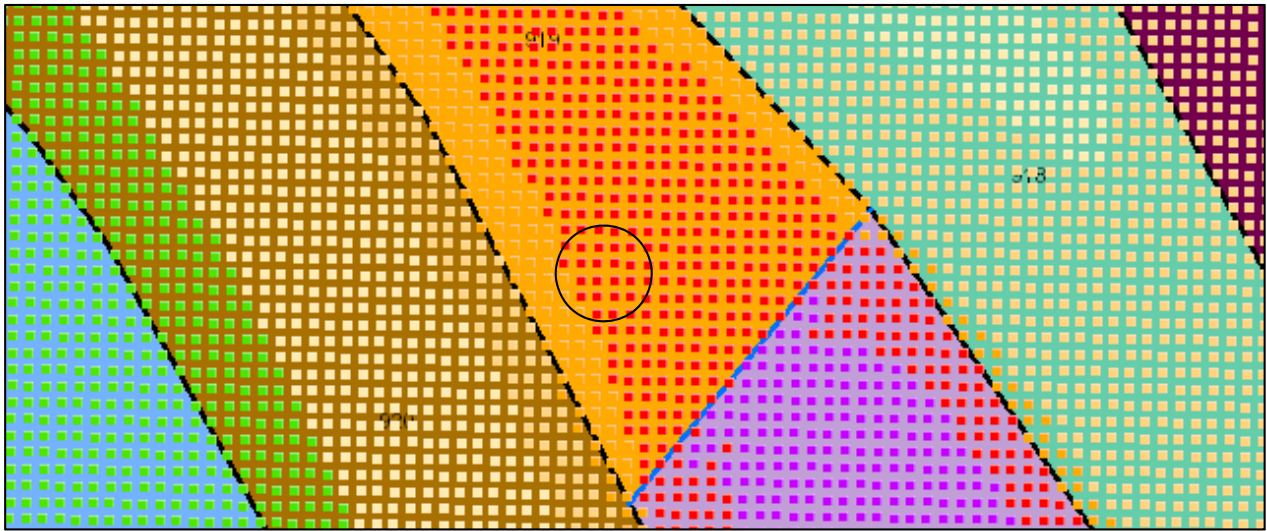
Nonostante le limitate dimensioni, la zona 919 é caratterizzata da un elevato numero di terremoti, molti dei quali di magnitudo maggiore o uguale a 5.

Tabella 2.8-1 – Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Zona	Numero di eventi $M_d > 2.0$	Numero di eventi $M_d > 2.5$	Numero di eventi $M_d > 3.0$	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
919	3001	1545	421	5.0	8-12	8

Dettagli misurazioni zona 919



Sovrapposizione della carta delle Zone Sismogenetiche ZSg con la carta di pericolosità sismica

La sovrapposizione della carta delle Zone Sismogenetiche ZSg con la carta di pericolosità sismica permette di mettere in evidenza, con un approccio visivo immediato, la correlazione tra le zone sismogenetiche e la pericolosità sismica, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo.

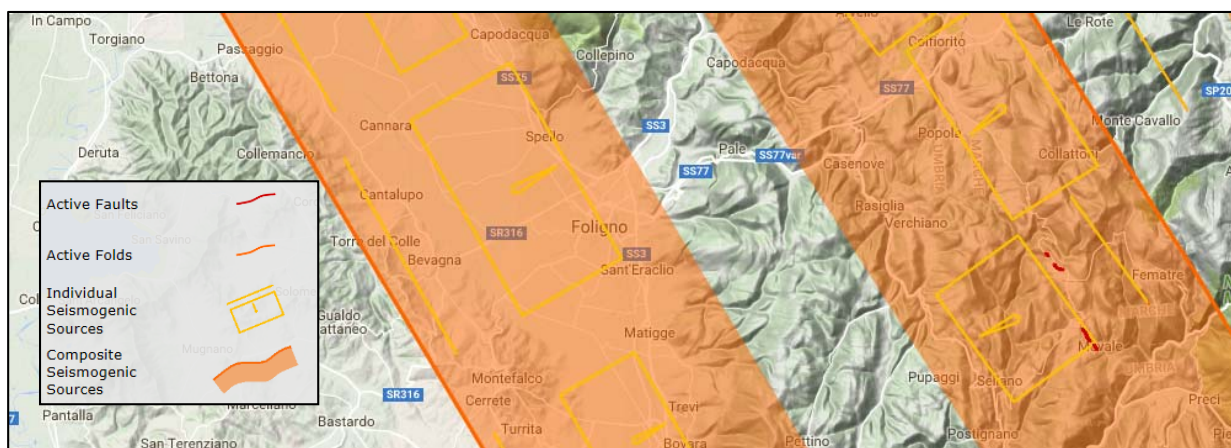
Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi di input (quali catalogo dei terremoti, zone sorgente, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.) e dei parametri di riferimento (per esempio: scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, finestra temporale, ecc.).

ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA

Per ogni zona sismogenetica è possibile definire un “terremoto caratteristico” poiché ogni faglia attiva dà luogo a terremoti di intensità sempre simile.

Nella seguente immagine si riporta la distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute nel database più aggiornato e disponibile DISS 3.1.

Per le zone sorgenti è stato utilizzato il database DISS (Database of Individual Seismogenic Sources. 3.1.1. La raccolta delle potenziali fonti per i terremoti più grandi di 5,5 M in Italia e nelle aree circostanti. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, © INGV 2010 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.



Stralcio della carta delle sorgenti sismogenetiche

La pericolosità sismica di base dell'area proviene da distretti sismici locali, individuabili nella mappa delle sorgenti sismogenetiche.

In tale cartografia la zona di Foligno ricade all'interno di una sorgente sismogenetica controllata dalla faglia Mugello-Citta' di Castello-Leonessa, la cui magnitudo massima associata è pari a 6,2.

DISS-ID	ITCS037
Name	Mugello-Citta' di Castello-Leonessa
Compiler(s)	Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Fracassi U.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Fracassi U.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	08-Jan-2005
Updated	30-Apr-2010
Min depth [km]	0.5 Inferred from regional tectonic considerations.
Max depth [km]	8.0 Inferred from regional tectonic considerations.
Strike [deg] min... max	280... 330 Inferred from regional geological data
Dip [deg] min... max	25... 40 Inferred from regional geological data
Rake [deg] min... max	260... 280 Inferred from regional geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1... 1.0 Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.2 Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

INDAGINI GEOFISICHE

Ai fini della determinazione delle caratteristiche sismiche dell'area è stata realizzata, a cura dei tecnici dell'Osservatorio Sismico A. Bina di Perugia, una campagna di sismica a rifrazione in onde SH integrata con indagini MASW, con lo scopo di ricostruire l'assetto sismo stratigrafico dei livelli più superficiali e di fornire la velocità delle onde Seq entro i primi trenta metri, così come indicato dalle N.T.C. del 17/01/2018.

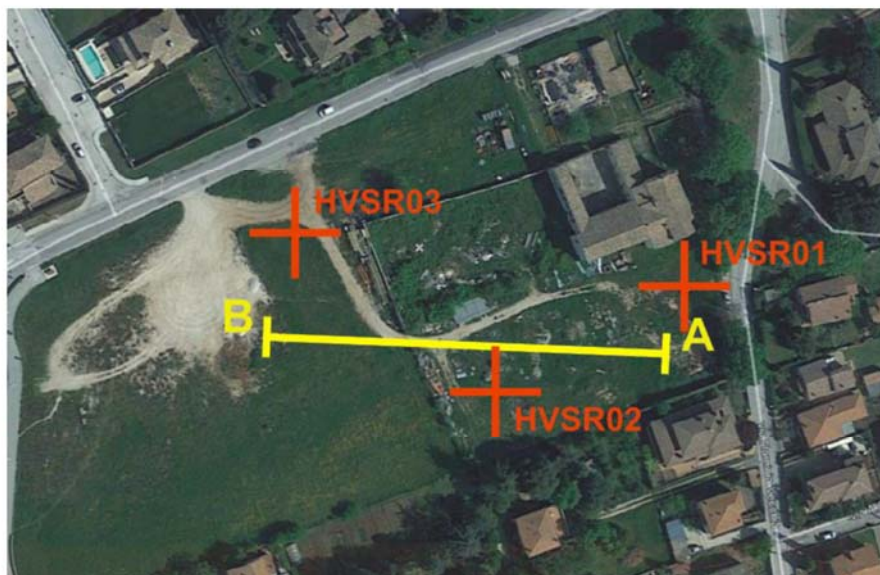
Sono state inoltre effettuate misure del rumore di fondo (micro tremore con tecnica Nakamura) per la valutazione della frequenza di risonanza del terreno.

Di seguito si riassumono i dati acquisiti ed i risultati ottenuti rimandando alla relazione originale per ulteriori approfondimenti.

DESCRIZIONE TECNICA INDAGINI EFFETTUATE ED APPARECCHIATURE UTILIZZATE

Ambito indagine:	INDAGINI GEOFISICHE COMBinate PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA DI SITO (VSeq-CLASSE SOTTOSUOLO)
Tipo di indagini:	- n. 1 profilo di SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE SH 120 m; - n. 1 profilo sismico M.A.S.W in onde di Love (INDAGINE DI TARATURA a traccia coincidente con il profilo di sismica a rifrazione Sh); - n. 3 misure di rumore di fondo a stazione singola con analisi HVSR
Località:	Foligno (PG)
Strumentazione:	Acquisitore geometrics (dinamica 16 bit, acquisitore a 12 canali); geofoni orizzontali da 4.5- Hz. Gefono 0.2 Hz 2D 5 s Lennatz (per HVSR) Acquisizione: Gennaio 2020

LOCALIZZAZIONE



Localizzazione profilo di sismica a rifrazione Sh, del profilo Masw in onde L (a traccia coincidente con la rifrazione) e dei punti di indagine HVSR.

SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE SH

Per la valutazione della sismostratigrafia, la campagna geofisica è consistita nell'esecuzione di un profilo di sismica a rifrazione in onde Sh, di 120 m (con n. 5 punti di energizzazione ed analisi in tecnica tomografica), un profilo Masw in onde di Love a traccia coincidente e n. 3 punti di misura di microtrempi a stazione singola, con tecnica di analisi HVSR.

Tali tecniche sono state effettuate ed analizzate in modo integrato al fine di poter ricostruire il modello sismostratigrafico dal piano campagna fino al bedrock sismico.

In rifrazione è stato energizzato con martello pesante con battuta su un piano verticale (su una trave di legno posta con asse maggiore perpendicolare allo stendimento, con contrappeso) per le onde SH.

La trave non è stata ancorata a terra ma solamente appoggiata.

I sismogrammi sono stati acquisiti con sismografo ad alta dinamica e l'elaborazione è avvenuta in tecnica tomografica.

Il software utilizzato per l'analisi tomografica elabora un modello teorico compiendo alcune migliaia di iterazioni sulla base dei primi arrivi delle onde sismiche trasversali.

Tale modello viene affinato automaticamente fino a che i dati teorici coincidono il più possibile con quelli acquisiti direttamente nella campagna di indagini sismiche.

Attraverso questo tipo di elaborazioni, si riducono sensibilmente gli eventuali errori dovuti a fattori soggettivi di interpretazione.

L'elaborato finale fornisce la velocità relativa a singole celle aventi lati inferiori ai due metri. In questo modo possono essere riconosciute con chiarezza anche anomalie laterali di velocità.

INDAGINI GEOFISICHE CON TECNICHE A RIFRAZIONE

Metodologia

La sismica a rifrazione consente di determinare con buona approssimazione la stratigrafia del sottosuolo, limitando così - con notevole risparmio di tempo e denaro - il numero di sondaggi geognostici da effettuare nell'area da investigare.

Un'apparecchiatura per sismica a rifrazione è costituita generalmente da un sismografo e da un gruppo di geofoni: si tratta di energizzare il terreno mediante l'onda d'urto prodotta dall'esplosione di una piccola carica o dall'impatto di una mazza di battuta.

Il compito del sismografo è quello di misurare il tempo impiegato dalla perturbazione sismica indotta nel terreno a percorrere la distanza tra la sorgente e ciascun geofono, opportunamente spaziato lungo un profilo.

La velocità di propagazione dell'onda sismica dipende dalle caratteristiche elastiche del sottosuolo e dalla sua conformazione; la relazione tra velocità dell'onda e distanza sorgente-geofono (dromocrona) consente - applicando una serie di formule matematiche - di risalire agli spessori degli strati esistenti nel sottosuolo.

APPARECCHIATURA UTILIZZATA - SISMOGRAFO PER RIFRAZIONE PASI 16 S

Funzioni principali:

- Attivazione filtri: in acquisizione o post-acquisizione
- Filtri antialiasing: attivi, LPF, 6°ordine Butterworth; pend.asint.-36dB/oct (-120dB/dec); accuratezza. $\pm 1\%$ freq.di taglio
- Start acquisizione: con trigger esterno o comando software (ASAP)
- Trigger: hammer o geofono starter (7 livelli di sensibilità selezionabili via software); inibizione impulsi dovuti a rimbalzi; segnalazione di accettazione impulso
- Guadagni: tutti selezionabili via software
- Enhancement con/senza preview totale/parziale

- Marker per determinare la posizione dei punti video sulla scala dei tempi
- A.G.C. Automatic Gain Control
- Delay: Pre-trigger 0-10ms (step di 1ms); Post-trigger 0-16000ms (step di 1ms)
- Visualizzazione in wiggle-trace o area variabile
- Noise-monitor con visualizzazione “real time” a cascata
- Determinazione risorse disponibili sullo strumento in funzione dello spazio libero su disco
- Trace-size automatica o manuale per ogni canale
- Registrazione automatica delle acquisizioni
- Scaricamento dati a PC via porta seriale tramite software dedicato PCLINK32
- Scaricamento dati a periferiche con collegamento su porta parallela (es. I/Omega ZIP o JAZZ)
- Calibrazioni automatiche : doppia taratura offset, taratura ingressi su tensione di riferimento, taratura guadagno
- Codifica dati in formato SEG-2

Caratteristiche tecniche

Processore: Pentium 266 Intel

Trattamento dati: Floating Point 32-bit

Ambiente operativo: Windows©

Interfaccia multilingue: Italiano,Inglese,Francese,Spagnolo,etc.

Numero canali: 24

Puntamento: VersaPoint Mouse

Display: VGA a colori in LCD-TFT 10.4"

Supporto di memorizzazione: Hard-Disk 3.2 Gb

Risoluzione di acquisizione: 24bit con sovracampionamento e post-processing

Stampante (opzionale): Seiko DPU-414 thermal printer

Porte dati esterne: RS232, parallela, stampante

Sensore ambiente interno: temperatura

Protezioni termiche: prevenzione e controllo surriscaldamenti interni (warning sul display e blocco)

Compatibilità dati acquisiti: SEG-2

Connettori cavo geofoni: standard NK-27-21C

Alimentazione: 12VDC (batteria esterna su richiesta); allarme di batteria scarica

Temperatura di funzionamento: 0°C ÷ 55°C:

Umidità: 5% ÷ 90%, non condensante

Dimensioni fisiche: 50x40x22cm (valigia antiurto)

Peso: 16 kg

GEOFONI

Sono stati utilizzati 12 geofoni orizzontali (per le onde SH) per la sismica a rifrazione.

Sono di tipo elettromagnetico a bobina mobile. Tali dispositivi convertono il movimento del suolo causato dall'energizzazione in tensione. Ogni geofono è collegato, tramite il cavo principale, all'acquisitore.

SORGENTE DI ENERGIA

Per realizzare i profili sismici richiesti è stato più che sufficiente energizzare con martello pesante. Ciò dipende anche dal fatto che l'acquisitore possiede un'elevata dinamica e un potente sistema di amplificazione del segnale sismico.

TRIGGER

Come sistema di trigger per fornire il tempo zero all'acquisitore, è stato utilizzato un accelerometro piezoelettrico posto in corrispondenza della testa del martello pesante (con sensibilità settabile attraverso il sismografo)

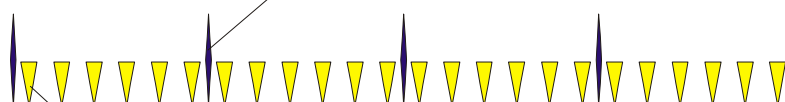
CONFIGURAZIONE DELLE LINEE SISMICHE

Punti di energizzazione:

Per ogni base sismica (profilo) sono state effettuate cinque registrazioni (scoppi o tiri) equidistanti, secondo il seguente schema:



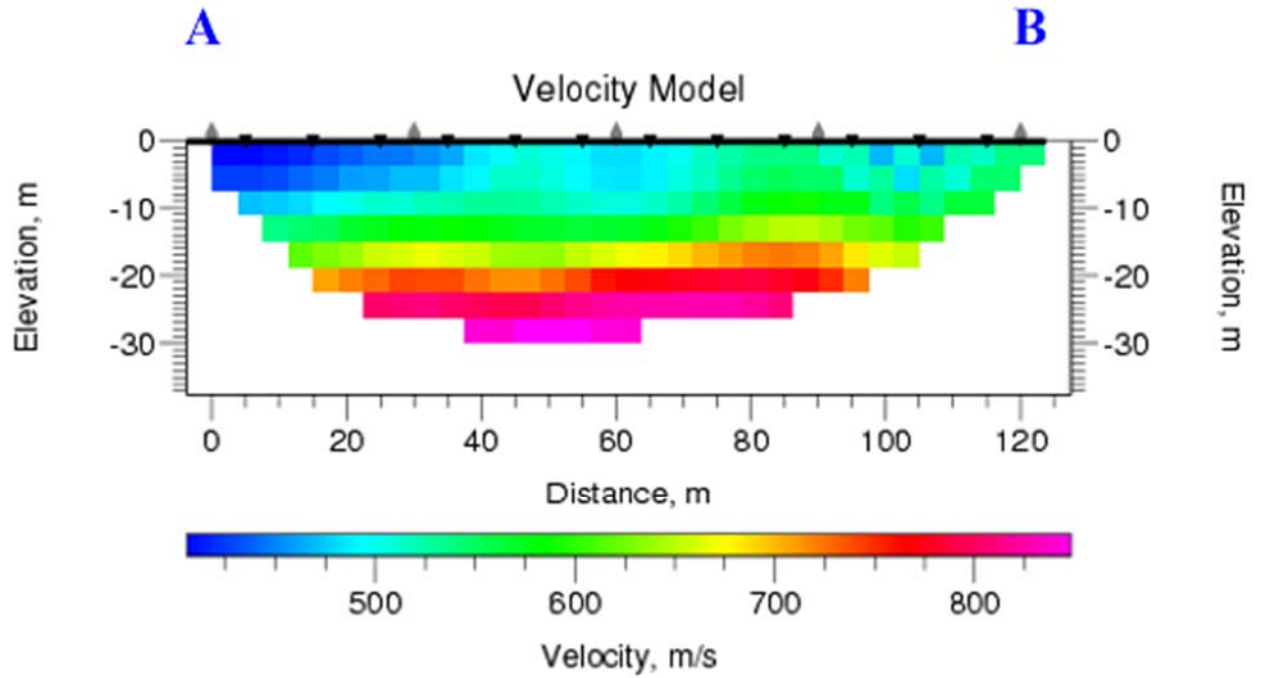
Punti di energizzazione



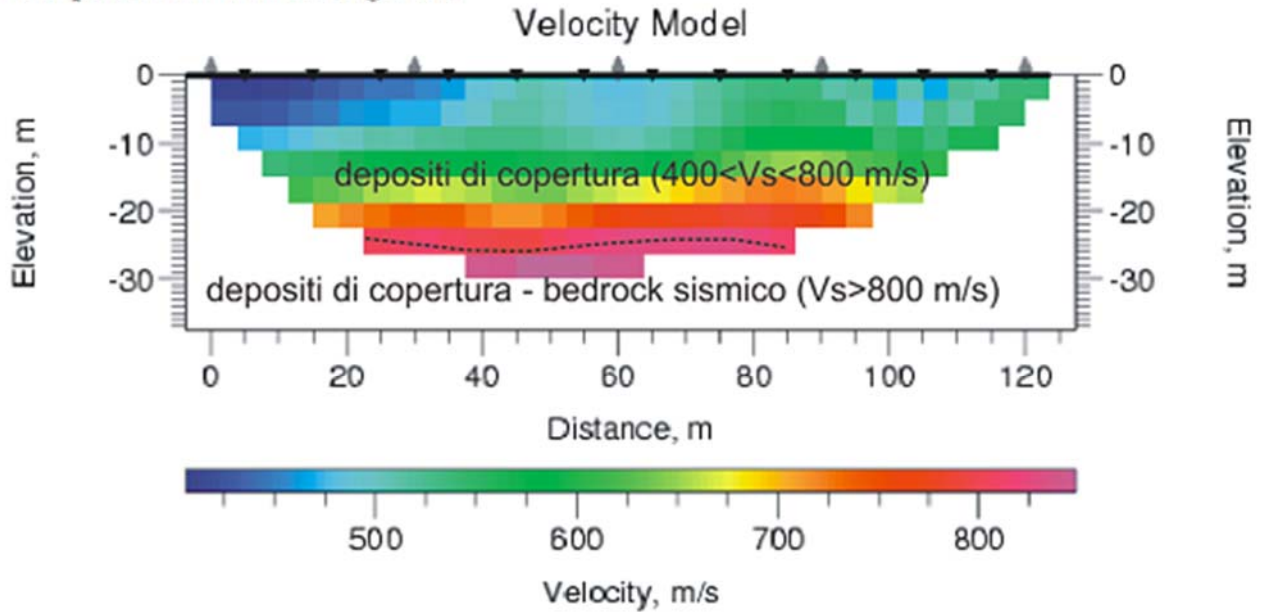
Geofoni

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE onde SH: TOMOGRAFIA

Sezione A – B onde SH: Modello di velocità (modello multistrato)

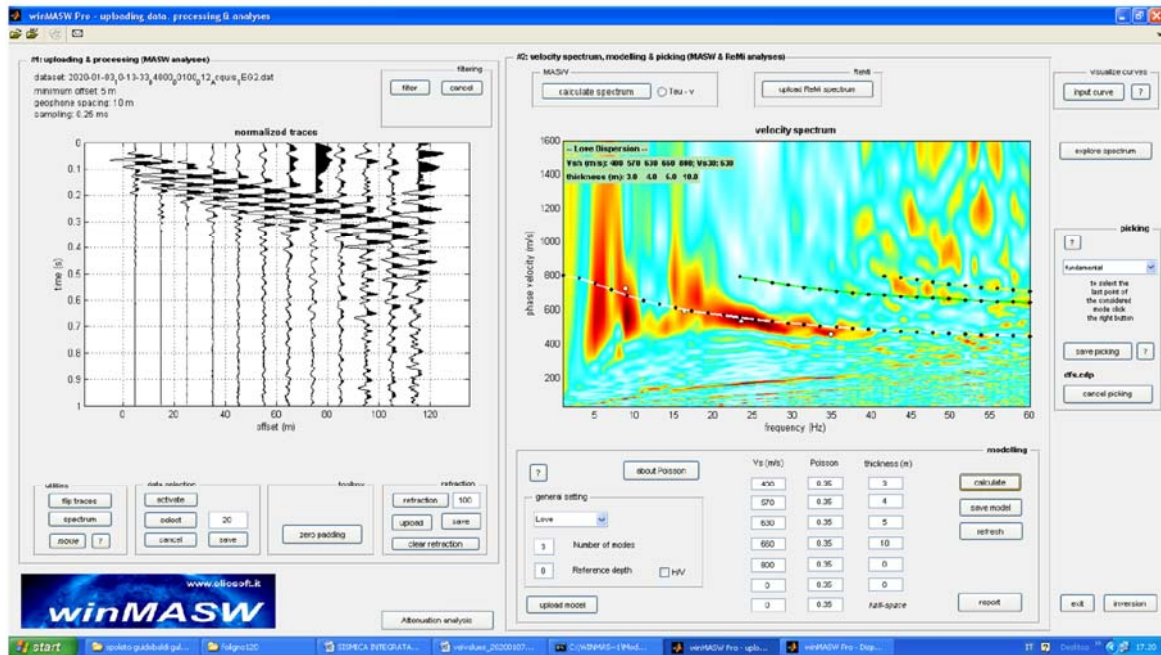


Interpretazione sismostratigrafica



INDAGINI MASW IN ONDE DI LOVE

L'indagine MASW è stata effettuata a carattere puramente qualitativo (a causa dei limiti stessi dell'indagine), per trovare o meno conferma dei dati di sismica a rifrazione Sh. I dati mettono in evidenza che non sono presenti inversioni di Vs con la profondità.



Analisi dei dati con tecnica MASW del profilo A-B onde di Love

I dati Masw in onde di Love confermano quanto emerso dal profilo di sismica a rifrazione in onde Sh.

Le Vs aumentano con la profondità in modo graduale, senza presentare particolari contrasti di rigidità sismica né inversioni.

In base a quanto prescritto dalle NTC 2018 i depositi possono essere associati ad una categoria di sottosuolo di tipo B.

INDAGINI RELATIVE ALLA MISURA DI MICROTREMORI A STAZIONE SINGOLA, CON TECNICA DI ANALISI HVSR

Al fine della determinazione della frequenza di risonanza di sito in base a rapporti H/V e della determinazione della sismo stratigrafia fino al bedrock sismico (attraverso opportuna inversione vincolata), sono state effettuate n. 3 misure di rumore, utilizzando un geofono professionale con frequenza di risonanza di 0.2 Hz (Lennartz 2D/5s).

CENNI TEORICI SUL METODO HVSR

Le vibrazioni sismiche ambientali (chiamate anche rumore sismico) sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-2} mm (Okada, 2003).

In riferimento al contenuto in frequenza, il rumore sismico è anche chiamato microtremore se contiene alte frequenze (in genere maggiori di 0.5 Hz) e microsisma per basse frequenze.

Per quanto riguarda l'origine del rumore sismico, è certo che le sorgenti dei microsismi sono le perturbazioni atmosferiche sugli oceani che si propagano come onde superficiali sui continenti, mentre le sorgenti dei microtremori sono le attività antropiche come il traffico veicolare, le attività industriali etc. e si propagano come onde superficiali di Rayleigh.

In relazione agli effetti di sito, l'analisi delle misure di rumore sismico può essere condotta con tre metodi:

- Spettri di Fourier; Rapporti spettrali; Rapporti spettrali H/V.

Tra questi quello che sembra fornire i risultati migliori è quello dei Rapporti spettrali H/V noto anche come metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) o metodo di Nakamura .

RISULTATI DELLE INDAGINI HVSR (MISURA DI MICROTREMORI)

ANALISI DATI HVSR 01

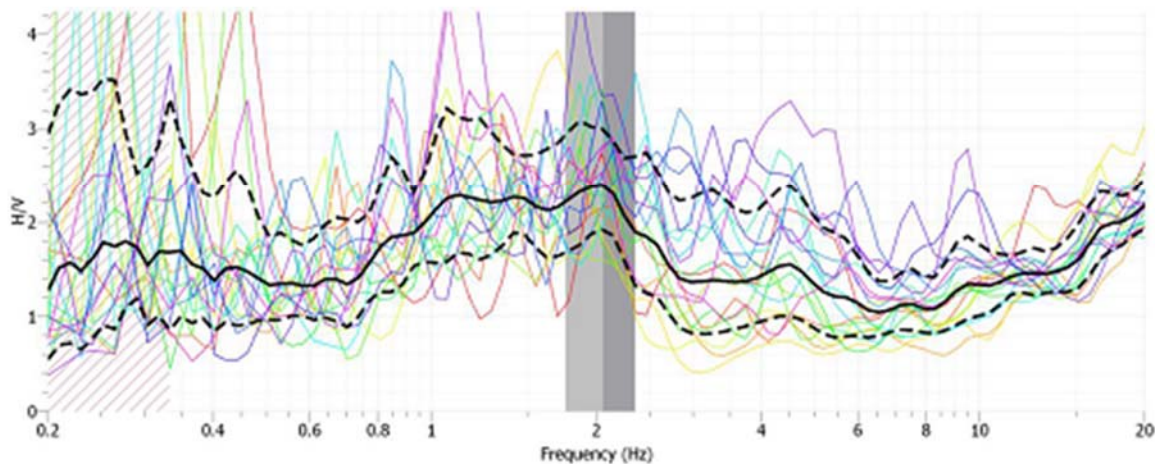
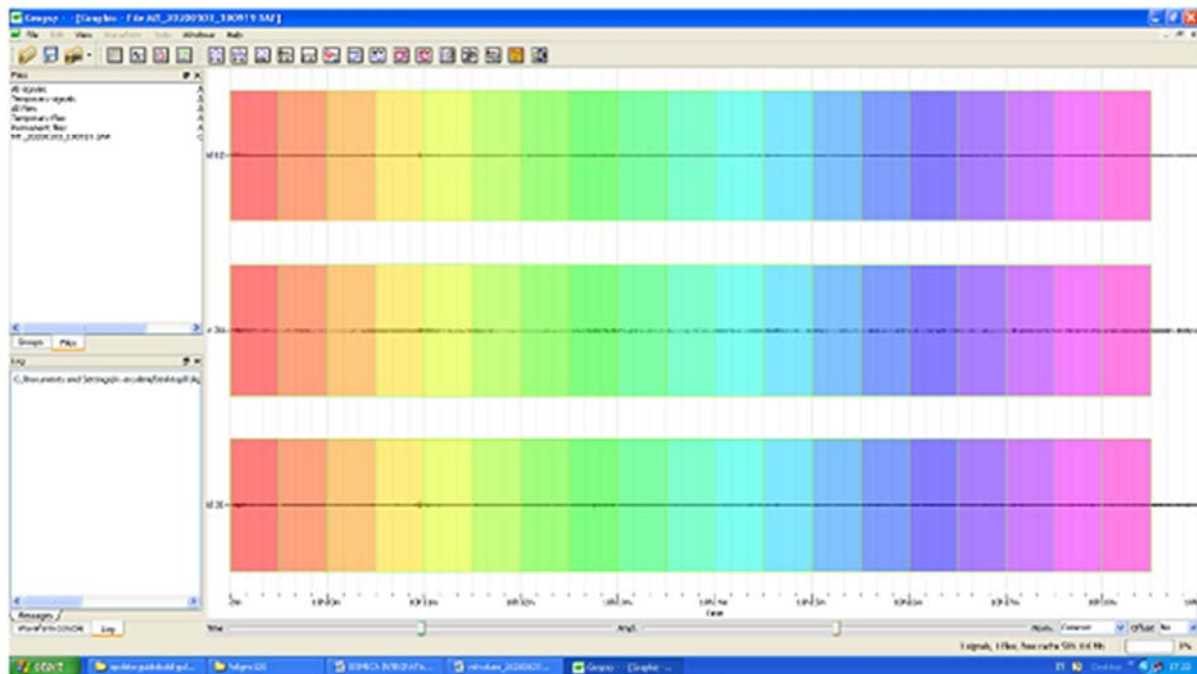


Grafico F-H/V 01. Lo spettro risulta “piatto” per tutto il range di frequenze di interesse ingegneristico. Tale fattore è associabile all’assenza di un netto contrasto di rigidità sismica superficiale. La frequenza di risonanza dei terreni risulta di circa 2 Hz



Sismogramma acquisito e finestre prese in esame per l’HVSR 01

ANALISI DATI HVSR 02

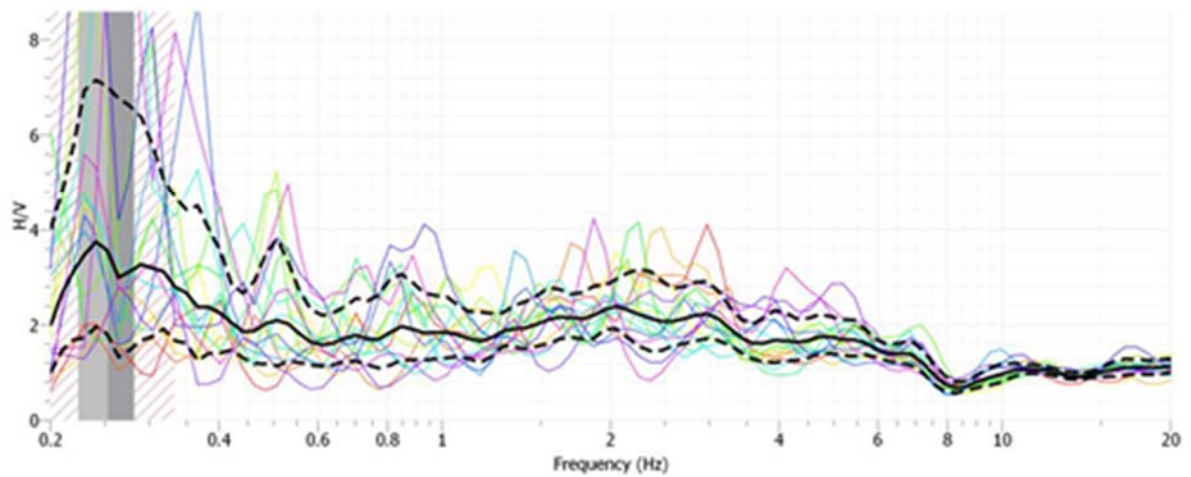
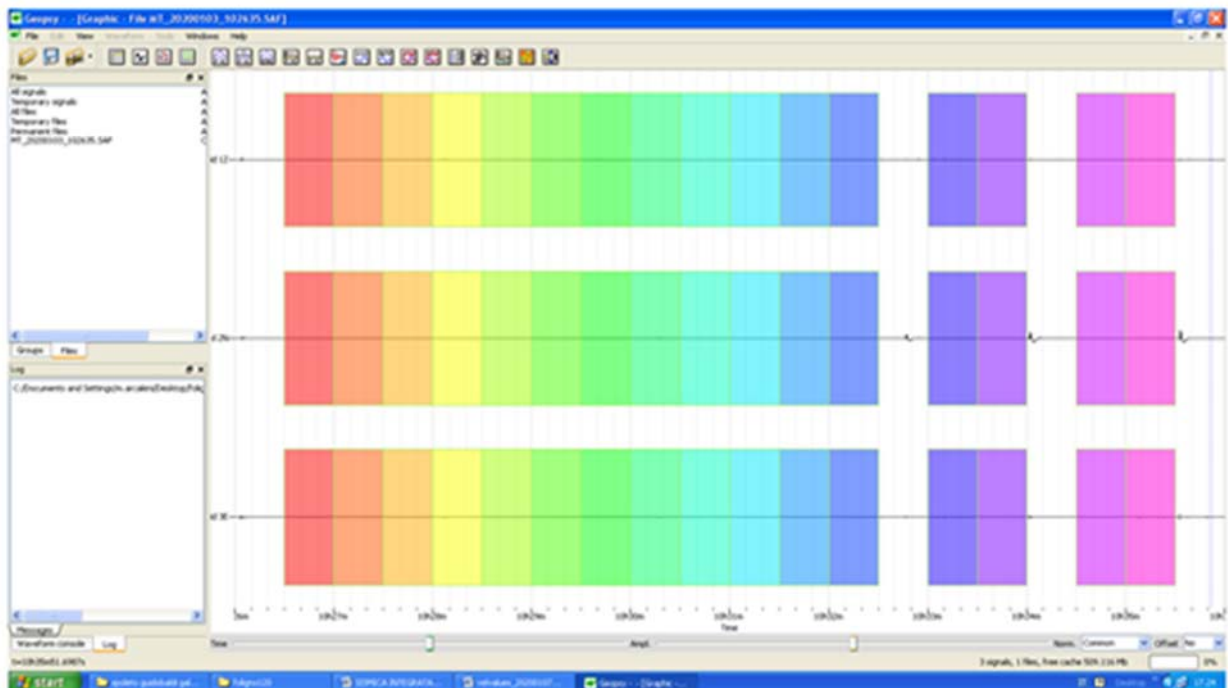


Grafico F-H/V 02. Lo spettro risulta “piatto” per tutto il range di frequenze di interesse ingegneristico. Tale fattore è associabile all’assenza di un netto contrasto di rigidità sismica superficiale.



Sismogramma acquisito e finestre prese in esame per l’HVSr 02

ANALISI DATI HVSr 03

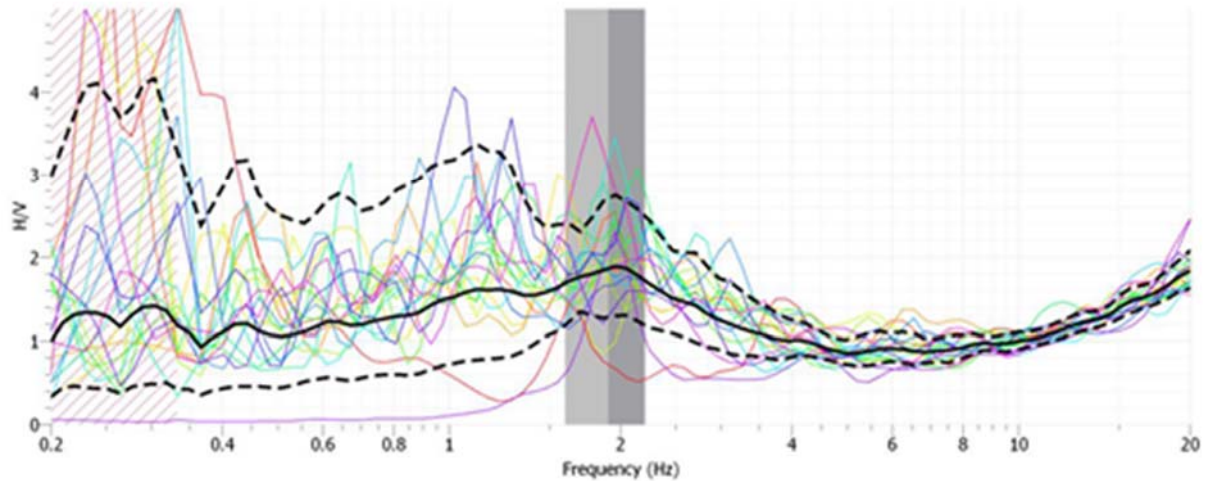



Grafico F-H/V 03. Lo spettro risulta “piatto” per tutto il range di frequenze di interesse ingegneristico. Tale fattore è associabile all’assenza di un netto contrasto di rigidità sismica superficiale. La frequenza di risonanza dei terreni risulta di circa 2 Hz



Sismogramma acquisito e finestre prese in esame per l’HVSr 03

TABELLA DI RIFERIMENTO PER MISURE DI RUMORE DI FONDO CON TECNICA HVSR

RIF. ARCHIVIO: 03/01/2020		SITO: Foligno		ORA: 10.00 – 11.00		
OPERATORI: Arcaleni		GPS – SISTEMA DI RIFERIMENTO: WGS 84				
HVSR 01 LAT.: 42.940068°		HVSR 01 LONG.: 12.720369°		ALT.:		
HVSR 02 LAT.: 42.939772°		HVSR 02 LONG.: 12.719674°				
HVSR 03 LAT.: 42.940195°		HVSR 03 LONG.: 12.718923°				
TIPO DI STAZIONE: 24 BIT.		TIPO DI SENSORE: LENNARTZ 3D/5S (0.2 Hz)		NOTE: SENSORE CON CERTIFICATO DI CALIBRAZIONE		
STAZ. N. 001		SENSORE N.				
NOME FILE:				PUNTO: HVSR		
FREQ. DI CAMP. (Hz): 200		INTERVALLO DI CAMP. (ms):		DURATA ACQ.(s): 600		
CONDIZIONI METEO	VENTO	<input type="checkbox"/> ASSENTE	<input type="checkbox"/> DEBOLE (>5m/s)	<input checked="" type="checkbox"/> MEDIO	<input type="checkbox"/> FORTE	
	PIOGGIA	<input checked="" type="checkbox"/> ASSENTE	<input type="checkbox"/> DEBOLE	<input type="checkbox"/> MEDIA	<input type="checkbox"/> FORTE	
TIPO SUOLO (MATERIALE SOTTO IL SENSORE)		<input type="checkbox"/> ARGILLA	<input type="checkbox"/> SABBIA	<input type="checkbox"/> GHIAIA	<input type="checkbox"/> ROCCIA	
		<input checked="" type="checkbox"/> TERRENO ASCIUTTO	<input type="checkbox"/> TERRENO BAGNATO	NOTE:		
ACCOPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE TERRENO <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SI, TIPO						
PRESENZA EDIFICI <input type="checkbox"/> NESSUNO <input type="checkbox"/> RARI <input checked="" type="checkbox"/> MOLTI DISTANZA						
TRANSIENTI	NESSUNO	POCHI	MODERATI	MOLTI	MOLTISSIMI	DIREZ/DIST (M)
AUTO				x		
CAMION				x		
PEDONI		x				
ALTRO						
SORGENTI DI RUMORE MONOCROMATICO (pompe, industrie ecc.) <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SI, TIPO						
FOTO STAZIONI DI MISURA					OSSERVAZIONI	
						

SISMOSTRATIGRAFIA DAL P.C. FINO AL BEDROCK SISMICO.

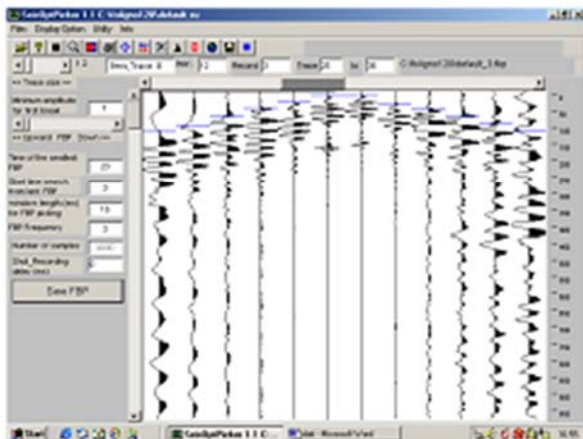
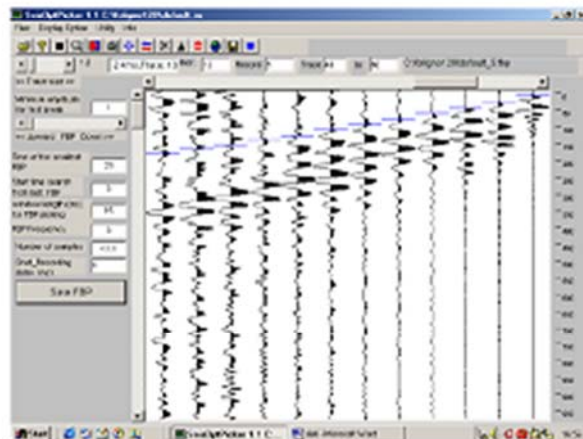
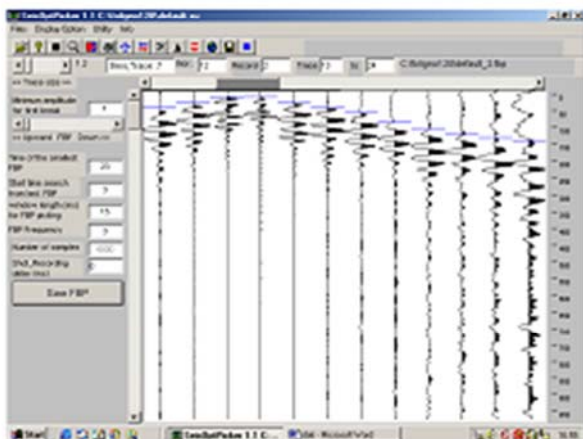
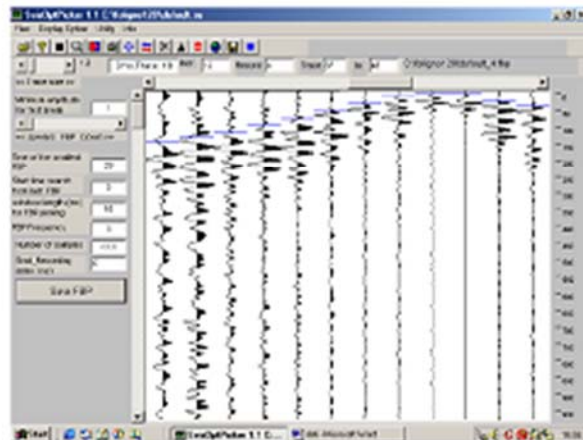
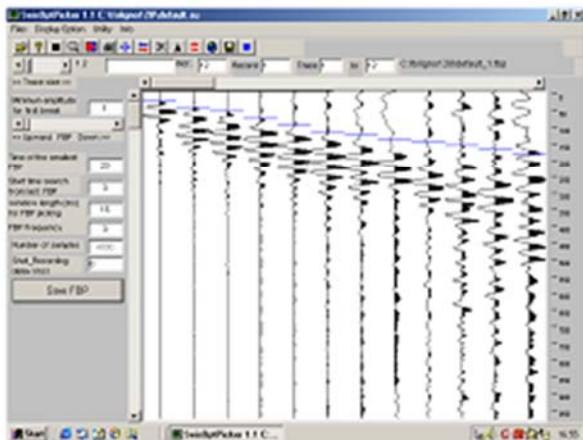
CALCOLO DEL PARAMETRO VSEQ (NTC 17/01/18)

vs	spessore	h/vs	H substrato	Vseq
419	3,75	0,0089499	22,5	528,4812
442	3,75	0,0084842		
482	3,75	0,0077801		
546	3,75	0,0068681		
670	3,75	0,005597		
766	3,75	0,0048956		
oltre 800	oltre 22.5 m			

La sismostratigrafia si riferisce al modello generale ricavato in particolare dai dati Masw. Il badrock sismico è stato determinato alla profondità di 22.5 m. dal p.c..

SISMOGRAMMI

Sismogrammi profilo A-B onde SH 120 m



METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

In funzione dei dati acquisiti ex novo e dei dati esistenti, si ritiene che allo stato attuale le conoscenze e le informazioni siano affidabili e ben rappresentative della situazione geologica-geofisica del sito.

Si ritiene tuttavia che un eventuale maggior approfondimento delle conoscenze del sito, da un punto di vista geofisico, possa pervenire dalle singole risposte sismiche locali, da realizzare in fase di progetto esecutivo, elaborate per ogni singolo fabbricato.

In questa fase, i Fattori di Amplificazione Sismica sono stati ricavati integrando, in modo critico, i dati esistenti e quelli acquisiti ex novo.

La media delle Vs delle coperture e la profondità del bedrock sismico sono state determinate sulla base delle analisi dei dati acquisiti ex novo tramite un indagine di sismica a rifrazione in onde SH integrate con indagini MASW, e n. 3 misure di rumore di fondo a stazione singola con analisi HVSR.

In base ai sondaggi a carotaggio continuo con SPT in foro è stata determinata la natura dei materiali che costituiscono la copertura.

Nella microzonazione di livello 2 si fa riferimento ad un livello di scuotimento caratterizzato da una probabilità di superamento del 10% in 50 anni ovvero un $T_r = 475$ anni che corrisponde nel caso specifico ad una accelerazione sismica $a_g(g) = 0,232$.

Tenendo conto dell'accelerazione sismica $a_g(g)$ di riferimento per la scelta degli abachi, in assenza di abachi regionali, sono stati utilizzati (0.26 g) quelli più prossimi all' a_g di sito.

Per la scelta degli abachi in base alla litologia, è stato considerato che l'area è caratterizzata da terreno granulari.

Nel sito non risultano presenti zone di instabilità di versante, non risulta soggetta a rischio di liquefazione dei terreni, come evidenziato nel paragrafo dedicato, ne risultano faglie attive e capaci affioranti.

Nella tavola grafica allegata alla presente relazione, sono riportate le varie cartografie che compongono la microzonazione di livello 2, ovvero la Carta Geologico Tecnica comprensiva dell'ubicazione indagini, la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) e la Carta di Microzonazione Sismica di Livello II.

FATTORE DI AMPLIFICAZIONE (LIVELLO 2)

Per il sito oggetto di studio, su cui sono state condotte indagini specifiche e per cui si hanno conoscenze sufficienti, sono stati determinati i fattori di amplificazione FA ed FV attraverso l'utilizzo degli abachi.

In funzione del profilo di velocità delle Vs, sono stati scelti gli abachi con profilo di velocità variabile linearmente con pendenza intermedia fra costante e massima.

Viene inoltre definita una Vsh sulla base di un valore di Vsequ misurato con indagine MASW di circa 528 m/s, in funzione di un deposito di copertura del substrato con uno spessore stimato H di circa 22.5 mt.

Il dato che si ottiene tramite l'utilizzo del relativo abaco più prossimo al valore di campagna è di Vsh = 500 m/s.

Vengono considerati gli abachi riferiti ad un valore di a_g (g) di 0,26, valore più vicino a quello corrispondente all'accelerazione sismica $a_g = 0,232$ per $T_r = 475$ anni che costituisce il parametro di pericolosità sismica di base.

Si determina un FA di 1.39 (che rientra nell'intervallo 1.3-1.4) ed un FV di 1.12 (che rientra nell'intervallo 1.1-1.2) per la zona 1 delle MOPS .

Fattore di amplificazione		Tipo di terreno		a_s (g)		Profilo di velocità				
FA		Ghiaia		0.26g		Lineare pendenza intermedia				
H		V_w (m/s)								
		150	200	250	300	350	400	450	500	600
5	-	1.80	1.74	1.60	1.38	1.21	1.10	1.05	1.01	1.01
10	-	-	2.02	1.70	1.47	1.33	1.25	1.17	1.06	1.02
15	-	-	-	1.93	1.69	1.51	1.37	1.25	1.12	1.04
20	-	-	-	1.97	1.79	1.62	1.47	1.35	1.18	1.06
25	-	-	-	1.87	1.79	1.64	1.51	1.39	1.21	1.08
30	-	-	-	1.74	1.69	1.62	1.50	1.40	1.22	1.09
35	-	-	-	1.59	1.60	1.54	1.48	1.39	1.22	1.09
40	-	-	-	1.50	1.52	1.48	1.41	1.36	1.21	1.09
50	-	-	-	1.42	1.39	1.32	1.31	1.27	1.17	1.07
60	-	-	-	1.33	1.33	1.30	1.22	1.18	1.12	1.04
70	-	-	-	-	1.27	1.26	1.22	1.15	1.06	1.00
80	-	-	-	-	1.21	1.20	1.19	1.15	1.04	0.98
90	-	-	-	-	1.14	1.15	1.15	1.12	1.04	0.96
100	-	-	-	-	1.08	1.10	1.11	1.09	1.03	0.95
110	-	-	-	-	1.02	1.06	1.06	1.05	1.01	0.95
120	-	-	-	-	0.97	1.01	1.03	1.03	0.99	0.93
130	-	-	-	-	0.91	0.97	0.99	0.99	0.97	0.92
140	-	-	-	-	0.91	0.94	0.96	0.97	0.94	0.91
150	-	-	-	-	0.87	0.91	0.93	0.94	0.93	0.89

Fattore di amplificazione		Tipo di terreno		a_s (g)		Profilo di velocità				
FY		Ghiaia		0.26g		Lineare pendenza intermedia				
H		V_w (m/s)								
		150	200	250	300	350	400	450	500	600
5	-	1.05	1.04	1.02	1.02	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00
10	-	-	1.17	1.07	1.04	1.03	1.02	1.02	1.01	1.00
15	-	-	-	1.24	1.14	1.09	1.05	1.03	1.02	1.01
20	-	-	-	1.53	1.28	1.18	1.11	1.08	1.03	1.01
25	-	-	-	1.81	1.47	1.29	1.19	1.12	1.07	1.02
30	-	-	-	2.06	1.65	1.42	1.28	1.19	1.09	1.03
35	-	-	-	2.25	1.84	1.54	1.37	1.25	1.11	1.04
40	-	-	-	2.29	1.96	1.66	1.46	1.32	1.14	1.07
50	-	-	-	2.12	2.02	1.80	1.59	1.43	1.21	1.09
60	-	-	-	2.10	1.86	1.79	1.65	1.49	1.26	1.11
70	-	-	-	-	1.88	1.68	1.61	1.51	1.29	1.12
80	-	-	-	-	1.88	1.69	1.53	1.46	1.29	1.13
90	-	-	-	-	1.91	1.69	1.54	1.41	1.27	1.13
100	-	-	-	-	1.88	1.69	1.53	1.43	1.24	1.09
110	-	-	-	-	1.84	1.68	1.53	1.41	1.22	1.09
120	-	-	-	-	1.77	1.68	1.53	1.40	1.23	1.10
130	-	-	-	-	1.74	1.64	1.53	1.42	1.23	1.10
140	-	-	-	-	1.73	1.60	1.51	1.42	1.22	1.10
150	-	-	-	-	1.74	1.57	1.48	1.40	1.23	1.09

6 STIMA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Per il sito in oggetto in ottemperanza alle nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni (NTC18) è stata valutata la necessità di eseguire la verifica della suscettibilità dei terreni alla liquefazione.

La normativa prevede che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura (a), nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Figura (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$. Figura (b)

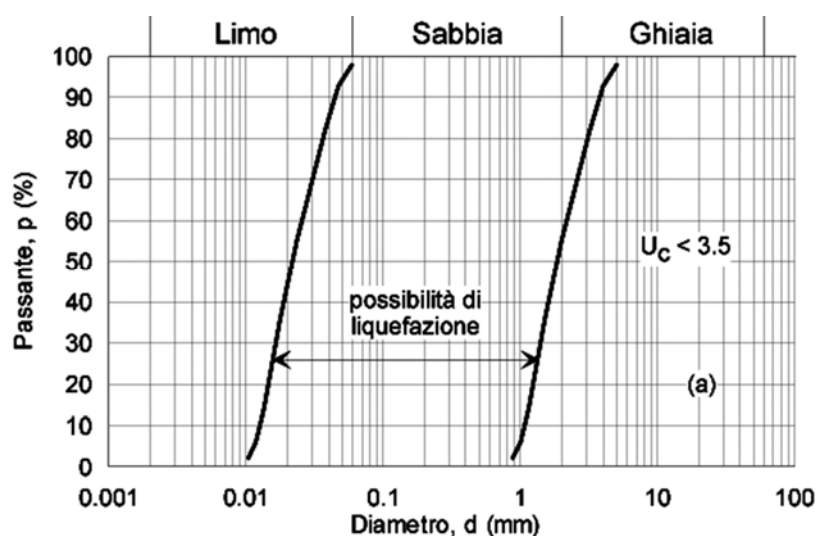


Figura (a)

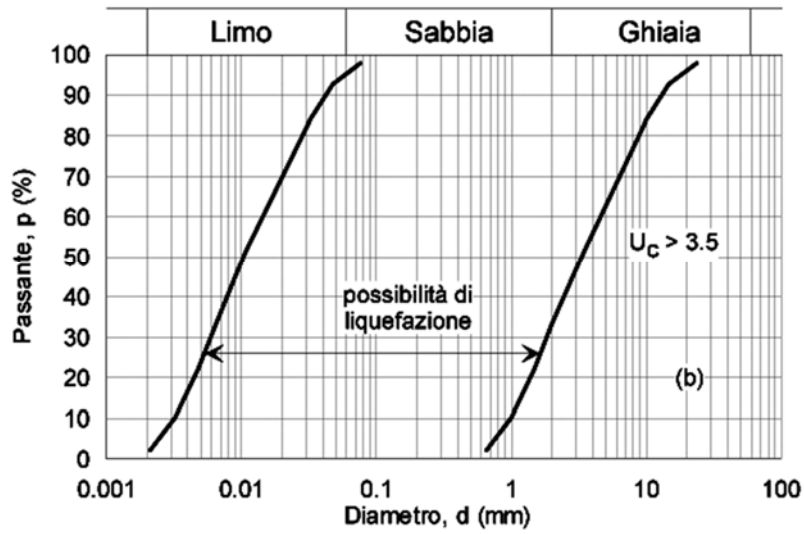


Figura (b)

Per il sito in oggetto, visto che il livello della falda idrica locale è individuabile a profondità maggiori di 18 m dal piano campagna è stata omessa la verifica della suscettibilità dei terreni di fondazione alla liquefazione in base a quanto riportato nel precedente punto 2.

7 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

Dal sopralluogo effettuato sul sito di interesse nonché sulla base dei risultati delle indagini sia dirette che indirette eseguite sull'area, per il progetto di Variante all'ambito urbano di trasformazione n. 32 denominato "San Benedetto", è possibile effettuare le seguenti considerazioni conclusive:

- L'esame della cartografia tematica, quale il progetto IFFI (*Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia*), e le tavole di PRG, evidenziano per il sito e l'area circostante l'**assenza** di indizi o fenomeni di instabilità gravitativa da compromettere l'equilibrio della zona, né tantomeno la realizzazione degli interventi in progetto comprometterà le suddette condizioni di stabilità dell'area.
- I terreni presenti al di sotto dell'attuale piano campagna, sono costituiti da sabbie e ghiaie con scarsa matrice limosa.
- La falda idrica locale è posta ad una profondità superiore ai **18.0m** dal piano campagna e tale da non poter interferire, con le sue oscillazioni stagionali, alle operazioni di progetto.
- Date le caratteristiche geologiche, geomorfologiche dell'area e, in base al OPCM 3274/2003, il sito in oggetto rientra in zona sismica 1, con profilo di terreno tipo **B** e caratteristiche della superficie topografica **T 1**. Le indagini ed i rilievi considerati hanno permesso di attribuire al suolo una velocità **Vs 30 eq= 528 m/sec**.
- Dall'applicazione del D.M. del 17/01/2018 è stata attribuita all'opera una vita nominale **V_N ≥ 50 anni** ed una *classe d'uso II* alla quale corrisponde una **C_U = 1**.
- L'individuazione del sito secondo le sue coordinate geografiche ha poi consentito di calcolare i valori di **a_g; F₀ e TC*** necessari per la determinazione della pericolosità sismica

13 maggio 2023

locale e di conseguenza dell'azione sismica indispensabile per la determinazione dei seguenti parametri:

- spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali;
 - spettro di risposta elastico della componente verticale;
 - spettri di progetto delle componenti orizzontali per lo stato limite di danno;
 - spettro di progetto della componente verticale per lo stato limite di danno.
- In base allo studio di microzonazione sismica, redatto in base all'OPCM 3274/03, all'Ordinanza 3519/06, alla D.G.R. 377/10 e agli indirizzi di microzonazione sismica, emerge che l'area di studio è classificata come “Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali” con $FA = 1.39$ e $FV = 1.12$.
 - Si resta a disposizione per ulteriori chiarimenti.

In considerazione di quanto detto è possibile attestare la completa fattibilità dell'intervento di cui all'oggetto in quanto esso non comporta un aumento del grado di vulnerabilità dell'area, né produce aggravamento alcuno alle condizioni di rischio e/o pericolosità del territorio circostante.

Spello li 13 maggio 2023

Dott. Geologo MANNI EMANUELE



The stamp is circular with a purple border. The text inside the stamp reads: "ORDINE DEI GEOLOGI", "DOTT. GEOLOGO", "MANNI EMANUELE", "ALBO 375", and "DELLA REGIONE UMBRIA". A blue ink signature of Emanuele Manni is written over the stamp.

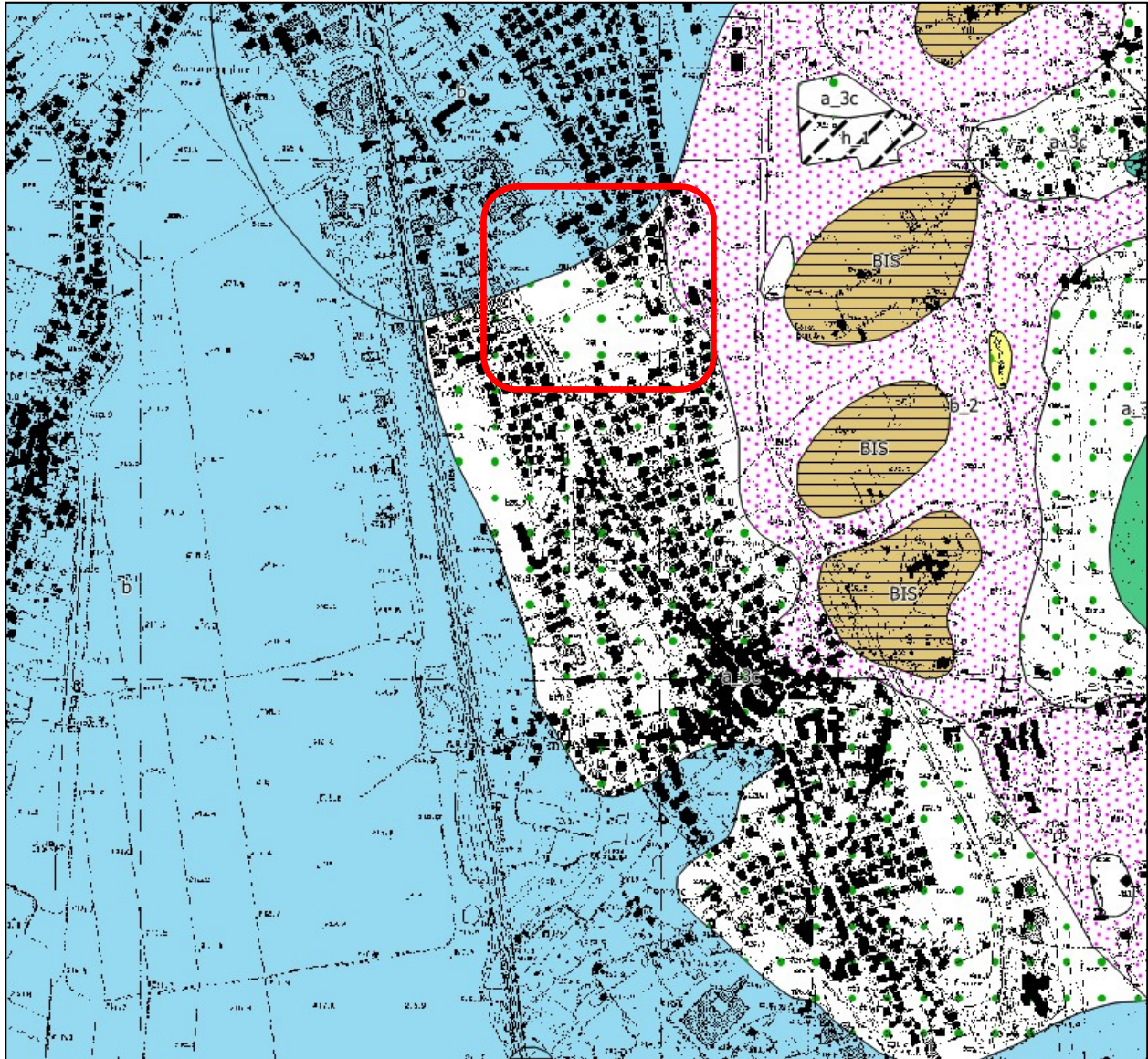
ALLEGATI

PLANIMETRICI & TECNICI



STRALCIO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

SCALA 1:10.000



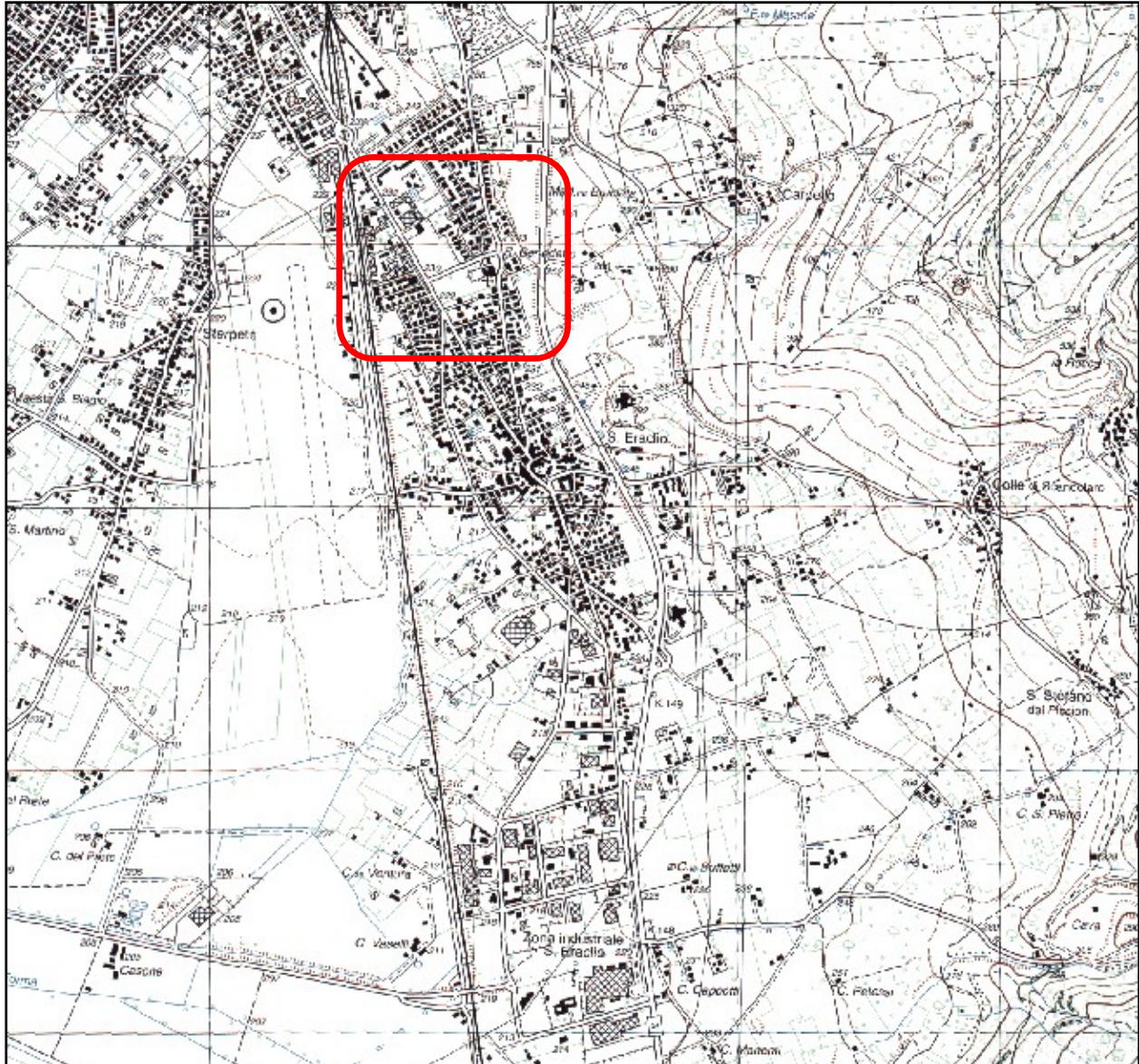
LUOGO DI INTERESSE PROGETTUALE



Loc. Sant'Eraclio - Foligno
Estratto da : PROGETTO CARG – REGIONE UMBRIA

COROGRAFIA TOPOGRAFICA I.G.M.

SCALA 1:25.000



LUOGO DI INTERESSE PROGETTUALE

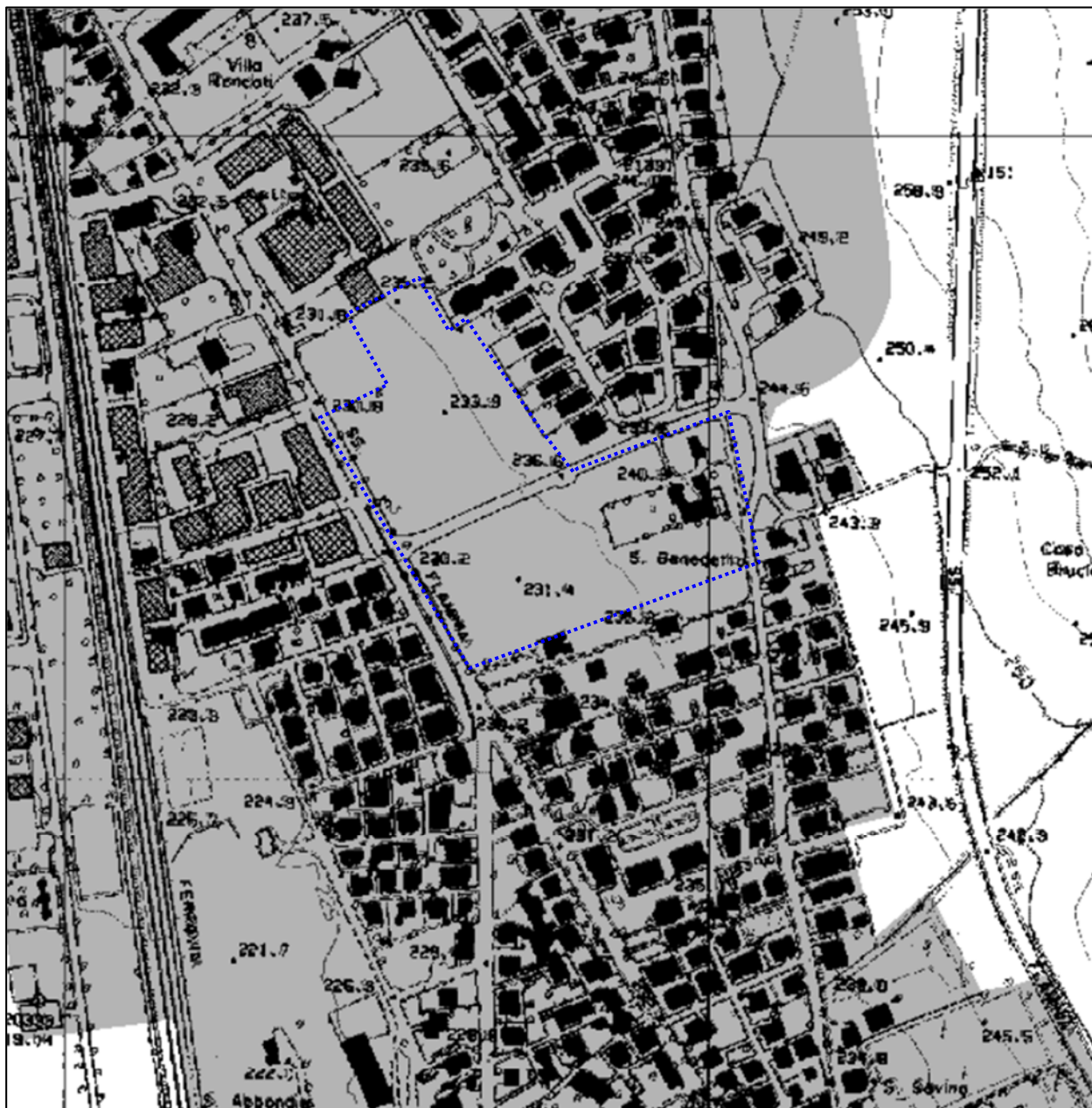


Loc. Sant'Eracleo - Foligno

TAVOLETTA "FOLIGNO" QUADRANTE I° NO – FOGLIO N. 131 DELLA CARTA D'ITALIA I.G.M.

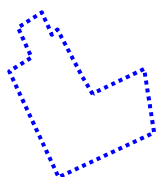
STRALCIO PLANIMETRICO CTR

ELEMENTO 324051 SCALA 1:5.000



LUOGO DI INTERESSE PROGETTUALE

loc. Sant'Eraclio – FOLIGNO



INDAGINI ESEGUITE

Nell'area in esame si è proceduto alla realizzazione di una campagna di indagini, ubicate come da Tavola allegata, consistenti in tre sondaggi a carotaggio continuo e sette prove penetrometriche dinamiche pesanti, sette saggi geognostici.

Di seguito si riportano le successioni stratigrafiche rinvenute nelle indagini considerate:


SONDAGGIO A



dal p.c. a 2,50 mt. di prof.: riporto naturale e suolo;

da 2,50 a 8,50 mt. di prof.: ghiaia fine limosa addensata;

da 8,50 a 10,00 mt. di prof.: ghiaia sabbiosa media, molto addensata.

		Committente: M UNO s.r.l.						SONDAGGIO A				
		Località: SAN BENEDETTO, Foligno						Dicembre 2019				
		Opera: Piano attuativo ed esecutivo						Scala 1:50				
Perforazione:				Φ iniz. mm Φ fin. mm		Operatore: Perfora srls		GEOLOGO: DOTT. GEOL. FILIPPO GUIDOBALDI				
nv mm ϕ	Quote mt.		POTENZA STRATI	unità 1,0 mt	SCHEMA STRATIGRAFICO	DESCRIZIONE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA	falda mt	strum. instal.	rec. %	Kg/cmq		SPT _o Camp (I)nd.(R)im. (Mt)
	Absolute s.l.m.	Relative al p.c.								Pocket σ	Vane τ	
				0,50		Ripporto naturale e suolo;						
				1,00								
				1,50								
				2,00								
				2,50								
		2,50		3,00								
				3,50								
				4,00								SPT 4.20-4.65 20/29/28
				4,50								
				5,00								
				5,50		Ghiaia fine limosa addensata						
				6,00								
				6,50								SPT 6.20-6.65 22/23/26
				7,00								
				7,50								
				8,00								
				8,50								
		8,50		9,00								
				9,50		Ghiaia sabbiosa media molto addensata						
				10,00								SPT 9.00-9.28 35/R13 cm

Dott. Geologo Manni Emanuele

SONDAGGIO A




dal p.c. a 1,20 mt. di prof.: riporto naturale e suolo;

da 1,20 a 4,50 mt. di prof.: ghiaia fine limosa moderatamente addensata;

da 4,50 a 6,20 mt. di prof.: ghiaia fine limosa addensata;

da 6,20 a 10,00mt. di prof.: ghiaia sabbiosa media, molto addensata.

		Committente: M UNO s.r.l.						SONDAGGIO B				
		Località: SAN BENEDETTO, Foligno						Dicembre 2019				
		Opera: Piano attuativo ed esecutivo						Scala 1:50				
Perforazione:				Φ iniz. mm Φ fin. mm		Operatore: Perfora srls		GEOLOGO: DOTT. GEOL. FILIPPO GUIDOBALDI				
nv mm ϕ	Quote mt.		POTENZA STRATI	unità 1,0 mt	SCHEMA STRATIGRAFICO	DESCRIZIONE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA	falda mt	strum. instal.	rec. %	Kg/cmq		SPT _o Camp (I)nd. (R)im. (Mt)
	Absolute s.l.m.	Relative al p.c.								Pocket σ	Vane τ	
				0,50		Riporto naturale e suolo;						
		1,20		1,00								
				1,50								
				2,00								
				2,50								
				3,00		Ghiaia fine in matrice limosa moderatamente addensata						
				3,50								
				4,00								
		4,50		4,50								SPT 4.00-4.45 23/13/13
				5,00								
				5,50		Ghiaia fine limosa addensata						
				6,00								
		6,20		6,50								SPT 6.50-6.79 30/R12 cm
				7,00								
				7,50								
				8,00								
				8,50		Ghiaia media sabbiosa molto addensata						
				9,00								
				9,50								
				10,00								SPT 9.00-9.13 R13 cm

Dott. Geologo Mani Emanuele

SONDAGGIO C




dal p.c. a 2,00 mt. di prof.: riporto naturale e suolo;

da 2,00 a 3,60 mt. di prof.: ghiaia fine limosa addensata;

da 3,60 a 6,40 mt. di prof.: ghiaia sabbiosa media, molto addensata;

da 6,40 a 10,00 mt. di prof.: ghiaia fine con limo, moderatamente addensata.

		Committente: M UNO s.r.l.						SONDAGGIO C						
		Località: SAN BENEDETTO, Foligno						Dicembre 2019						
		Opera: Piano attuativo ed esecutivo						Scala 1:50						
Perforazione:				Φ iniz. mm Φ fin. mm		Operatore: Perfora srls		GEOLOGO: DOTT. GEOL. FILIPPO GUIDOBALDI						
nv mm ϕ	Quote mt.		POTENZA STRATI	unità 1,0 mt	SCHEMA STRATIGRAFICO	DESCRIZIONE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA			falda mt	strum. instal.	rec. %	Kg/cmq		SPT o Camp (l)nd. (R)im. (Mt)
	Assolute s.l.m.	Relative al p.c.										Pocket σ	Vane τ	
				0,50		Riporto naturale e suolo;								
				1,00										
				1,50										
				2,00										
				2,50		Ghiaia fine in matrice limosa addensata							SPT 2.20-2.65 5/18/30	
				3,00										
				3,50										
				4,00										
				4,50		Ghiaia media sabbiosa molto addensata							SPT 4.40-4.95 30/40/38	
				5,00										
				5,50										
				6,00										
				6,40										
				6,50										
				7,00										
				7,50										
				8,00		Ghiaia fine con limo moderatamente addensata								
				8,50										
				9,00										
				9,50										
				10,00									SPT 8,30- 8,75 8711/12	

PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE

SCHEDA PENETROMETRO

riferimento	006-2020

Committente: **M UNO SRL**

Cantiere:

Località: **SAN BENEDETTO - FOLIGNO (PG)****DPHS - PAGANI****Pagani-Piacenza**

Sigla	DPHS - PAGANI	Denominativo o sigla dello strumento
Beta eff.	1,52	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		Massimo numero di colpi utile
Spinta		Spinta nominale strumento

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE**

DIN

1

riferimento

006-2020

Committente: **M UNO SRL**

Cantiere:

Località: **SAN BENEDETTO - FOLIGNO (PG)**

U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: **07/01/2020**

Pagina: **1**

Elaborato:

Falda:

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm ²
0,20	1	5		37
0,40	1	3		22
0,60	2	4		30
0,80	2	6		45
1,00	2	5		35
1,20	2	6		41
1,40	2	16		110
1,60	3	15		104
1,80	3	15		104
2,00	3	15		97
2,20	3	13		84
2,40	3	14		90
2,60	4	14		90
2,80	4	21		135
3,00	4	26		157
3,20	4	28		169
3,40	4	23		139
3,60	5	17		102
3,80	5	16		96
4,00	5	14		79
4,20	5	11		62
4,40	5	8		45
4,60	6	14		79
4,80	6	7		40
5,00	6	3		16
5,20	6	10		53
5,40	6	14		75
5,60	7	21		112
5,80	7	24		128
6,00	7	26		131
6,20	7	31		157
6,40	7	28		142
6,60	8	16		81
6,80	8	17		86
7,00	8	21		101
7,20	8	28		134
7,40	8	21		101
7,60	9	13		62
7,80	9	17		82
8,00	9	7		32
8,20	9	13		59
8,40	9	26		119
8,60	10	28		128
8,80	10	28		128
9,00	10	31		135
9,20	10	23		100
9,40	10	9		39
9,60	11	21		92
9,80	11	7		31
10,00	11	15		62



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

qcd = resistenza dinamica punta
Asta = numero di asta impiegata

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

DIN	1
riferimento	006-2020

Committente: **M UNO SRL**

Cantiere:

Località: **SAN BENEDETTO - FOLIGNO (PG)**

U.M.: **kg/cm²**

Scala: **1:50**

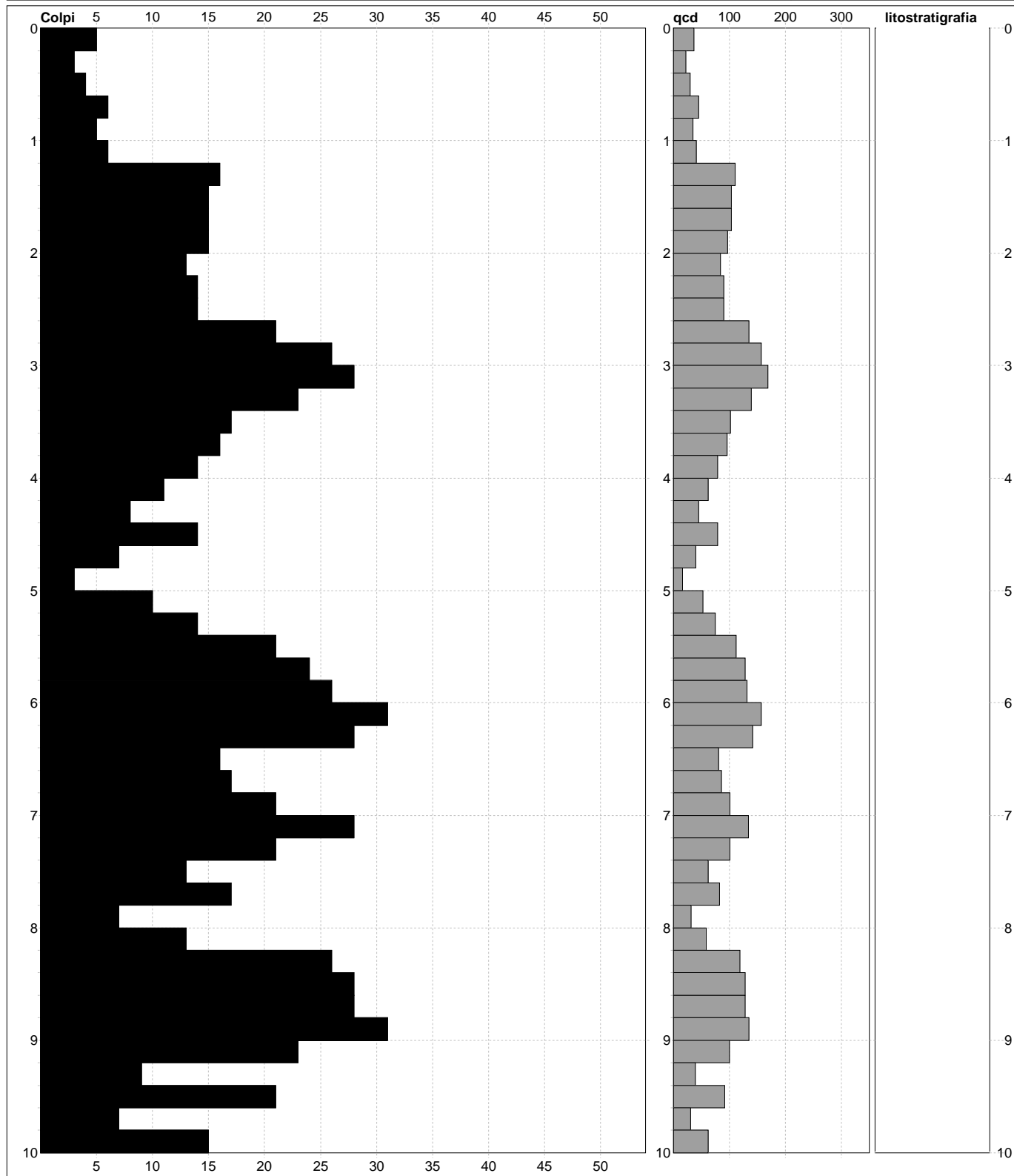
Pagina: **1**

Elaborato:

Data exec.: **07/01/2020**

Quota ass.: **Piano Campagna**

Falda:



Penetrometro: DPHS - PAGANI
 Massa battente: 63,50 m
 Altezza caduta: 0,75 m
 Avanzamento: 0,20 m

Litologia: Personalizzata
Responsabile:
Assistente:

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

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
SUDDIVISIONE GEOTECNICA**

DIN

1

riferimento

006-2020

Committente: **M UNO SRL**

Cantiere:

Località: **SAN BENEDETTO - FOLIGNO (PG)**

U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: **07/01/2020**

Pagina: **1**

Elaborato:

Falda:

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp kg/cm ²	qc kg/cm ²	Vs m/sec	G kg/cm ²	Q kg/cm ²	natura	descrizione
1	0,00 : 1,20	Media	5	1,52	7	35	32	95	57	1,75	Coes./Gran.	
2	1,20 : 2,60	Media	15	1,52	22	97	91	144	142	4,85	Coes./Gran.	
3	2,60 : 3,40	Media	25	1,52	37	150	133	188	216	7,50	Coes./Gran.	
4	3,40 : 4,20	Media	15	1,52	22	85	79	165	142	4,24	Coes./Gran.	
5	4,20 : 5,00	Media	8	1,52	12	45	41	154	88	2,25	Coes./Gran.	
6	5,00 : 5,40	Media	12	1,52	18	64	58	169	121	3,20	Coes./Gran.	
7	5,40 : 7,40	Media	23	1,52	35	117	106	215	206	5,87	Coes./Gran.	
8	7,40 : 7,80	Media	15	1,52	23	72	65	190	147	3,60	Coes./Gran.	
9	7,80 : 8,20	Media	10	1,52	15	46	41	178	105	2,28	Coes./Gran.	
10	8,20 : 9,20	Media	27	1,52	41	122	112	235	234	6,10	Coes./Gran.	
11	9,20 : 10,00	Media	13	1,52	20	56	51	194	132	2,80	Coes./Gran.	

NATURA COESIVA

NATURA GRANULARE

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm ²	Ysat t/m ³	W %	e -	Mo kg/cm ²	Dr %	ϕ °	E' kg/cm ²	Ysat t/m ³	Yd t/m ³	Mo kg/cm ²	Liq. -
1	0,00 : 1,20	7	0,44	1,86	36,00	0,97	39	25	29	245	1,90	1,45	150	---
2	1,20 : 2,60	22	1,38	2,04	23,28	0,63	73	53	34	361	2,00	1,61	309	---
3	2,60 : 3,40	37	2,31	2,10	20,20	0,55	104	72	38	477	2,09	1,74	437	---
4	3,40 : 4,20	22	1,38	2,04	23,28	0,63	73	53	34	361	2,00	1,61	309	---
5	4,20 : 5,00	12	0,75	1,92	31,20	0,84	52	38	31	284	1,94	1,52	207	---
6	5,00 : 5,40	18	1,13	2,00	26,21	0,71	65	47	32	330	1,98	1,57	275	---
7	5,40 : 7,40	35	2,19	2,10	20,20	0,55	100	70	37	461	2,08	1,73	420	---
8	7,40 : 7,80	23	1,44	2,06	22,58	0,61	75	55	34	369	2,01	1,62	318	---
9	7,80 : 8,20	15	0,94	1,96	28,61	0,77	59	43	32	307	1,96	1,54	241	---
10	8,20 : 9,20	41	2,56	2,10	20,20	0,55	112	76	39	507	2,10	1,77	471	---
11	9,20 : 10,00	20	1,25	2,02	24,71	0,67	69	50	33	345	1,99	1,59	292	---

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE**

DIN

2

riferimento

006-2020

Committente: **M UNO SRL**

Cantiere:

Località: **SAN BENEDETTO - FOLIGNO (PG)**

U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: **07/01/2020**

Pagina: **1**

Elaborato:

Falda:

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm ²
0,20	1	2		15
0,40	1	3		13
0,60	2	8		35
0,80	2	8		35
1,00	2	14		61
1,20	2	13		57
1,40	2	18		78
1,60	3	17		74
1,80	3	23		100
2,00	3	26		113
2,20	3	24		105
2,40	3	23		100
2,60	4	20		87
2,80	4	14		61
3,00	4	23		100
3,20	4	26		113
3,40	4	16		70
3,60	5	13		57
3,80	5	17		74
4,00	5	24		105
4,20	5	25		109
4,40	5	15		65
4,60	6	6		26
4,80	6	6		26
5,00	6	6		26
5,20	6	16		70
5,40	6	11		48
5,60	7	5		22
5,80	7	4		17
6,00	7	9		46
6,20	7	17		86
6,40	7	26		131
6,60	8	25		126
6,80	8	32		162
7,00	8	20		96
7,20	8	9		43
7,40	8	19		91
7,60	9	18		86
7,80	9	20		96
8,00	9	11		50
8,20	9	16		73
8,40	9	15		69
8,60	10	26		119
8,80	10	42		192
9,00	10	49		214
9,20	10	57		248



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

qcd = resistenza dinamica punta
Asta = numero di asta impiegata

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

DIN	2
riferimento	006-2020

Committente: **M UNO SRL**

Cantiere:

Località: **SAN BENEDETTO - FOLIGNO (PG)**

U.M.: **kg/cm²**

Scala: **1:50**

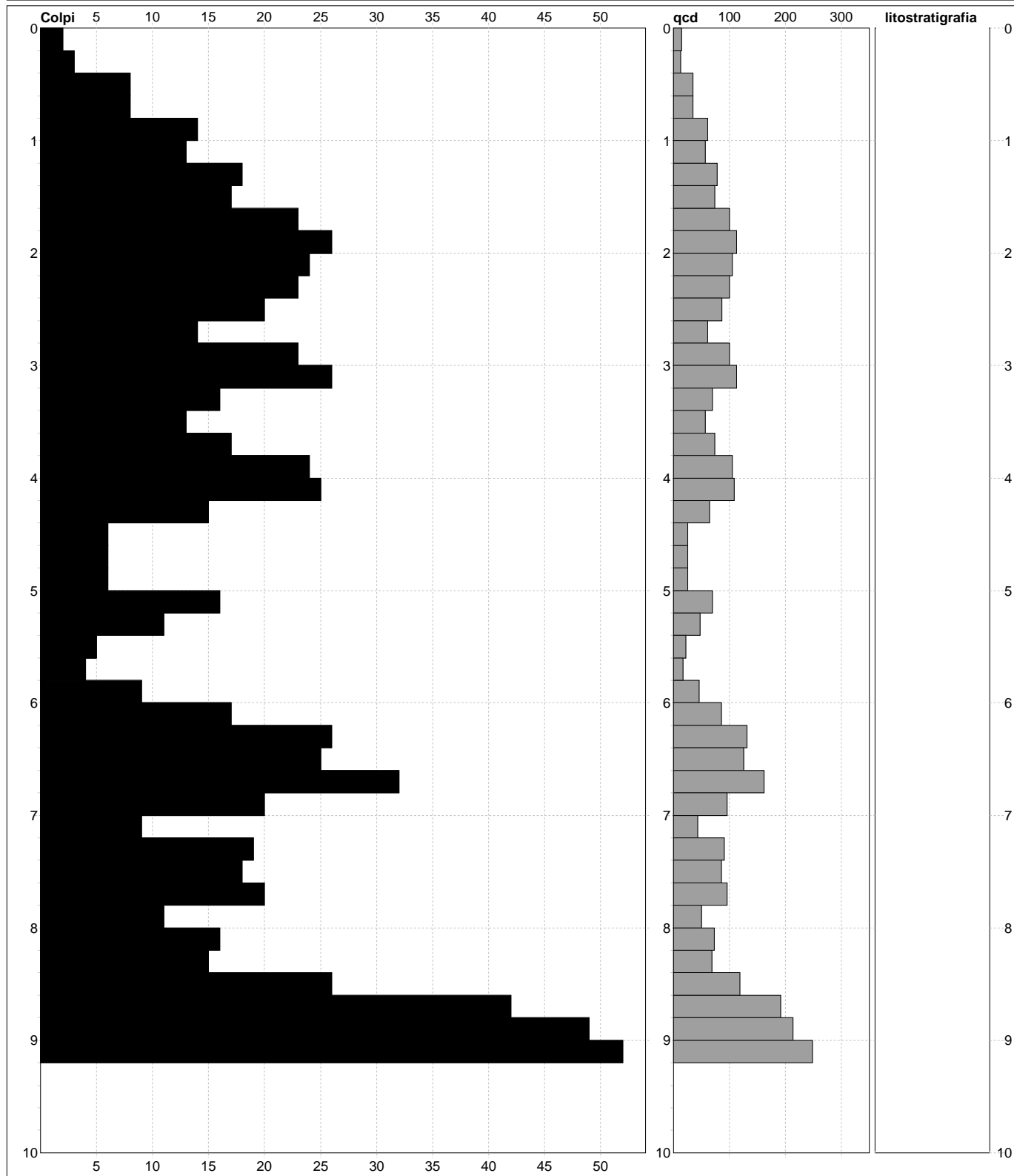
Pagina: **1**

Elaborato:

Data exec.: **07/01/2020**

Quota ass.: **Piano Campagna**

Falda:



Penetrometro: DPHS - PAGANI
 Massa battente: 63,50 m
 Altezza caduta: 0,75 m
 Avanzamento: 0,20 m

Litologia: Personalizzata
Responsabile:
Assistente:

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

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	2
	riferimento	006-2020

Committente: M UNO SRL	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 07/01/2020
Cantiere:	Pagina: 1	Falda:
Località: SAN BENEDETTO - FOLIGNO (PG)	Elaborato:	

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp kg/cm ²	qc kg/cm ²	Vs m/sec	G kg/cm ²	Q kg/cm ²	natura	descrizione
1	0,00 : 0,40	Media	3	1,52	4	14	17	69	36	0,70	Coes./Gran.	
2	0,40 : 0,80	Media	8	1,52	12	35	54	104	88	1,75	Coes./Gran.	
3	0,80 : 1,60	Media	16	1,52	24	68	96	134	153	3,38	Coes./Gran.	
4	1,60 : 4,20	Media	21	1,52	32	92	122	182	192	4,59	Coes./Gran.	
5	4,20 : 4,40	Media	15	1,52	23	65	76	170	147	3,25	Coes./Gran.	
6	4,40 : 5,00	Media	6	1,52	9	26	31	147	70	1,30	Coes./Gran.	
7	5,00 : 5,60	Media	11	1,52	16	47	51	166	110	2,33	Coes./Gran.	
8	5,60 : 6,00	Media	7	1,52	10	32	31	156	76	1,58	Coes./Gran.	
9	6,00 : 6,60	Media	23	1,52	34	114	103	214	202	5,72	Coes./Gran.	
10	6,60 : 8,40	Media	18	1,52	27	85	77	212	168	4,26	Coes./Gran.	
11	8,40 : 8,80	Media	34	1,52	52	156	140	244	283	7,78	Coes./Gran.	
12	8,80 : 9,20	Media	53	1,52	81	231	208	266	404	11,55	Coes./Gran.	

NATURA COESIVA

NATURA GRANULARE

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm ²	Ysat t/m ³	W %	e -	Mo kg/cm ²	Dr %	φ °	E' kg/cm ²	Ysat t/m ³	Yd t/m ³	Mo kg/cm ²	Liq. -
1	0,00 : 0,40	4	0,25	1,80	41,67	1,13	30	15	28	222	1,87	1,39	116	---
2	0,40 : 0,80	12	0,75	1,92	31,20	0,84	52	38	31	284	1,94	1,52	207	---
3	0,80 : 1,60	24	1,50	2,07	21,91	0,59	77	56	34	376	2,01	1,63	326	---
4	1,60 : 4,20	32	2,00	2,10	20,20	0,55	94	67	37	438	2,06	1,71	394	---
5	4,20 : 4,40	23	1,44	2,06	22,58	0,61	75	55	34	369	2,01	1,62	318	---
6	4,40 : 5,00	9	0,56	1,89	34,00	0,92	44	32	30	261	1,92	1,48	173	---
7	5,00 : 5,60	16	1,00	1,97	27,79	0,75	61	44	32	315	1,97	1,55	252	---
8	5,60 : 6,00	10	0,63	1,90	33,04	0,89	47	35	30	268	1,93	1,50	184	---
9	6,00 : 6,60	34	2,13	2,10	20,20	0,55	98	69	37	453	2,07	1,72	411	---
10	6,60 : 8,40	27	1,69	2,10	20,20	0,55	83	61	35	399	2,03	1,66	352	---
11	8,40 : 8,80	52	3,25	2,10	20,20	0,55	134	86	41	592	2,16	1,86	565	---
12	8,80 : 9,20	81	5,06	2,10	20,20	0,55	193	97	45	816	2,22	1,95	812	---

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE**

DIN

3

riferimento

006-2020

Committente: **M UNO SRL**

Cantiere:

Località: **SAN BENEDETTO - FOLIGNO (PG)**

U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: **07/01/2020**

Pagina: **1**

Elaborato:

Falda:

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm ²
0,20	1	1		7
0,40	1	3		12
0,60	2	8		33
0,80	2	7		29
1,00	2	5		21
1,20	2	4		17
1,40	2	4		17
1,60	3	3		12
1,80	3	4		17
2,00	3	5		21
2,20	3	10		42
2,40	3	18		75
2,60	4	21		87
2,80	4	15		62
3,00	4	8		33
3,20	4	8		33
3,40	4	8		33
3,60	5	6		25
3,80	5	8		33
4,00	5	13		54
4,20	5	16		67
4,40	5	13		54
4,60	6	6		25
4,80	6	10		42
5,00	6	9		37
5,20	6	15		62
5,40	6	22		92
5,60	7	23		96
5,80	7	15		62
6,00	7	29		121
6,20	7	28		117
6,40	7	29		121
6,60	8	25		104
6,80	8	30		125
7,00	8	31		129
7,20	8	31		129
7,40	8	25		104
7,60	9	8		33
7,80	9	2		8
8,00	9	3		12
8,20	9	3		12
8,40	9	2		8
8,60	10	4		17
8,80	10	4		17
9,00	10	6		25
9,20	10	6		25
9,40	10	10		42
9,60	11	13		54
9,80	11	8		33
10,00	11	13		54



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

qcd = resistenza dinamica punta
Asta = numero di asta impiegata

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

DIN	3
riferimento	006-2020

Committente: **M UNO SRL**

Cantiere:

Località: **SAN BENEDETTO - FOLIGNO (PG)**

U.M.: **kg/cm²**

Scala: **1:50**

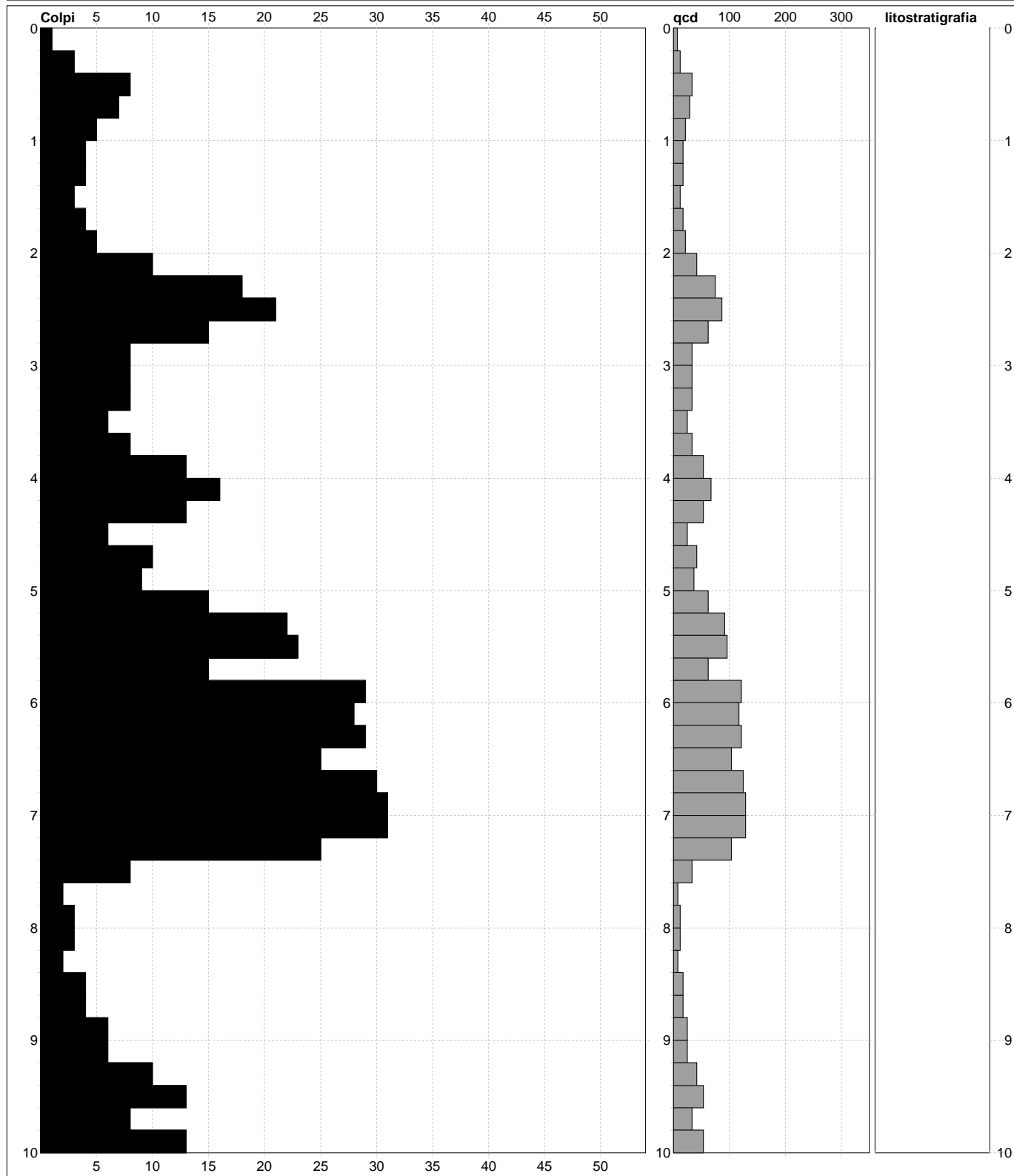
Pagina: **1**

Elaborato:

Data exec.: **07/01/2020**

Quota ass.: **Piano Campagna**

Falda:



Penetrometro: DPHS - PAGANI
 Massa battente: 63,50 m
 Altezza caduta: 0,75 m
 Avanzamento: 0,20 m

Litologia: Personalizzata
Responsabile:
Assistente:

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

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	3
	riferimento	006-2020

Committente: M UNO SRL	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 07/01/2020
Cantiere:	Pagina: 1	
Località: SAN BENEDETTO - FOLIGNO (PG)	Elaborato:	Falda:

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp kg/cm ²	qc kg/cm ²	Vs m/sec	G kg/cm ²	Q kg/cm ²	natura	descrizione
1	0,00 : 0,20	Media	1	1,52	2	7	7	54	21	0,35	Coes./Gran.	
2	0,20 : 2,00	Media	4	1,52	7	19	27	106	57	0,93	Coes./Gran.	
3	2,00 : 2,40	Media	14	1,52	21	59	81	147	137	2,93	Coes./Gran.	
4	2,40 : 2,80	Media	18	1,52	27	75	104	173	168	3,73	Coes./Gran.	
5	2,80 : 3,80	Media	8	1,52	12	31	41	144	88	1,57	Coes./Gran.	
6	3,80 : 4,40	Media	14	1,52	21	58	71	166	137	2,92	Coes./Gran.	
7	4,40 : 5,00	Media	8	1,52	13	35	42	157	93	1,73	Coes./Gran.	
8	5,00 : 5,80	Media	19	1,52	28	78	90	201	173	3,90	Coes./Gran.	
9	5,80 : 7,40	Media	29	1,52	43	119	130	225	243	5,94	Coes./Gran.	
10	7,40 : 7,60	Media	8	1,52	12	33	35	169	88	1,65	Coes./Gran.	
11	7,60 : 8,40	Media	3	1,52	4	10	10	142	36	0,50	Coes./Gran.	
12	8,40 : 8,80	Media	4	1,52	6	17	16	154	50	0,85	Coes./Gran.	
13	8,80 : 9,40	Media	7	1,52	11	31	29	173	82	1,53	Coes./Gran.	
14	9,40 : 10,00	Media	11	1,52	17	47	44	189	116	2,35	Coes./Gran.	

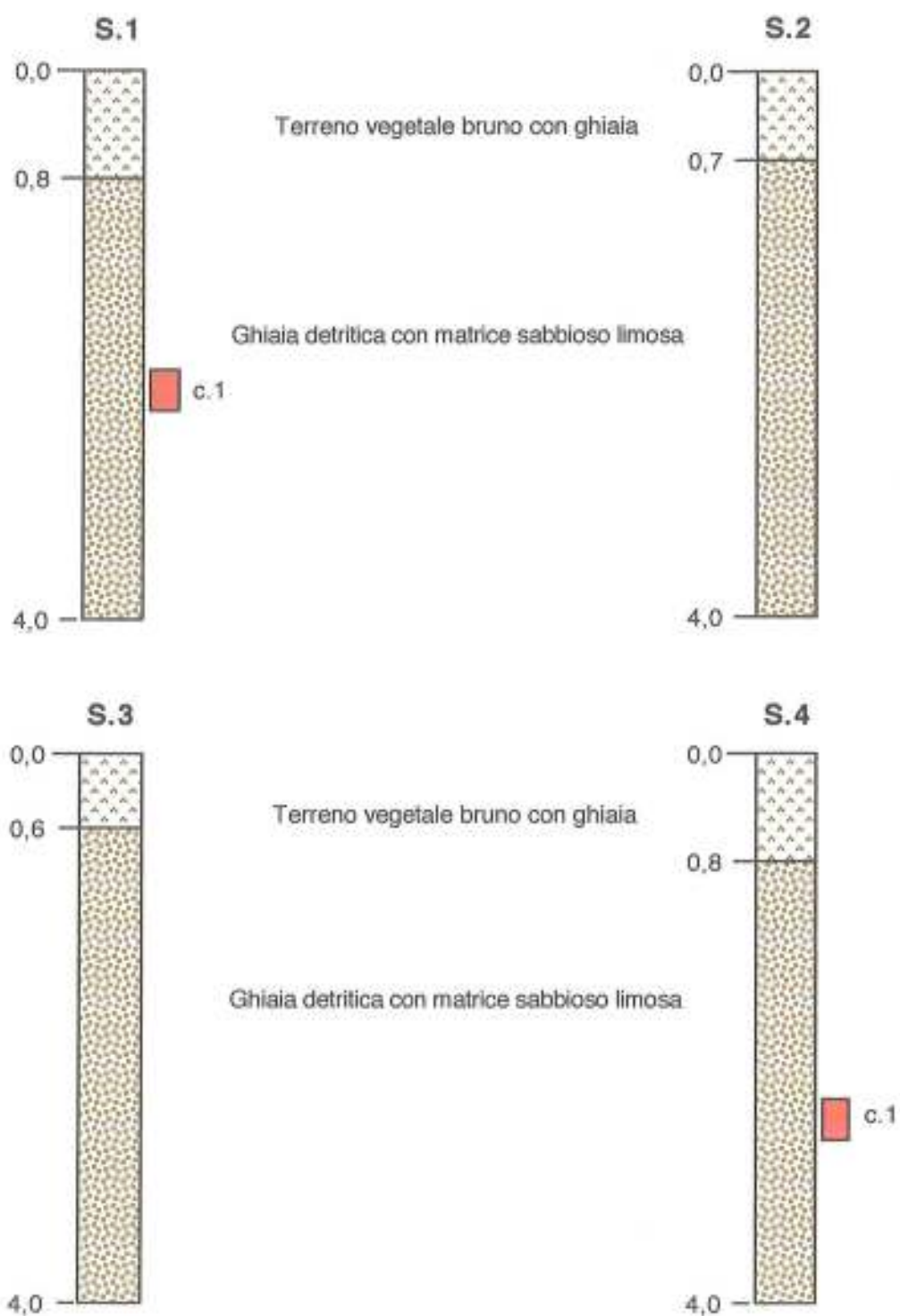
NATURA COESIVA

NATURA GRANULARE

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm ²	Ysat t/m ³	W %	e -	Mo kg/cm ²	Dr %	ø °	E' kg/cm ²	Ysat t/m ³	Yd t/m ³	Mo kg/cm ²	Liq. -
1	0,00 : 0,20	2	0,13	1,75	46,91	1,27	25	8	27	207	1,85	1,36	93	---
2	0,20 : 2,00	7	0,44	1,86	36,00	0,97	39	25	29	245	1,90	1,45	150	---
3	2,00 : 2,40	21	1,31	2,03	23,98	0,65	71	52	33	353	2,00	1,60	301	---
4	2,40 : 2,80	27	1,69	2,10	20,20	0,55	83	61	35	399	2,03	1,66	352	---
5	2,80 : 3,80	12	0,75	1,92	31,20	0,84	52	38	31	284	1,94	1,52	207	---
6	3,80 : 4,40	21	1,31	2,03	23,98	0,65	71	52	33	353	2,00	1,60	301	---
7	4,40 : 5,00	13	0,81	1,93	30,31	0,82	55	40	31	291	1,95	1,53	218	---
8	5,00 : 5,80	28	1,75	2,10	20,20	0,55	85	62	35	407	2,04	1,67	360	---
9	5,80 : 7,40	43	2,69	2,10	20,20	0,55	116	78	39	523	2,11	1,79	488	---
10	7,40 : 7,60	12	0,75	1,92	31,20	0,84	52	38	31	284	1,94	1,52	207	---
11	7,60 : 8,40	4	0,25	1,80	41,67	1,13	30	15	28	222	1,87	1,39	116	---
12	8,40 : 8,80	6	0,38	1,85	37,04	1,00	36	22	28	238	1,89	1,43	139	---
13	8,80 : 9,40	11	0,69	1,91	32,11	0,87	50	37	30	276	1,94	1,51	196	---
14	9,40 : 10,00	17	1,06	1,98	26,99	0,73	63	46	32	322	1,97	1,56	264	---

STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI

((Scala 1 : 50))



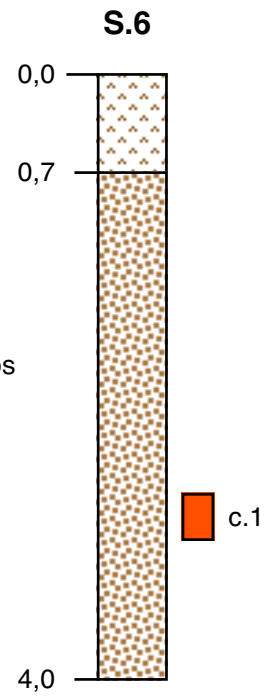
STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI

((Scala 1 : 50))



Terreno vegetale bruno con ghiaia

Ghiaia detritica con matrice sabbioso limos



Terreno vegetale bruno con ghiaia

Ghiaia detritica con matrice sabbioso limos



Geodrill

Dr. Geol. David Grillini

PROVE PENETROMETRICHE,
LETTURE INCLINOMETRICHE,
PROVE DI CARICO SU PIASTRA

Via Verdi, 12/A 60043 Cerreto d'Esi (AN)
tel. e fax 0732/578888 p.iva 01531180428

COMMITTENTE: GEO ECO TEST

CANTIERE: S. Eraclio - Foligno

PROVA DPSH: SCHEDA TECNICA E LEGENDA

caratteristiche tecniche del penetrometro

Tipo di attrezzatura: DPSH penetrometro dinamico super pesante

Peso del maglio: 63,5 Kg

Altezza di caduta: 75 cm

Penetrazione standard: 20 cm

Dimensioni punta: area = 20 cm² angolo = 90°

Dimensioni aste: diametro = 32 mm lunghezza = 1,00 m

Peso aste: 6,15 Kg Peso massa passiva: 4,2 Kg

legenda per la rappresentazione grafica

H = profondità

NC = numero di colpi

q_d = resistenza alla penetrazione dinamica

legenda per la caratterizzazione geomeccanica

NC_m = numero di colpi medio per quel determinato strato

C = coefficiente di correlazione fra il numero di colpi dello SPT e quelli del DPSH

$N_{spt\ equiv}$ = numero di colpi dello SPT equivalenti ricavati per correlazione

$\sigma_{v\ eff}$ = pressione verticale efficace (stima)

D_r = densità relativa (Gibbs e Holtz)

ϕ = angolo di attrito interno (Muromachi e al., 1974)

E = modulo di elasticità (Schmertmann, Webb)

C_u = coesione non drenata (Terzaghi e Peck)

M = modulo di compressibilità edometrica (Menzelbach e Malcev)



Geodrill

Dr. Geol. David Grillini

PROVE PENETROMETRICHE,
LETTURE INCLINOMETRICHE,
PROVE DI CARICO SU PIASTRA

Via Verdi, 12/A 60043 Cerreto d'Esi (AN)
tel. e fax 0732/678888 p.iva 01531180428

COMMITTENTE: GEO ECO TEST

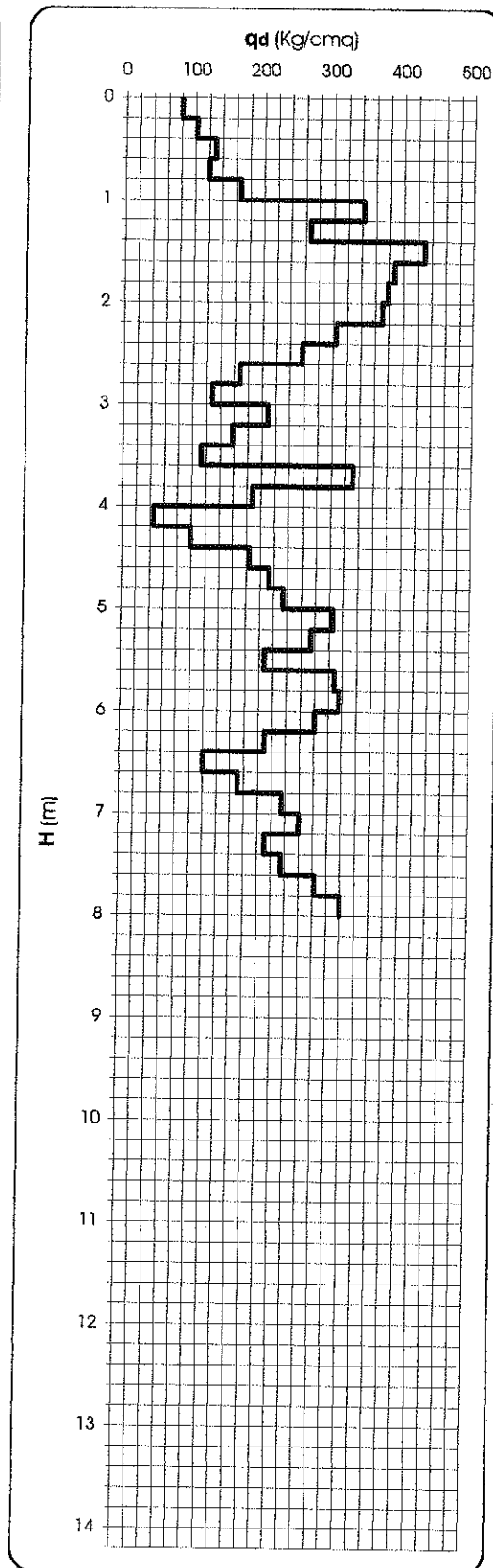
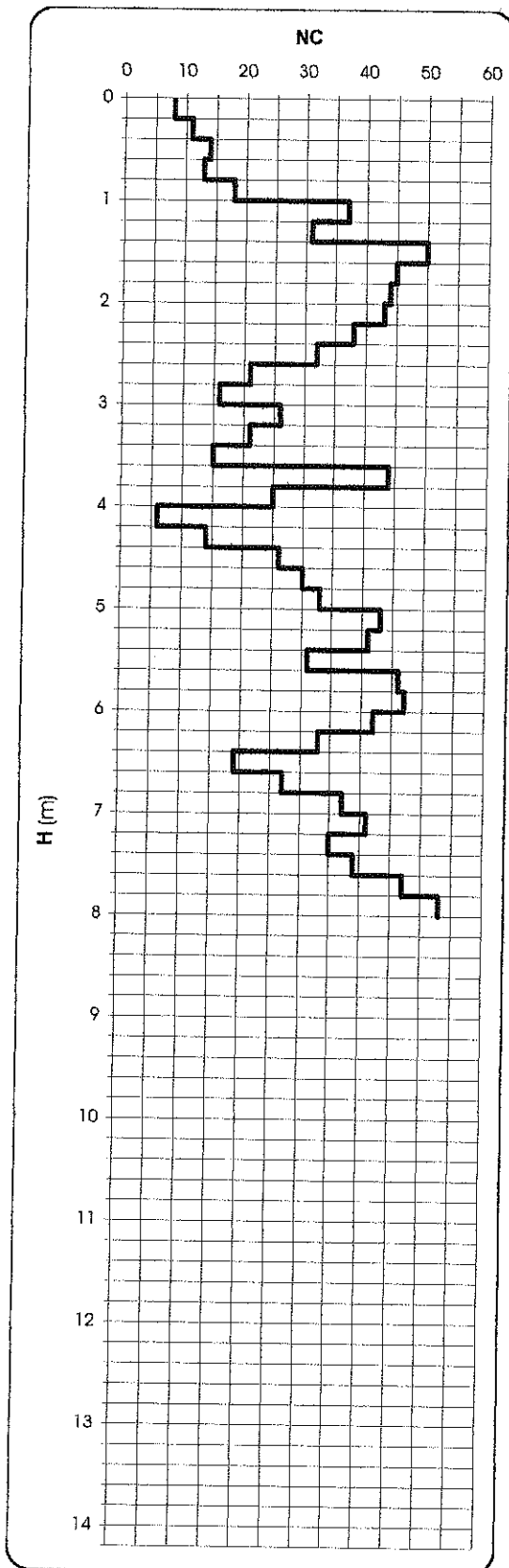
CANTIERE: S. Eracleo - Foligno

PROVA N. 1

PROF.: 8,00 m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

H (m)	NC	q _d (Kg/cm ²)
0,2	8	80,27
0,4	11	101,89
0,6	14	129,68
0,8	13	120,41
1,0	18	166,73
1,2	37	342,71
1,4	31	266,64
1,6	50	430,06
1,8	45	387,06
2,0	44	378,46
2,2	43	369,85
2,4	38	305,07
2,6	32	266,90
2,8	21	168,59
3,0	16	128,45
3,2	26	208,73
3,4	21	158,06
3,6	15	112,90
3,8	44	331,17
4,0	25	188,17
4,2	6	45,16
4,4	14	99,18
4,6	26	184,19
4,8	30	212,52
5,0	33	233,78
5,2	43	304,62
5,4	41	274,32
5,6	31	207,41
5,8	46	307,77
6,0	47	314,47
6,2	42	281,01
6,4	33	209,18
6,6	19	120,44
6,8	27	171,16
7,0	37	234,53
7,2	41	259,89
7,4	35	210,77
7,6	39	234,86
7,8	47	283,03
8,0	53	319,16
8,2		
8,4		
8,6		
8,8		
9,0		
9,2		
9,4		
9,6		
9,8		
10,0		
10,2		
10,4		
10,6		
10,8		
11,0		
11,2		
11,4		
11,6		
11,8		
12,0		
12,2		
12,4		
12,6		
12,8		
13,0		
13,2		
13,4		
13,6		
13,8		
14,0		
14,2		





Geodrill

Dr. Geol. David Grillini

PROVE PENETROMETRICHE,
LETTURE INCLINOMETRICHE,
PROVE DI CARICO SU PIASTRA

Via Verdi, 12/A 60043 Cerreto d'Esi (AN)
tel. e fax 0732/578888 p.iva 01531180428

COMMITTENTE: GEO ECO TEST

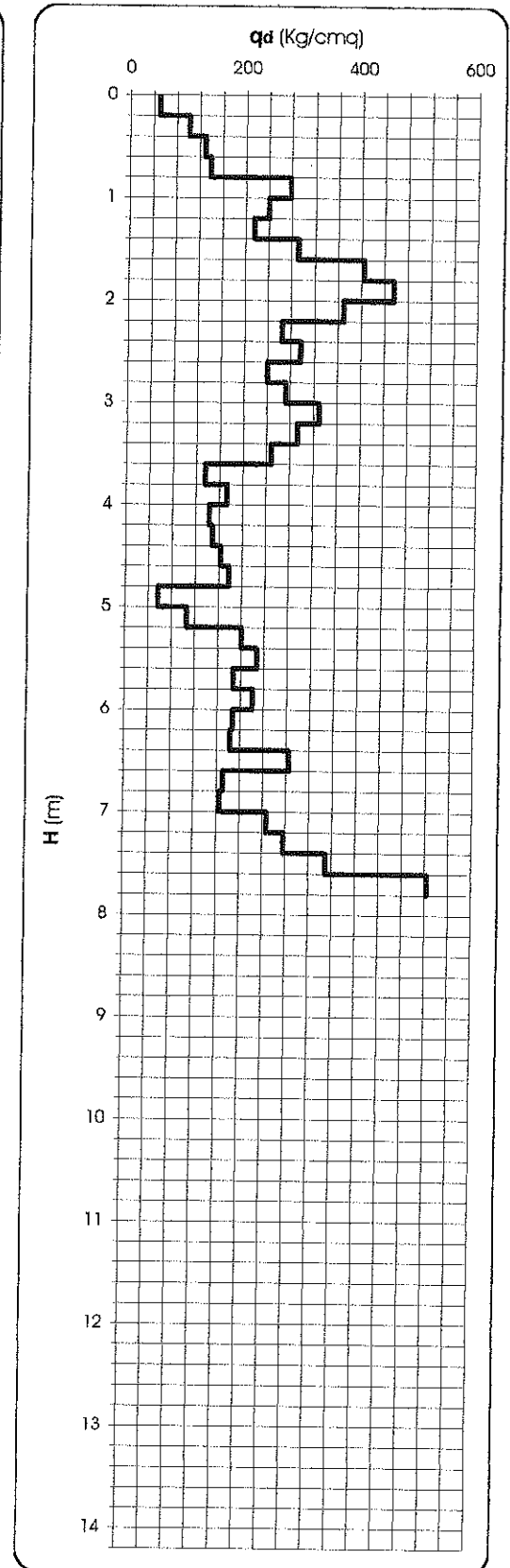
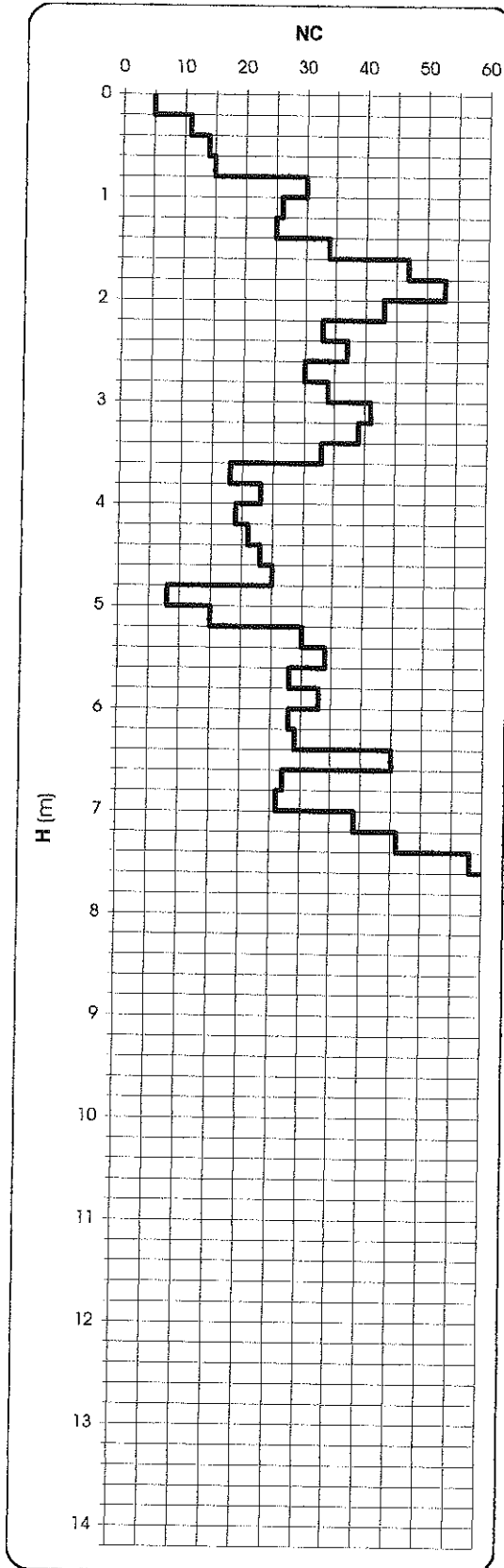
CANTIERE: S. Eraclio - Foligno

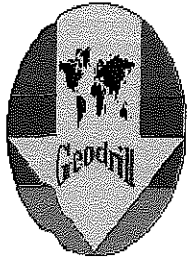
PROVA N. 2

PROF.: 7,80 m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

H (m)	NC	q _n (Kg/cm ²)
0,2	5	50,17
0,4	11	101,89
0,6	14	129,68
0,8	15	138,94
1,0	30	277,88
1,2	26	240,83
1,4	25	215,03
1,6	34	292,44
1,8	47	404,26
2,0	53	455,87
2,2	43	369,85
2,4	33	264,93
2,6	37	297,04
2,8	30	240,85
3,0	34	272,96
3,2	41	329,15
3,4	39	293,54
3,6	33	248,38
3,8	18	135,48
4,0	23	173,11
4,2	19	143,01
4,4	21	148,77
4,6	23	162,93
4,8	25	177,10
5,0	8	56,67
5,2	16	106,26
5,4	30	200,72
5,6	34	227,49
5,8	28	187,34
6,0	33	220,79
6,2	28	187,34
6,4	29	183,82
6,6	45	285,24
6,8	27	171,15
7,0	26	164,81
7,2	39	247,21
7,4	46	277,01
7,6	58	349,27
7,8	87	523,91
8,0		
8,2		
8,4		
8,6		
8,8		
9,0		
9,2		
9,4		
9,6		
9,8		
10,0		
10,2		
10,4		
10,6		
10,8		
11,0		
11,2		
11,4		
11,6		
11,8		
12,0		
12,2		
12,4		
12,6		
12,8		
13,0		
13,2		
13,4		
13,6		
13,8		
14,0		
14,2		





Geodrill

Dr. Geol. David Grillini

PROVE PENETROMETRICHE,
LETTURE INCLINOMETRICHE,
PROVE DI CARICO SU PIASTRA

Via Verdi, 12/A 60043 Cerreto d'Esi (AN)
tel. e fax 0732/678888 p.iva 01531180428

COMMITTENTE: GEO ECO TEST

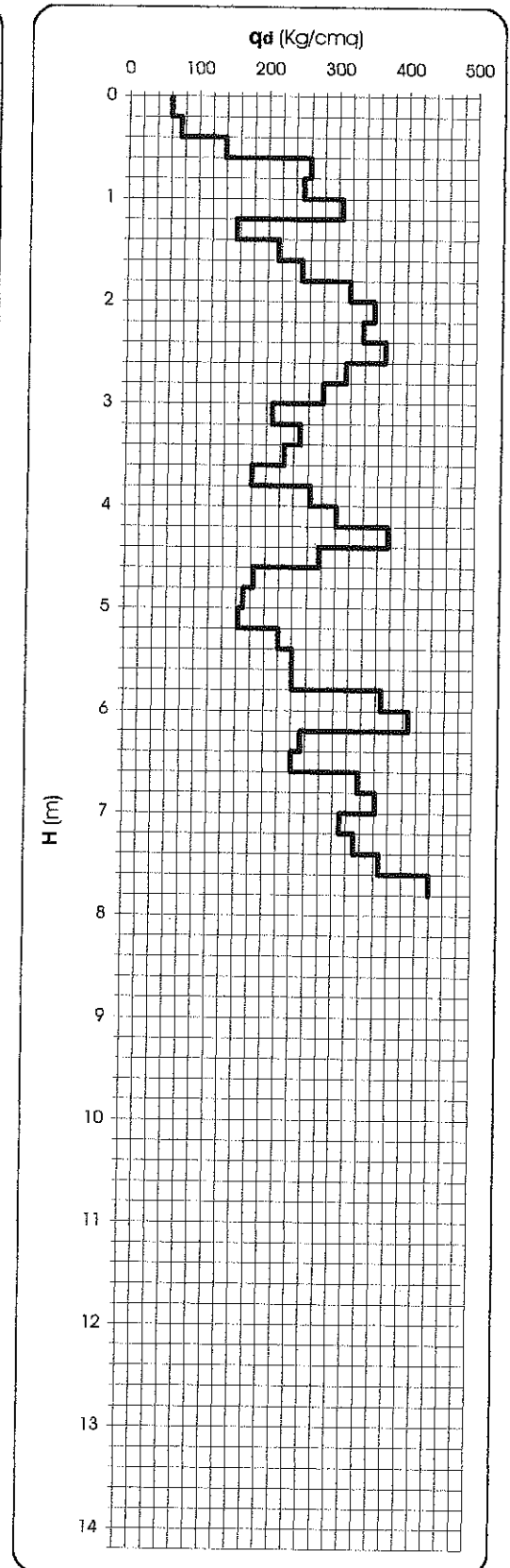
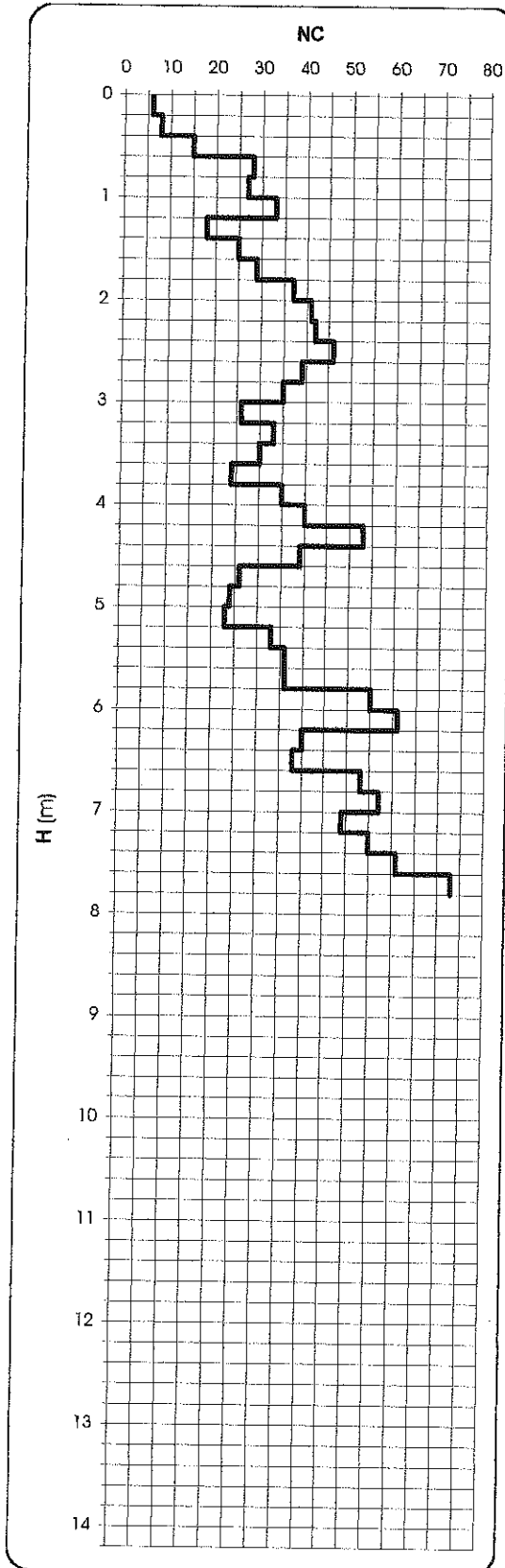
CANTIERE: S. Eraclio - Foligno

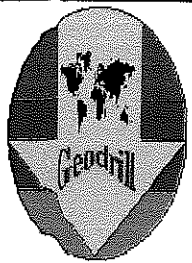
PROVA N. 3

PROF.: 7,80 m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

H (m)	NC	q _d (Kg/cm ²)
0,2	6	60,20
0,4	8	74,10
0,6	15	138,94
0,8	28	259,35
1,0	27	250,09
1,2	33	305,66
1,4	18	154,82
1,6	25	215,03
1,8	29	249,44
2,0	37	318,25
2,2	41	352,65
2,4	42	337,18
2,6	46	369,30
2,8	39	313,10
3,0	35	280,99
3,2	26	208,73
3,4	33	248,38
3,6	30	225,80
3,8	24	180,64
4,0	35	263,43
4,2	40	301,07
4,4	53	375,46
4,6	39	276,28
4,8	26	184,19
5,0	24	170,02
5,2	23	162,93
5,4	33	220,79
5,6	36	240,87
5,8	36	240,87
6,0	55	367,99
6,2	61	408,14
6,4	40	253,55
6,6	38	240,87
6,8	53	335,95
7,0	57	361,31
7,2	49	310,60
7,4	55	331,21
7,6	61	367,34
7,8	73	439,60
8,0		
8,2		
8,4		
8,6		
8,8		
9,0		
9,2		
9,4		
9,6		
9,8		
10,0		
10,2		
10,4		
10,6		
10,8		
11,0		
11,2		
11,4		
11,6		
11,8		
12,0		
12,2		
12,4		
12,6		
12,8		
13,0		
13,2		
13,4		
13,6		
13,8		
14,0		
14,2		





Geodrill

Dr. Geol. David Grillini

PROVE PENETROMETRICHE,
LETTURE INCLINOMETRICHE,
PROVE DI CARICO SU PIASTRA

Via Verdi, 12/A 60043 Cerreto d'Esi (AN)
tel. e fax 0732/678888 p.iva 01531180428

COMMITTENTE: GEO ECO TEST

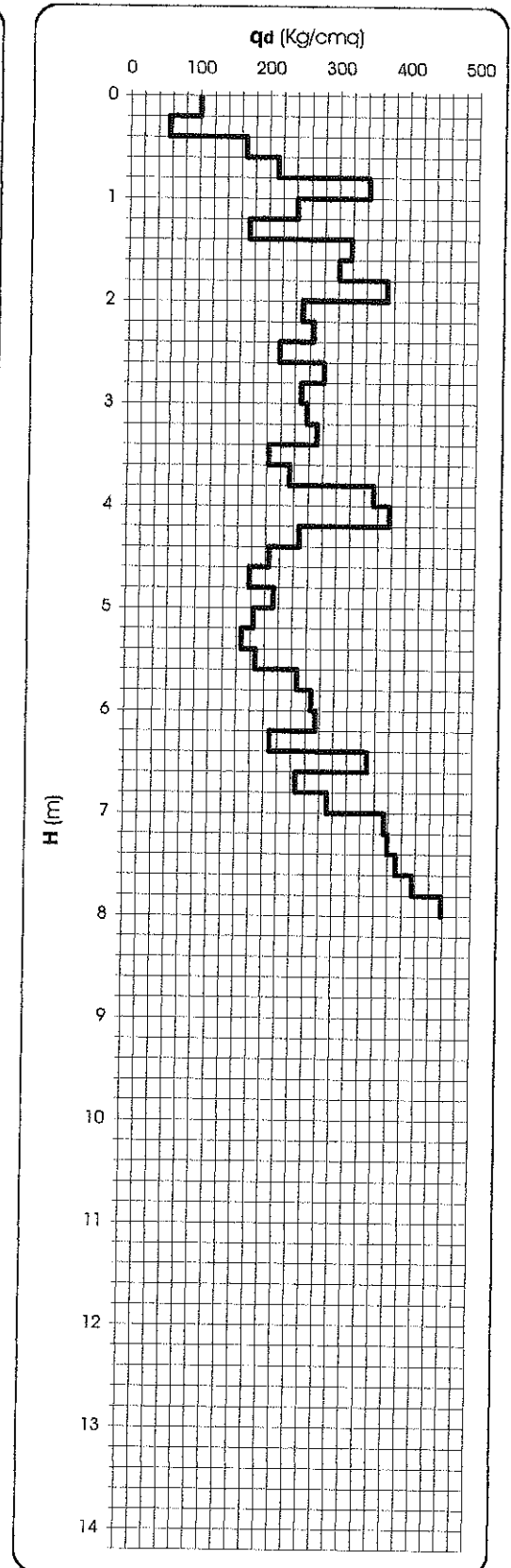
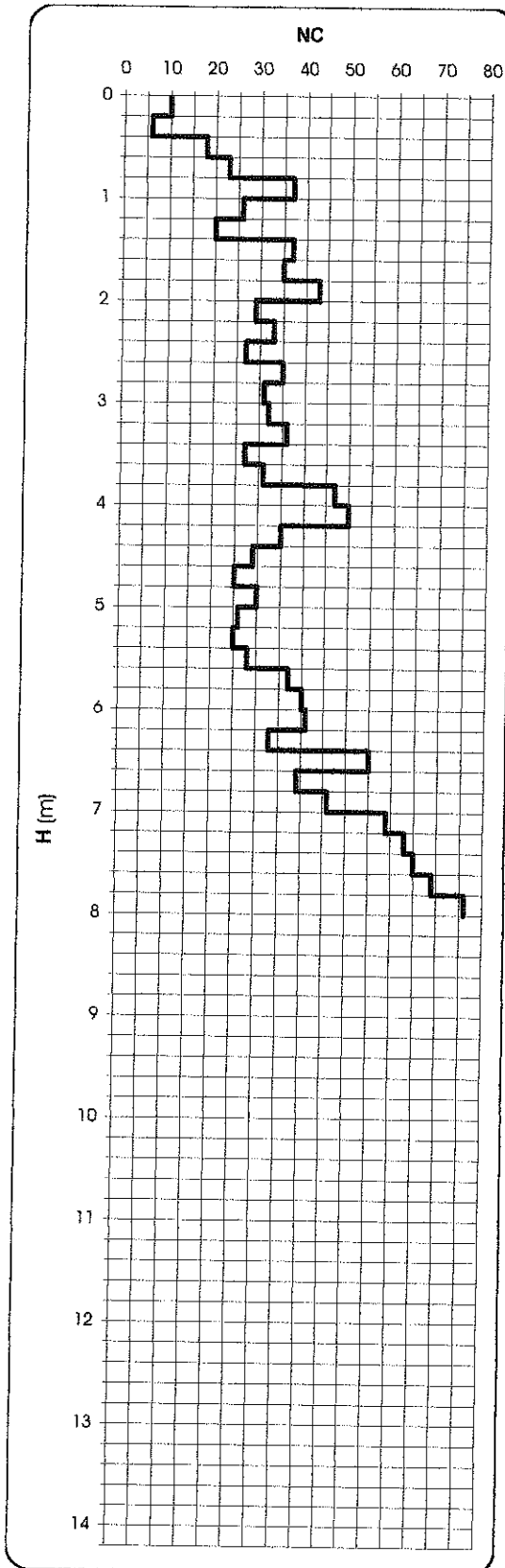
CANTIERE: S. Eraclio - Foligno

PROVA N. 4

PROF.: 8,00 m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA


H (m)	NC	q _H (Kg/cm ²)
0,2	10	100,34
0,4	6	55,58
0,6	18	166,73
0,8	23	213,04
1,0	37	342,71
1,2	26	240,83
1,4	20	172,03
1,6	37	318,25
1,8	35	301,04
2,0	43	369,85
2,2	29	249,44
2,4	33	264,93
2,6	27	216,76
2,8	35	280,99
3,0	31	248,67
3,2	32	256,90
3,4	36	270,96
3,6	27	203,22
3,8	31	233,33
4,0	47	353,75
4,2	50	376,33
4,4	35	247,94
4,6	29	205,44
4,8	25	177,10
5,0	30	212,52
5,2	26	184,19
5,4	25	167,27
5,6	28	187,34
5,8	37	247,56
6,0	40	267,63
6,2	41	274,32
6,4	33	209,18
6,6	55	348,63
6,8	39	247,21
7,0	46	291,58
7,2	59	373,99
7,4	63	379,38
7,6	65	391,43
7,8	69	415,51
8,0	76	457,67
8,2		
8,4		
8,6		
8,8		
9,0		
9,2		
9,4		
9,6		
9,8		
10,0		
10,2		
10,4		
10,6		
10,8		
11,0		
11,2		
11,4		
11,6		
11,8		
12,0		
12,2		
12,4		
12,6		
12,8		
13,0		
13,2		
13,4		
13,6		
13,8		
14,0		
14,2		



<i>Comune:</i> FOLIGNO	
<i>Località:</i> S.Eraclio	

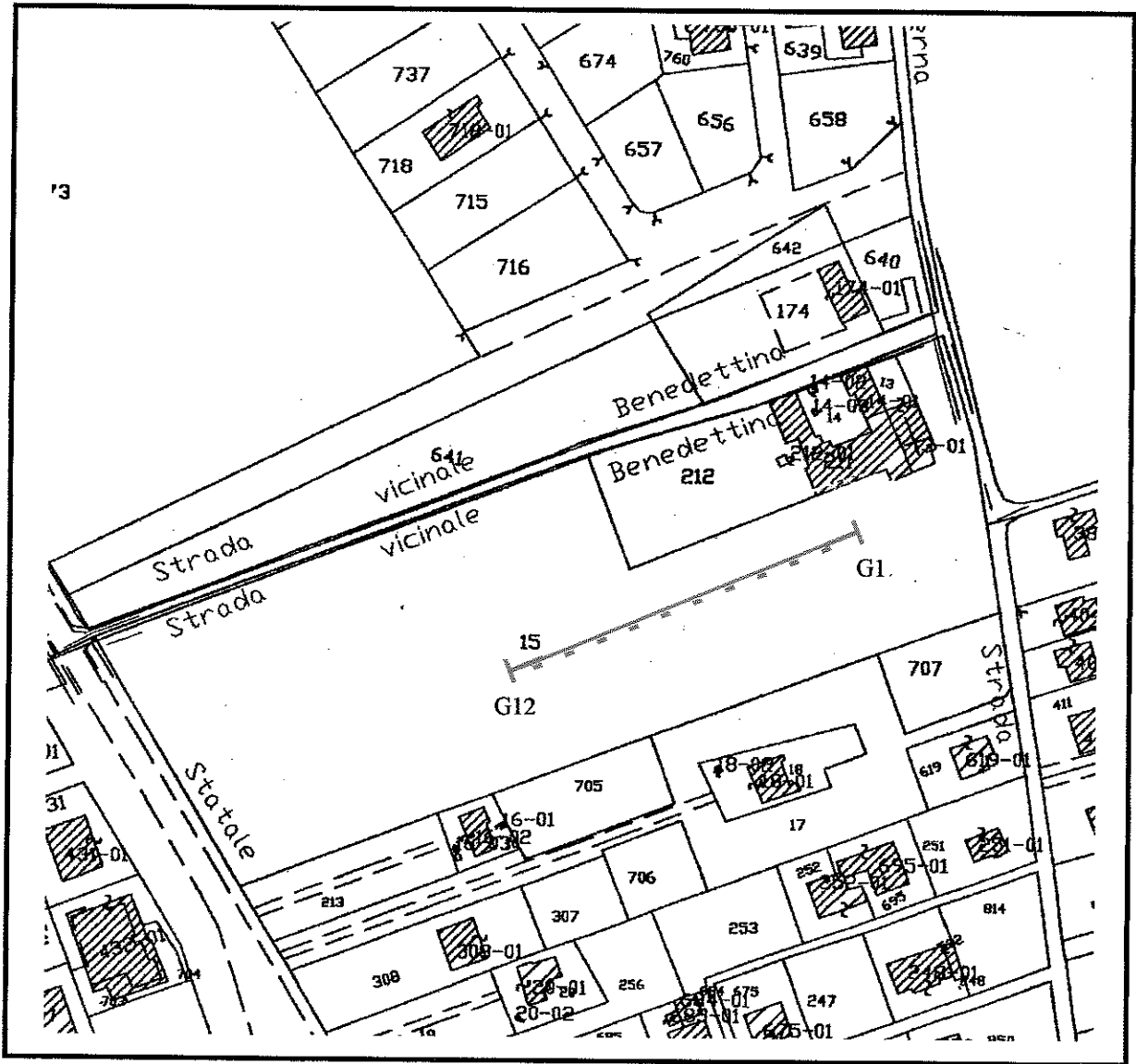
 <p>Studio Geologico <i>Dott.geol. Stefano Bellaveglia</i></p>	<p>Geologia Idrogeologia Geotecnica Prospezioni sismiche</p>
--	--

Profilo sismico a rifrazione	Prova n
-------------------------------------	---------



<i>Committente:</i> GeoEcoTest snc	 <p><i>Relatore:</i> Dott. Geol. Stefano Bellaveglia</p>
---	--

<i>codice pratica</i> SAN	Perugia 05-08-2002
-------------------------------------	---------------------------

Via Veio, 19 Perugia Tel. 075/5004002 - P.I. 02536490549 - C.F. BLLSFN73A03G478Y



PLANIMETRIA CATASTALE scala 1:2000

	<p>traccia profilo sismico</p>	
<p>G1-12</p>	<p>Geofoni</p>	

INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE

A seguito dell'incarico ricevuto dalla GeoEcoTest snc è stato eseguito uno stendimento di sismica a rifrazione sul terreno di proprietà del Sig. Zipoli Alberto, in *Loc. S.Eraclio* nel comune di Foligno.

Il profilo sismico attraversa il lotto di terreno oggetto di studio con direzione ENE-OSO.

La lunghezza dello stendimento è stato di 120 metri con una distanza geofonica pari a 10m.

Per l'indagine è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- sismografo della *PASI mod.16S12* risoluzione di acquisizione 16bit
- geofoni della Geo Space con frequenza 14 Hz
- energizzazione a percussione con massa battente su piattello orizzontale
- elaborazione dati con Intercept Time Method

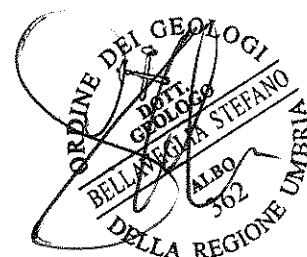
Sono state effettuate 5 energizzazioni, al centro, agli estremi e fuori dallo stendimento.

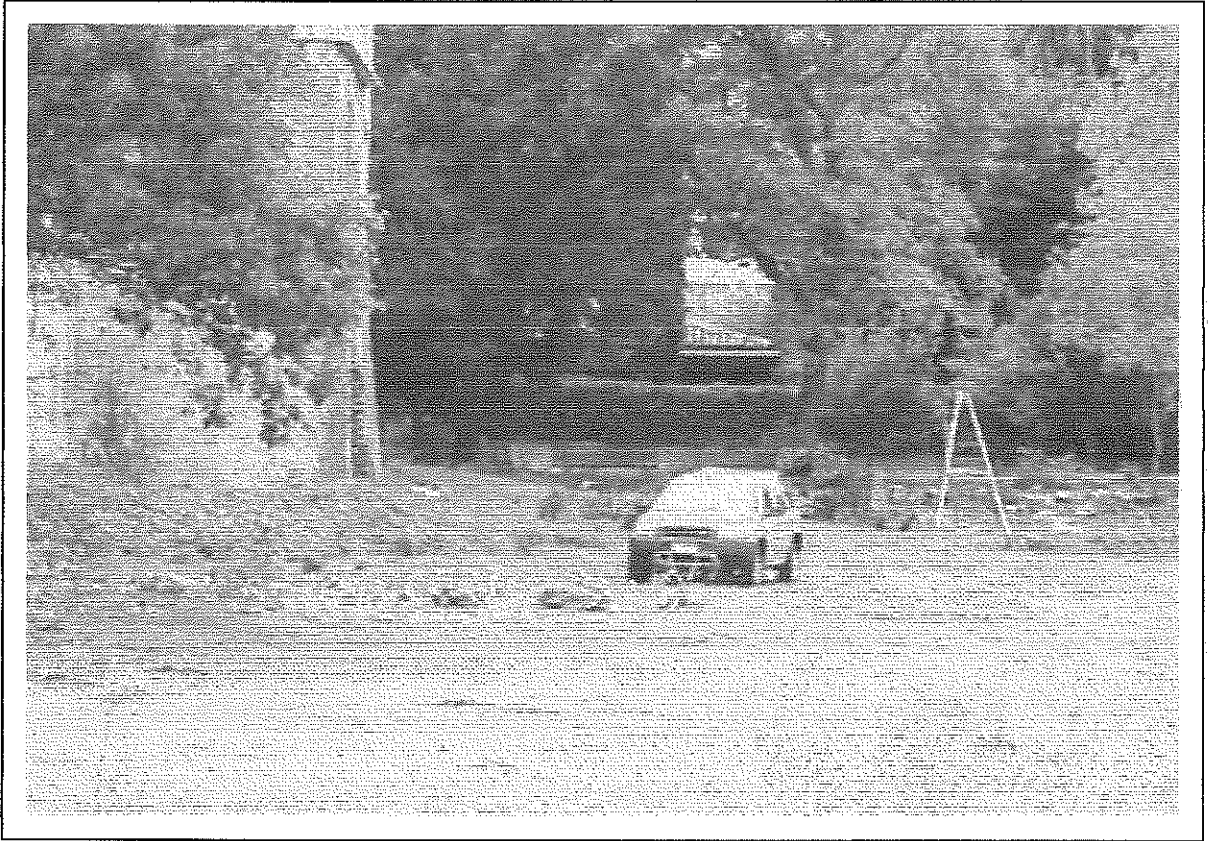
Il profilo elaborato mostra la presenza di un primo orizzonte con velocità di propagazione delle onde elastiche variabile da un minimo di 446 ad un massimo di 610 m/s , seguito da un secondo orizzonte con velocità che varia da 887 a 1128 m/sec e da un terzo riflettore con velocità comprese tra 1809 e 1975 m/sec.

Le velocità ricavate appaiono riferibili per quanto riguarda il primo livello alla coltre detritica superficiale, per il secondo a materiale detritico mediamente addensato, mentre per il terzo riflettore sono riconducibili a materiale detritico con un elevato grado di addensamento. Gli spessori dell'orizzonte superficiale variano tra 1.1 e 2.0 m, quelli del secondo tra 11.5 e 23.4 m e delineano una morfologia irregolare del livello di base.

Date le velocità riscontrate, è possibile che si manifestino condizioni di amplificazione locale in fase sismica.

Ulteriori dettagli dei dati acquisiti sono esposti negli allegati che seguono.





Seismic Profile BTRE 1 Date: 05 agosto 2002

Total Shot number = 5 Seismic Line Length = 120 meters

ABC depth computation

Receiver 1 Elevation 1.2

Superficial Layer

Layer No 2

Bedrock

Vm 610

Vm 1128

Vm 1975

Thickness 2.0

Thickness 14

Depth 16

Receiver 2 Elevation 1.1

Superficial Layer

Layer No 2

Bedrock

Vm 610

Vm 1028

Vm 1975

Thickness 2

Thickness 17.1

Depth 19.1

Receiver 3 Elevation 1

Superficial Layer

Layer No 2

Bedrock

Vm 610

Vm 1028

Vm 1975

Thickness 1.8

Thickness 17

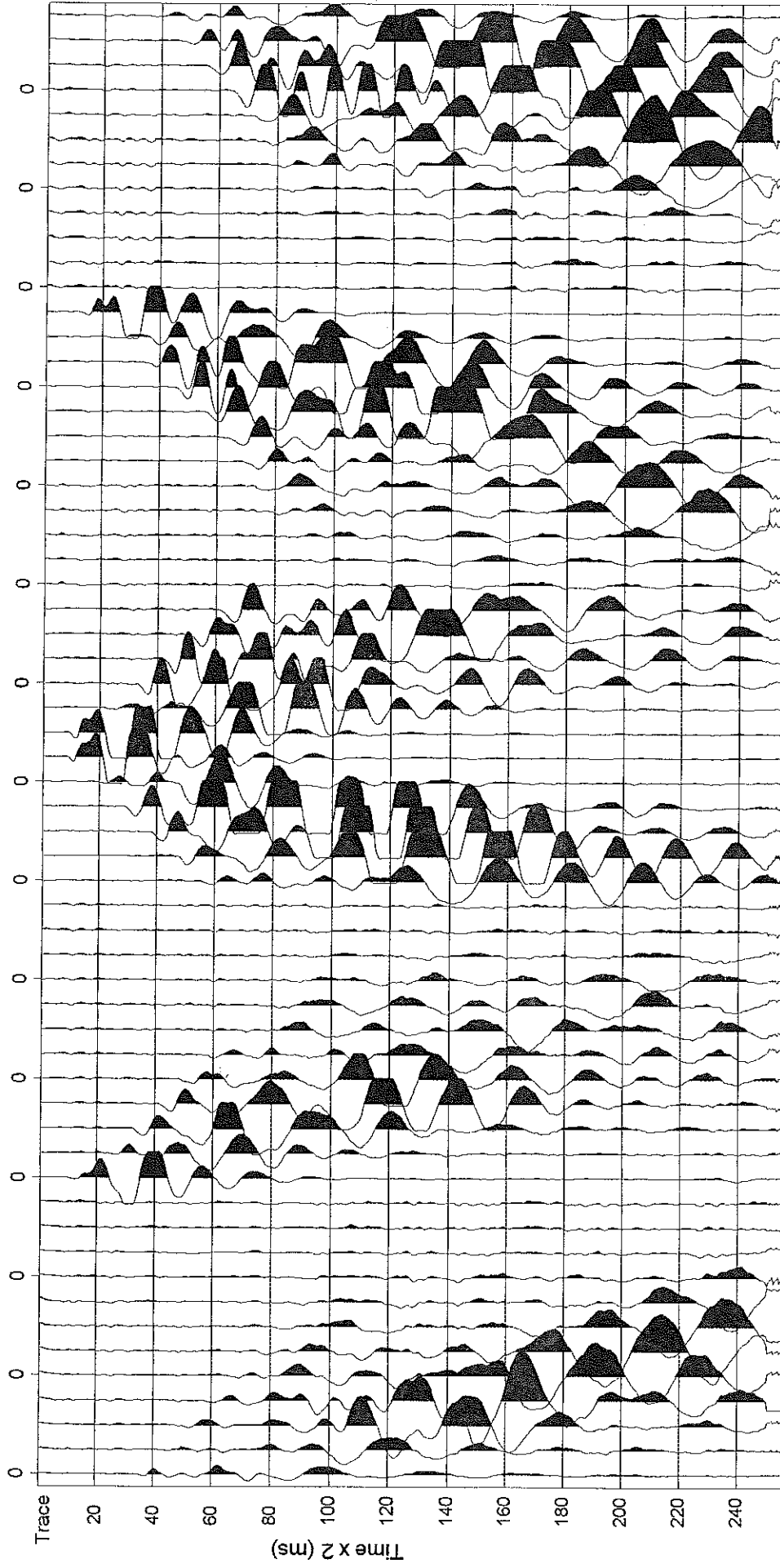
Depth 18.8

Receiver 4 Elevation 0.8		
Superficial Layer	Vm 610	Thickness 1.8
Layer No 2	Vm 1028	Thickness 17
Bedrock	Vm 1975	Depth 18.8
Receiver 5 Elevation 0.8		
Superficial Layer	Vm 610	Thickness 1.8
Layer No 2	Vm 1028	Thickness 19.7
Bedrock	Vm 1975	Depth 21.5
Receiver 6 Elevation 0.6		
Superficial Layer	Vm 610	Thickness 1.7
Layer No 2	Vm 1028	Thickness 23.4
Bedrock	Vm 1975	Depth 25.1
Receiver 7 Elevation 0.6		
Superficial Layer	Vm 583	Thickness 1.6
Layer No 2	Vm 1003	Thickness 19.4
Bedrock	Vm 1947	Depth 21
Receiver 8 Elevation 0.5		
Superficial Layer	Vm 555	Thickness 1.5
Layer No 2	Vm 978	Thickness 18.3
Bedrock	Vm 1919	Depth 19.8
Receiver 9 Elevation 0.4		
Superficial Layer	Vm 528	Thickness 1.4
Layer No 2	Vm 953	Thickness 21.2
Bedrock	Vm 1892	Depth 22.6
Receiver 10 Elevation 0.3		
Superficial Layer	Vm 500	Thickness 1.3
Layer No 2	Vm 928	Thickness 19.7
Bedrock	Vm 1864	Depth 21
Receiver 11 Elevation 0.2		
Superficial Layer	Vm 473	Thickness 1.2
Layer No 2	Vm 902	Thickness 15.6
Bedrock	Vm 1863	Depth 16.8
Receiver 12 Elevation 0.1		
Superficial Layer	Vm 446	Thickness 1.1
Layer No 2	Vm 887	Thickness 11.5
Bedrock	Vm 1809	Depth 12.6

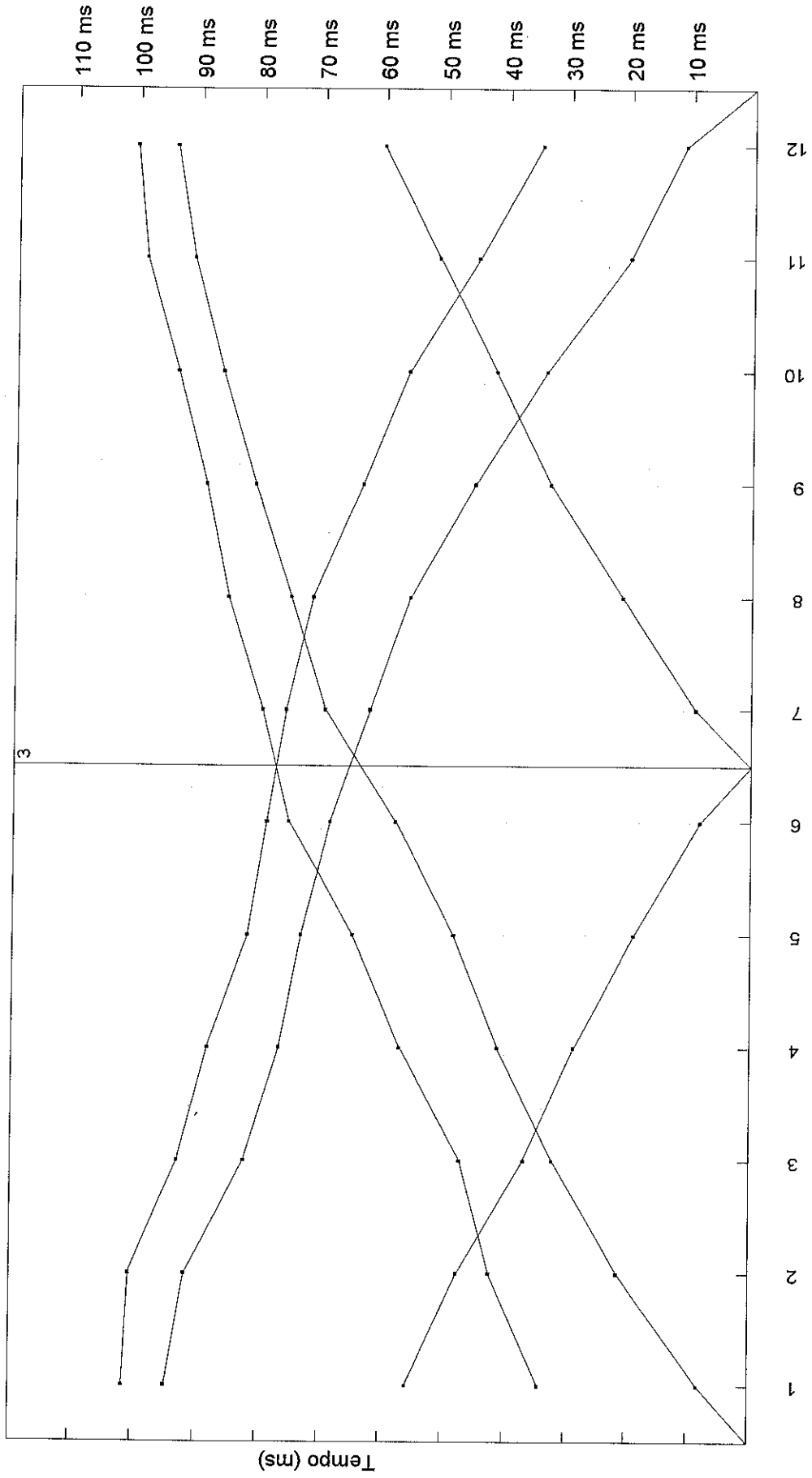
C:\DATI\ismica\FOLIG001.su

ENE

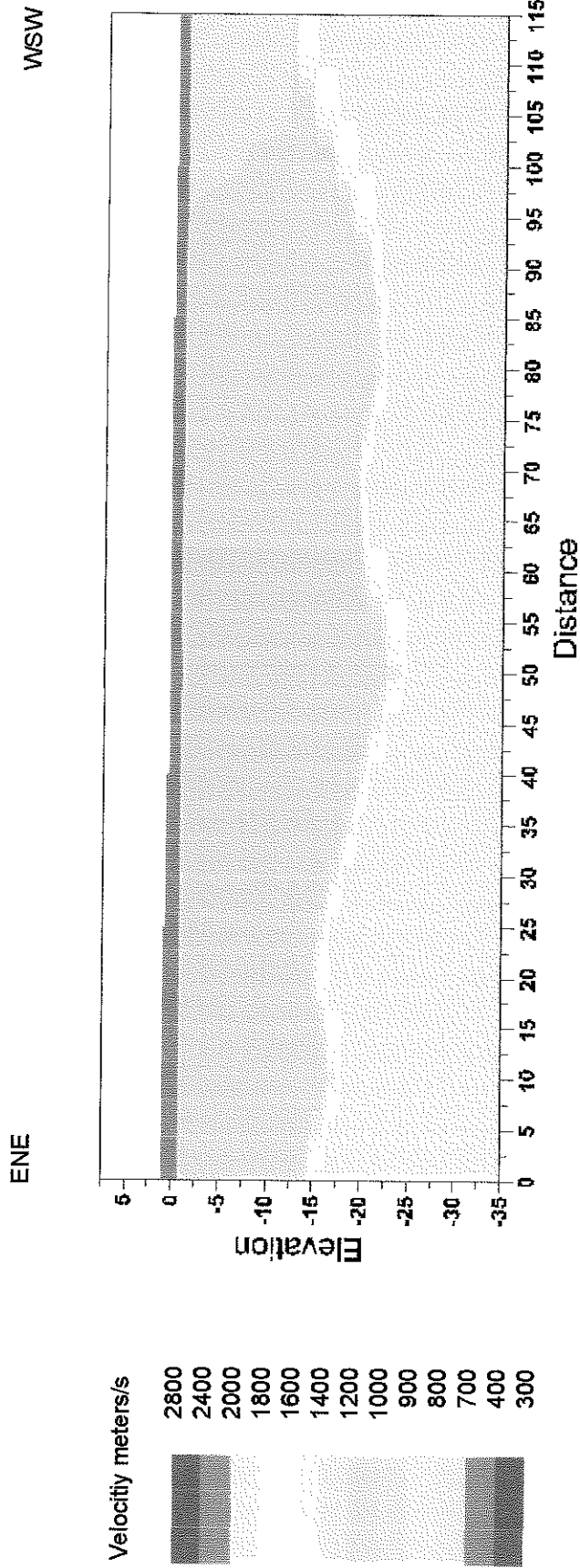
OSO



Profilo FOLIG001



ABC METHOD DEPTH COMPUTATION - FOLIC001



ANALISI GRANULOMETRICA

Data: 8 luglio 02

Indagine: Lottizzazione Ambito n°32 S.Benedetto

N. d'Ordine : 17/02

N. del Certificato : 085/02

N. Campione : 1

Sondaggio : 1

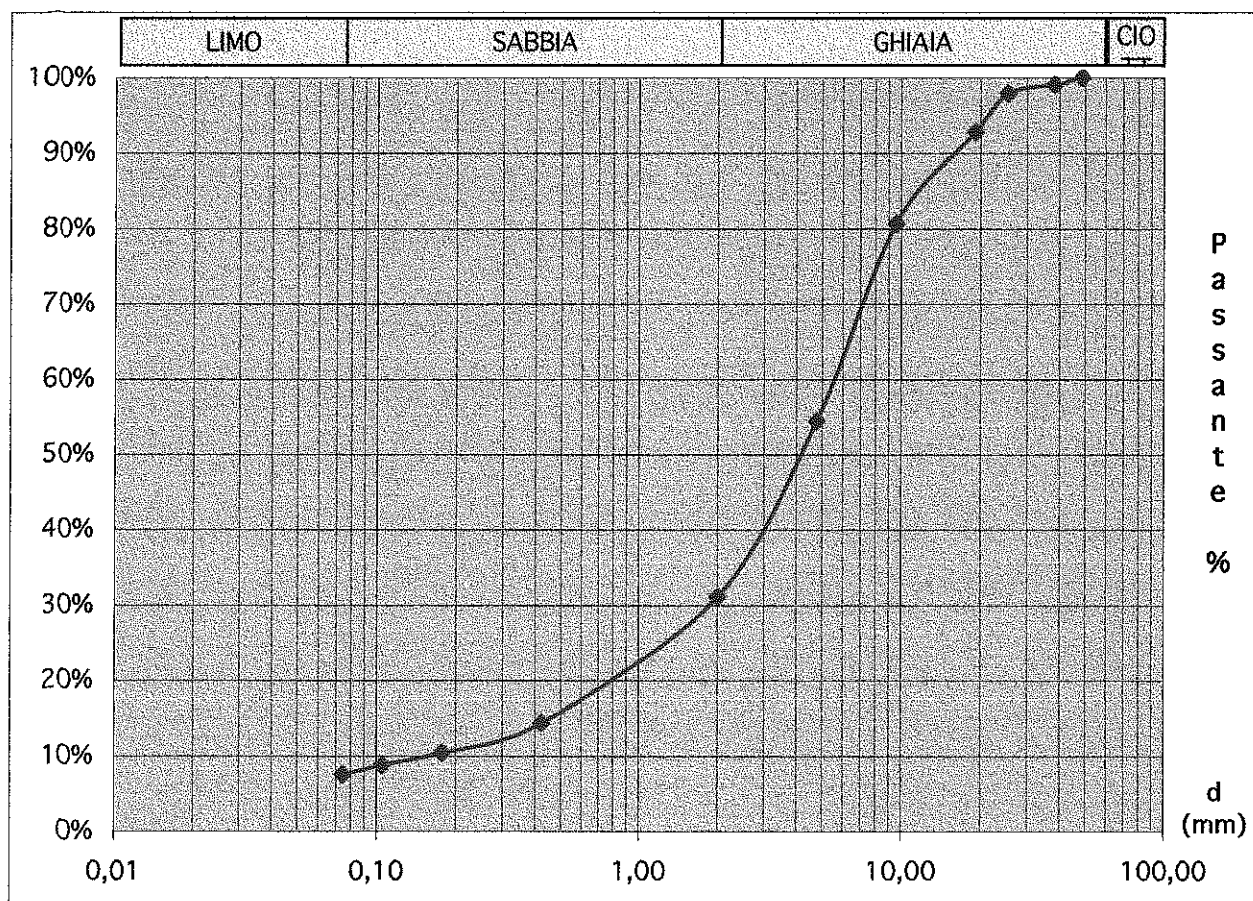
Profondità di prelievo (m) : 2,2-2,5

Sezione : 0

Quota (m) : 0

Umidità (%) : 8,1

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Trattenuto (%)	Passante (%)
1,5	38,100	0,93%	99,07%
1	25,400	2,07%	97,93%
3/4	19,050	7,20%	92,80%
3/8	9,525	19,40%	80,60%
N4	4,760	45,60%	54,40%
N10	2,000	68,87%	31,13%
N40	0,420	85,60%	14,40%
N80	0,177	89,60%	10,40%
N140	0,105	91,27%	8,73%
N200	0,074	92,47%	7,53%



ANALISI GRANULOMETRICA

Data: 8 luglio 02

Indagine: Lottizzazione Ambito n°32 S.Benedetto

N. d'Ordine : 17/02

N. del Certificato : 086/02

N. Campione : 1

Sondaggio : 4

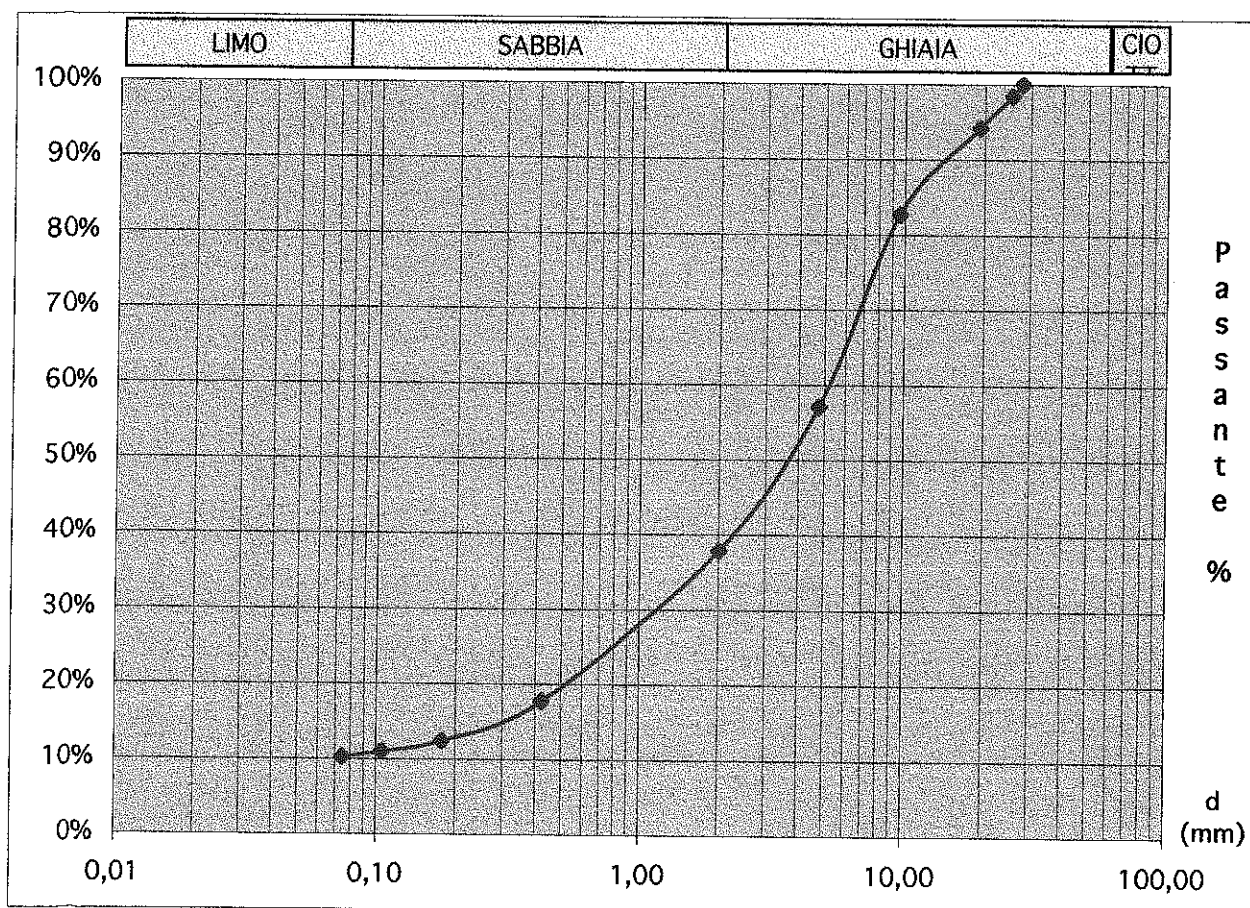
Profondità di prelievo (m) : 2,5-2,8

Sezione : 0

Quota (m) : 0

Umidità (%) : 7,4

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Trattenuto (%)	Passante (%)
1	25,400	1,60%	98,40%
3/4	19,050	5,87%	94,13%
3/8	9,525	17,40%	82,60%
N4	4,760	42,93%	57,07%
N10	2,000	62,20%	37,80%
N40	0,420	82,27%	17,73%
N80	0,177	87,60%	12,40%
N140	0,105	89,07%	10,93%
N200	0,074	89,80%	10,20%



ANALISI GRANULOMETRICA

Data: 8 luglio 02

Indagine: Lottizzazione Ambito n°32 S.Benedetto

N. d'Ordine : 17/02

N. del Certificato : 087/02

N. Campione : 1

Sondaggio : 6

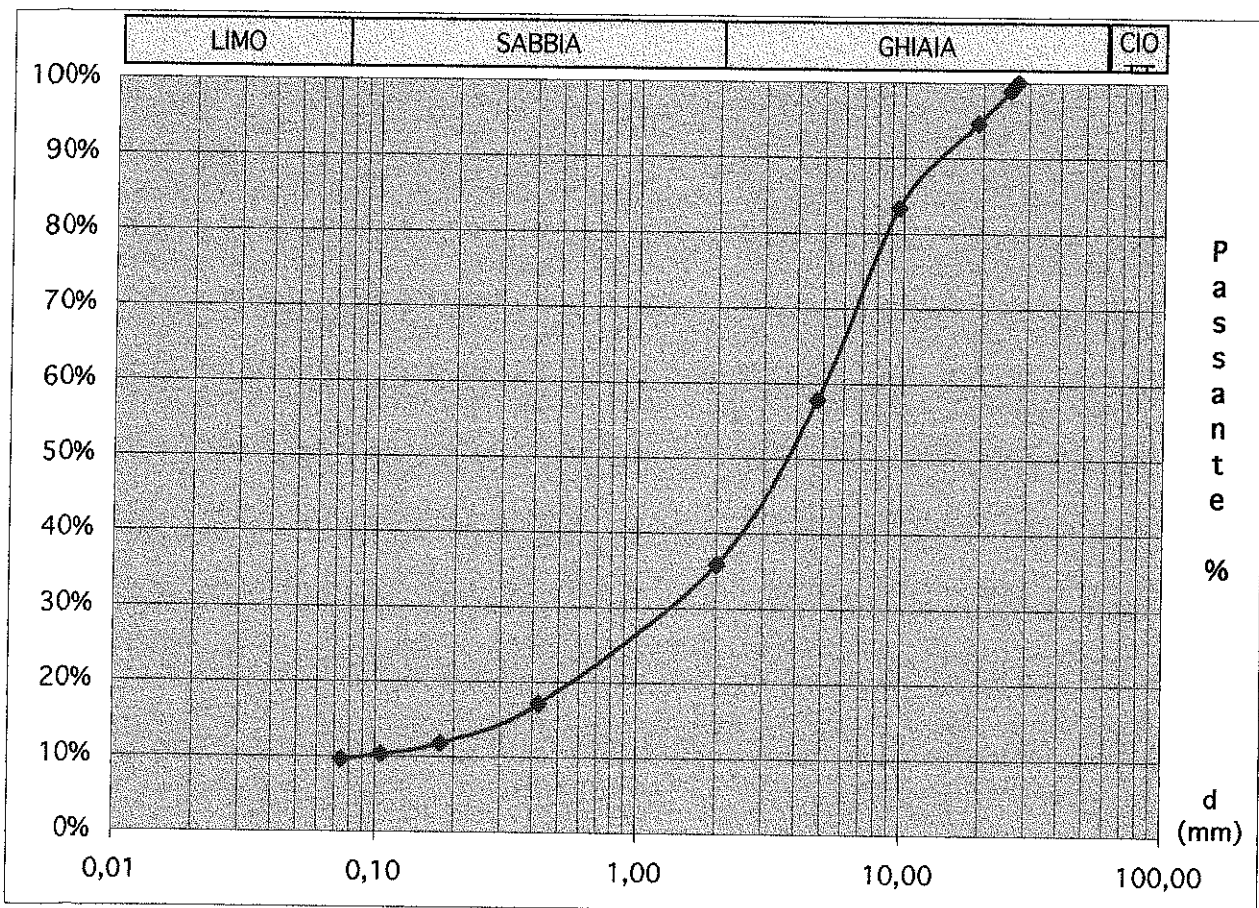
Profondità di prelievo (m) : 2,8-3,1

Sezione : 0

Quota (m) : 0

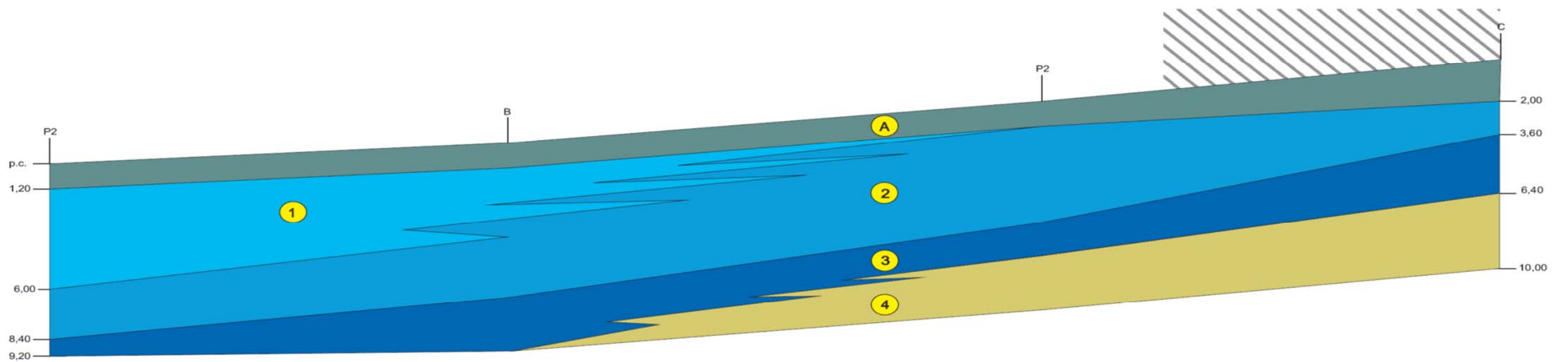
Umidità (%) : 9,7

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Trattenuto (%)	Passante (%)
1	25,400	1,07%	98,93%
3/4	19,050	5,40%	94,60%
3/8	9,525	16,73%	83,27%
N4	4,760	42,27%	57,73%
N10	2,000	64,20%	35,80%
N40	0,420	82,93%	17,07%
N80	0,177	88,27%	11,73%
N140	0,105	89,73%	10,27%
N200	0,074	90,47%	9,53%



I dati acquisiti permettono di delineare un modello litotecnico lungo una direttrice est-ovest come di seguito riportato

MODELLO LITOTECNICO DI DETTAGLIO
 Scala orizzontale 1:350
 Scala verticale 1:200



A Suolo e riporto naturale;

1 Ghiaia fine in matrice limosa moderatamente addensata

2 Ghiaia fine in matrice limosa addensata

3 Ghiaia fine in matrice limosa molto addensata

4 Ghiaia fine con limo, moderatamente addensata