Studio di Geologia
Tecnica ed ambientale

Via Luigi Galvani n.19
63822 Porto S. Giorgio FM
Tel Fax 0734 679003
Tel 347 8679039
E-mail grazianociferri@alice.it
grazianociferri@epap.sicurezzapostale.it

COMUNE DI MONTEGIORGIO

SUAP in variante al Prgc

ai sensi dell'art.29 quater della L.R. 34/92 per l'intervento di

AMPLIAMENTO E RIDISTRIBUZIONE VOLUMETRICA DI FABBRICATO ARTIGIANALE E REALIZZAZIONE OPERE D'URBANIZZAZIONE COMPARTO D1 a.3

c.da Castagneto, snc

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

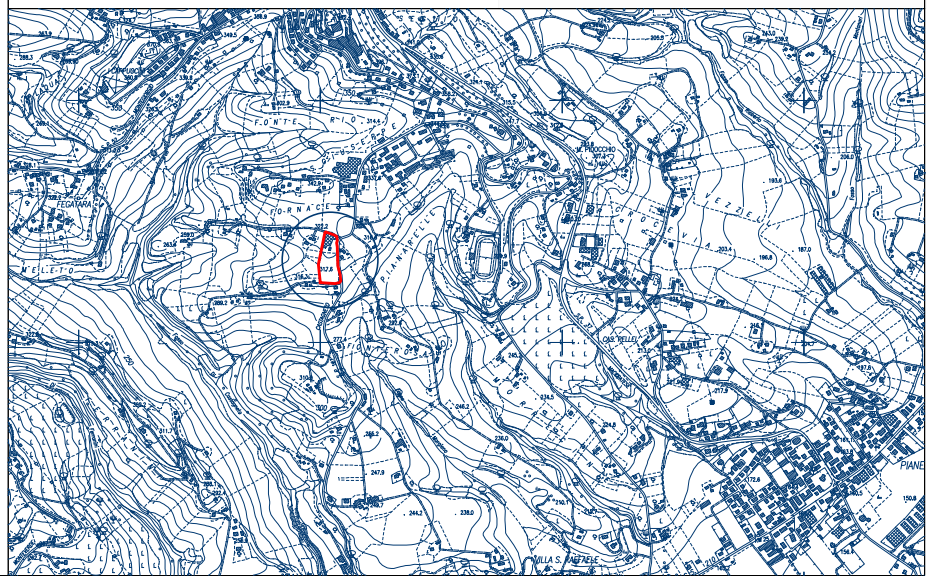
modellazione geologica, geotecnica e
caratterizzazione sismica locale
verifica compatibilità idraulica - verifica invarianza idraulica

Committente:
TECNOMETAL ORNAMENTS S.U.R.L.
c.da Castagneto, snc - 63833 Montegiorgio (FM)

Tecnico incaricato:
Dr Geol Graziano Ciferri
Codice Fiscale: CFR GZN 63P01 G920H
Partita IVA: 01372470441

ORDINE DEI GEOLOGI DELLE MARCHE
Graziano CIFERRI
Geologo Specialista
N. 356
ALBO SEZIONE A

Febbraio 2019



INDICE

1. PREMESSA E METODOLOGIA D'ANALISI 2
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED AMBIENTALE 4
3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE 4
4. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE 5
5. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE 6
5.1 Permeabilità 6
6. CARATTERISTICHE LITOTECNICHE 6
7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA 7
8. PERICOLOSITA' GEOLOGICA 8
9. SISMICITA' DELL'AREA 8
10. AZIONE SISMICA 9
10.1 Analisi sismica del sito 9
10.2 Categoria di sottosuolo 11
10.3 Condizioni topografiche 11
10.4 Valutazione dell'azione sismica 11
11. IL RISCHIO 14
12. STABILITA' DELL'AREA 15
13. VOCAZIONALITA' EDIFICATORIA 15
14. VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA 16
15. INVARIANZA IDRAULICA 17
15.1 Computo dei volumi di compensazione per l'invarianza idraulica 18
16. INDICAZIONE PER LE OPERE DI FONDAZIONE 24
16.1 Carico limite di fondazione superficiale 25
16.2 Coefficiente di sottofondo statico 26
17. VINCOLO IDROGEOLOGICO 26
18. CONCLUSIONI 27

1. PREMESSA E METODOLOGIA D'ANALISI

Nella presente relazione sono illustrati i risultati dell'indagine geologica, geomorfologica, geotecnica e sismica, eseguita nell'area ubicata nel comune di Montegiorgio in c.da Castagneto, identificata al Catasto Terreni al foglio di mappa n.42 particelle n.390, 597 e 598 con superficie totale di 14.960 mq. Per una superficie di 14.640 mq, si richiede il procedimento S.U.A.P. in variante al Prgc ai sensi dell'art. 29 quater della L.R. 34/92 per l'intervento di ampliamento e ridistribuzione volumetrica di fabbricato artigianale e realizzazione opere d'urbanizzazione, comparto D1 a.3.

(cfr.: *Corografia, scala 1:10.000*)

Tale indagine è stata diretta ad approfondire la caratterizzazione geologica, geomorfologica, geotecnica ed idrogeologica, qualitativa e quantitativa del sottosuolo, per consentire la valutazione sulla vocazionalità edificatoria dell'area, al fine di una corretta pianificazione territoriale compatibile con la trasformazione urbanistica in progetto e inoltre consentire al progettista una corretta scelta ed esecuzione delle opere di fondazione in rapporto alle caratteristiche del terreno..

L'indagine è stata eseguita in conformità con la vigente normativa tecnica per le edificazioni in zone sismiche:

- L. n.64 del 2/2/1974 “Legge Sismica Nazionale”;
- L. R. n.33 del 3 Novembre 1984 “Legge Sismica Regionale”;
- D.M. Marzo 1988 “Norme per lo studio delle terre e delle rocce”;
- Circolare Regionale Marche n.14 del 28 agosto 1990;
- D.P.G.R. n. 23 del 14/9/1989 “Regolamento edilizio tipo”;
- L.R. n.26 del 8 Giugno 1987 “Piano Paesistico Ambientale Regionale e relative norme tecniche di attuazione e circolari esplicative”;
- L.R. n. 34 del 5 Agosto 1992 “Norme in materia di urbanistica, paesaggistica e di assetto del territorio”;
- Delibera n.75 del 11 Dicembre 2001 “Piano Territoriale di Coordinamento”;
- D.G.R. n. 873 del 17/06/2003 “Piano Assetto Idrogeologico” PAI;
- D.M del 14.01.2008 - D.M del 17.01.2018 “Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche”;

La metodologia adottata per lo svolgimento della presente indagine è stata così articolata:

Ricerca bibliografica

Dalla ricerca bibliografica sono stati acquisti dati esistenti relativi ad indagini eseguite nell'area in oggetto; gli studi e le pubblicazioni consultate sono:

- *L'AMBIENTE FISICO DELLE MARCHE -autori vari-* Edito a cura dell'Assessorato Urbanistica-Ambiente della Regione Marche; *1991*

- *LA GEOLOGIA DELLE MARCHE -Centamore E., Deiana G.-* Studi geologici camerti; numero speciale in occasione del 73° Congresso della Società Geologica Italiana; *Roma, 1986*.
- *CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO* scala 1:10.000 del *"Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (PAI)* L. 183/89- L. 365/00 -L.R. 13/99 redatto dalla regione Marche -Autorità di Bacino Regionale.
- MICROZONAZIONE SISMICA livello I e III, dicembre 2017;
- Relazione tecnico-geologica relativa all'ampliamento di fabbricato artigianale, sito in c.da Castagneto n.1/a nel comune di Montegiorgio, redatta dal Geol. Giacomo Liberati, Luglio 2012.

Rilievo di superficie

Al fine della caratterizzazione e modellazione geologica del sito è stato eseguito un rilievo geologico. L'analisi geologica e geomorfologica di dettaglio, eseguita attraverso il rilievo delle forme e dei depositi ad esse connessi, ha permesso la ricostruzione del modello geologico e morfogenetico in cui ricade l'area in esame e la formulazione delle tendenze evolutive future in relazione sia alle caratteristiche lito-stratigrafiche e sia alla dinamica geomorfologica.

Ricostruzione litostratigrafica e caratterizzazione fisico-meccanica del terreni

La ricostruzione litostratigrafica e la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni è avvenuta per mezzo dell'esecuzione di due sondaggi e due prove penetrometriche, inoltre sono stati reperiti dati stratigrafici relativi ai sondaggi eseguiti per la realizzazione dell'ampliamento del fabbricato artigianale. I dati hanno consentito la ricostruzione del modello geotecnico del sottosuolo con la caratterizzazione sedimentologica e stratigrafica dei terreni (*natura, colore, qualità, ecc*.) e la valutazione dello spessore e la geometria dei litotipi.

Indagine geofisica

L'indagine geofisica è stata eseguita al fine della caratterizzazione sismica del sottosuolo per valutare la velocità di propagazione delle onde di taglio (Vs_{30}) come richiesto dalle N.T.C. del 17/01/2018. L'indagine geofisica di tipo indiretto-attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è stata eseguita al fine di valutare l'andamento delle velocità delle onde di taglio (Vs) con la profondità, a partire dal piano di campagna, impiegando la tecnica d'indagine che utilizza le onde superficiali , inoltre è stata eseguita una prova sismica di tipo passivo HVSR, la metodologia adottata si basa sulla tecnica di Nakamura e sul rapporto spettrale H/V ed eseguita per mezzo di tromografo digitale GeoBox 3CH 24 bit – SS45

Valutazione delle caratteristiche idrogeologiche.

Le caratteristiche sedimentologiche e stratigrafiche dell'area hanno consentito la caratterizzazione idrogeologica del sito in oggetto.

Stesura della presente relazione esplicativa e relative carte tematiche.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED AMBIENTALE

L'area oggetto di studio ricade geograficamente nei seguenti fogli cartografici:

- foglio n. 314 sezione 314070 della Carta Tematica della Regione Marche, scala 1:10.000;
- foglio n. 125 quadrante III della C. T. R. scala 1:25.000.

L'area è ubicata a Sud del centro storico del comune di Montegiorgio, in zona collinare caratterizzata da un modesto tasso di urbanizzazione lungo il crinale della dorsale collinare ed aree verdi ubicate lungo i versanti con sviluppo delle attività agricole.

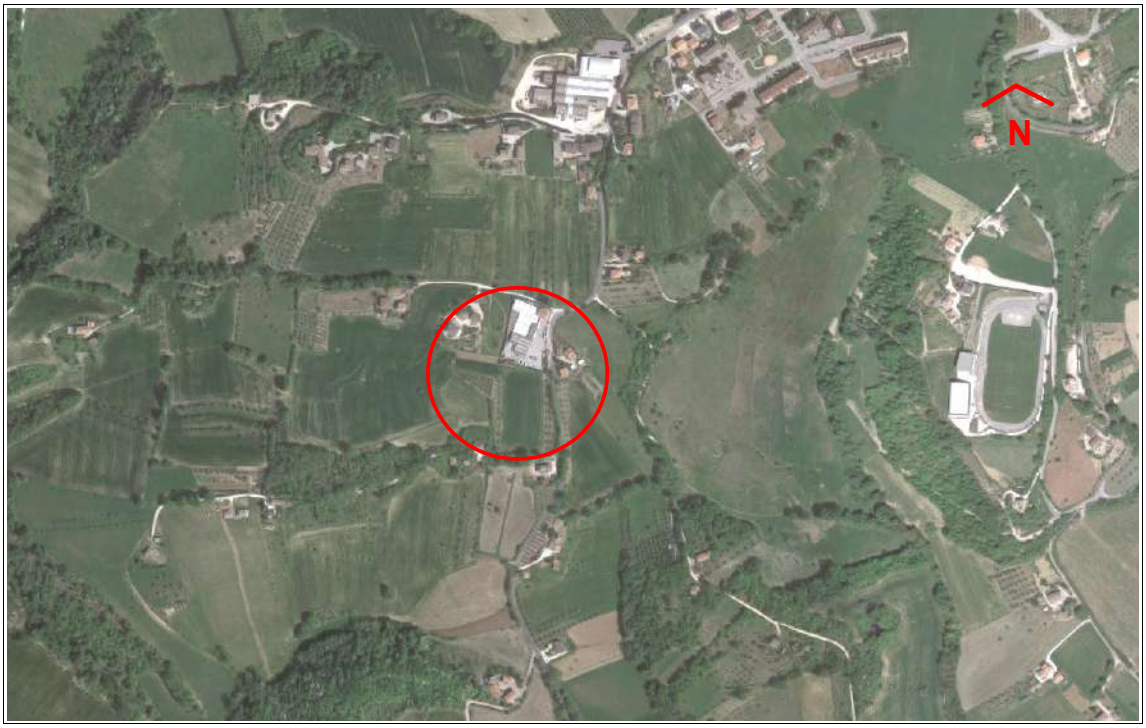


Fig. 1: Ubicazione area su foto aerea

3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Nella regione marchigiana è presente una successione sedimentaria pressoché continua dal Trias superiore al Neogene, che poggia su un basamento cristallino ercinico in evoluzione continua fino al Pleistocene. Tale successione presenta variazioni di spessori e di facies che riflettono quelle spazio-temporali degli ambienti di sedimentazione (Centamore e Micarelli, 1991).

Nell'area oggetto di studio, ubicata nell'estremo settore sud-orientale del Bacino Marchigiano Esterno, affiorano la successione di sedimenti terrigeni del ciclo plio-pleistocenico.

Il susseguirsi nel corso del tempo di molteplici ambienti di sedimentazione, di concerto con l'evoluzione tettonica quaternaria e le azioni marine trasgressive e regressive combinate alle

variazioni climatiche, portarono all'instaurarsi di processi erosivi lineari alternati a fasi di sedimentazione e/o a prevalente erosione laterale. La disposizione strutturale dei litotipi si inserisce dunque nell'ampia “Monoclinale” regionale nel dominio del Bacino Marchigiano Esterno, la quale consiste in una successione di strati debolmente inclinati (9°) ed immergenti verso N-E.
Il sottosuolo dell'area in oggetto è costituito da una coltre di copertura di natura eterogenea da debolmente coesiva a coesiva, sovrastante i depositi di margine e di riempimento di paleocanali sottomarini che a loro volta mascherano i depositi da neritici ad epibatiali di rilevante potenza. In superficie sono stati rilevati, nella porzione centrale dell'area, terreni di riporto di origine antropica, tali terreni ricoprono i depositi continentali, Alluvioni terrazzate (AC_{bn}) cronologicamente riconducibili al Pleistocene medio sommitale e depositi Eluvio-Colluviale (MUS_{b2}) cronologicamente riconducibili all'Olocene, sovrastanti la formazione delle Argille Azzurre, membro di Offida litofacies Pelitico Arenacea (FAA_{5e}) di epoca Pliocenica.

4. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

L'area in oggetto si sviluppa in prossimità della porzione sommitale di una dorsale collinare con asse lungo la direzione Nord – Sud, che costituisce lo spartiacque tra il bacino idrografico del fosso Castagneto ad Ovest e fosso Margiano ad Est.
La struttura collinare, così come l'intero assetto geomorfologico generale della zona, deriva dall'azione della tettonica e dalla natura litologica (grado di erodibilità) dei litotipi presenti. La quota altimetrica dell'area varia da 321 a 314 sul livello medio del mare, la pendenza dell'area in oggetto varia da pianeggiante a 5%, angolo d'inclinazione 3°, digradante verso Sud.
Lungo il confine con la strada Provinciale a Sud Est è presente una scarpata di origine antropica con altezza variabile da 4,0 a 6,0 m e con pendenza maggiore/uguale al 30% angolo d'inclinazione medio di circa 20°, attualmente non si rilevano elementi morfogenetici che testimoniano un dissesto in atto.
La presenza di essenze vegetali lungo il ciglio di scarpata, oltre ricostituire ecosistema del paesaggio garantisce nel tempo la stabilità del bordo della scarpata.

Il sito non rientra in area soggetta a pericolosità ed a rischio idrogeologico gravitativo per fenomeni franosi; aree individuate negli strumenti urbanistici comunali e in altri studi specifici di settore (C.A.R.G., S.C.A.I., R.I.M., studi GNDCI) ed acquisite nel Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (PAI), approvato con D.C.R. n.116 del 21.01.2004, aggiornato al 2016.
(cfr.: *Carta del rischio idrogeologico, scala 1:10.000*).

5. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

L'evoluzione del sistema idrografico superficiale risulta fortemente condizionato dai fenomeni neotettonici avvenuti a partire dal Pliocene inferiore-medio che hanno favorito il rapido approfondimento dell'intero reticolo idrografico.

Il sito in oggetto non è attraversato da vie preferenziali di scorrimento delle acque superficiali.

Il reticolo idrografico dell'area circostante è rappresentato dal fosso Castagneto, ubicato su fondo valle ad Ovest e dal fosso Margiano ubicato su fondo valle ad Est, inoltre lungo i versanti digradanti a Ovest e ad Est, sono presenti vallecole ed impluvi naturali atti alla raccolta e allo smaltimento delle acque superficiali di origine meteorica.

Lo schema idrogeologico dell'area in oggetto, in stretta dipendenza tra assetto litostrutturale e circolazione idrica, è caratterizzato da un complesso di depositi Alluvionali terrazzati ed Eluvio-Colluviali. Tale complesso è formato essenzialmente da depositi costituiti da *limi sabbiosi debolmente argillosi.* In tali depositi si possono instaurare modeste circolazioni idriche a carattere stagionale. Tuttavia, in relazione alla profondità massima investigata, 21,5 m dal piano campagna, non sono state rilevate emergenze idriche.

5.1 Permeabilità

Le caratteristiche idrogeologiche dei terreni superficiali, costituiti da *depositi alluvionali terrazzati ed eluvio colluviali*, *limi sabbiosi debolmente argillosi*, presentano una ***permeabilità bassa*** pari a K = 10^{-5} - 10^{-7} m/sec, classificati come terreni semi permeabili.

(cfr.: *Carta idrogeologica, scala 1:1000*)

6. CARATTERISTICHE LITOTECNICHE

La classificazione litotecnica è stata effettuata seguendo lo schema indicato dalla Circolare n. 14 del 28 Agosto 1990 e riportato sul Bollettino Ufficiale della Regione Marche, anno XXI n. 120, del 24 Settembre 1990.

Sulla base del rilievo e delle indagini effettuate, che hanno permesso di risalire alle caratteristiche granulometriche del litotipo presente in superficie ed alle proprietà tecniche dell'unità stratigrafica, è stata elaborata la carta litotecnica allegata. In tale carta si evince che nell'area in oggetto è presenti l'unità di "*copertura*", composta da:

"*sedimenti a grana medio fine*" - **E_2** limi sabbiosi debolmente argillosi
- **Terreni di riporto**, limi sabbiosi con spessore da 1,0 a 2,0 m

7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Al fine di determinare le caratteristiche geotecniche dei litotipi presenti sono stati eseguiti due sondaggi, due prove penetrometriche dinamiche ed acquisito dati stratigrafici relativi ad indagine seguita nell'area.

(cfr.: *Planimetria ubicazione indagini, scala 1:1000*)

Le caratteristiche geotecniche dei terreni sono state desunte dall'interpretazione dei dati ottenuti dall'esecuzione di prove effettuate in sito, in dettaglio sono state eseguite prove di resistenza a compressione semplice (ELL) tramite pocket penetrometer (ST-308) sui campioni di terreno prelevati durante l'esecuzione del sondaggio, l'andamento dei valori ottenuti è piuttosto regolare dalla superficie verso la profondità, i valori rilevati con le profondità relative sono riportati nelle stratigrafie allegate. (cfr.: *Stratigrafia S1 - S2*)

Le prove penetrometriche dinamiche, eseguite tramite penetrometro dinamico DM 30, consentono dal punto di vista qualitativo l'individuazione di strati di terreno con bassa consistenza, mentre, dal punto di vista quantitativo consentono una stima del valore della resistenza al taglio in condizioni di drenaggio impedito nei terreni coesivi (coesione) e la valutazione dello stato d'addensamento e dell'angolo d'attrito nei terreni incoerenti (Dr e φ).

(cfr.: *Elaborati prove penetrometriche $P_{DPM}1$ – $P_{DPM}2$*)

I parametri geotecnici di seguito riportati sono stati ricavati dall'elaborazione e dalla correlazione dei dati sperimentali secondo l'interpretazione di Terzaghi, D'Appolonia, Sanglerat ed altri autori, che tengono conto della resistenza di rottura alla punta e dell'attrito laterale del manicotto. Inoltre sono stati correlati ad analisi di laboratorio eseguite su terreni simili.

a. Terreno vegetale e di riporto

Il processo pedogenetico in fase di stasi ha permesso la progressiva alterazione con lo sviluppo di un suolo ben evoluto di colore bruno costituito da ***limi sabbiosi e limi sabbiosi leggermente argillosi***, con inclusi elementi vegetali e clasti calcarei di piccole dimensioni. Tale litotipo si presenta a tessitura eterogenea ed alterato dai fattori climatici. La caratterizzazione fisico-meccanica non viene effettuata in quanto terreni non idonei per le fondazioni.

b. limi sabbiosi debolmente argillosi

Litotipo di colore avana, alternato da limi sabbiosi e limi, è costituito prevalentemente da sedimenti a granulometria fine con tessitura eterogenea. Sono terreni da debolmente coesivi a coesivi, da poco consistenti a moderatamente consistenti (A.G.I. 1977).

Tale litotipo è suscettibile di alterare i propri requisiti geotecnici in relazione alla variazione del contenuto naturale d'acqua.

Parametri geotecnici	*min ÷ max*	*Medio*	*Parametri caratteristici (D.M.08)*	*U.M.*
Peso dell'unità di volume	γ = 1,8 ÷ 1,9		γ_k = 1,8	g/cmc
Coesione non drenata	Cu = 0,4 ÷ 1,2	0,7	Cu_k = 0,6	Kg/cmq
Coesione drenata	C' = 0,0 ÷ 0,1	0,05	C'_k = 0,04	Kg/cmq
Angolo di attrito drenato	φ' = 26° ÷ 29°	27°	φ'_k = 26°	Gradi
Modulo edometrico	Ed = 60 ÷ 118	83	Ed_k = 66	Kg/cmq
Numero di colpi Standard Penetration Test	Nspt = 4 ÷ 11			

8. PERICOLOSITA' GEOLOGICA

Sulla base delle indagini svolte in relazione alle condizioni topografiche, geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche è stata redatta la carta della pericolosità geologica, l'area è classificabile con un *grado di pericolosità basso* ad eccezione di una piccola porzione di area coincidente con la scarpata, classificata con *grado medio-alto*.

Grado di pericolosità basso: area di versante poco acclive con presenza di depositi Alluvionali terrazzati ed Eluvio-Colluviali, geomorfologicamente stabili. In tale area non si rilevano problematiche che possono pregiudicare gli interventi di urbanizzazione e di edificazione.

Grado di pericolosità medio-alto: area di versante acclive con presenza di depositi Alluvionali terrazzati, Eluvio-Colluviali e riporti, dal punto di vista geomorfologico l'area è potenzialmente instabile. In tale area gli interventi di urbanizzazione e di edificazione devono essere mirati alla salvaguardia della stabilità della scarpata.
(cfr.: *Carta della pericolosità geologica*, scala 1:1000)

9. SISMICITA' DELL'AREA

In relazione alla normativa sismica O.P.C.M. 3274 del 20.03.03 all. 1 "*criteri per l'individuazione delle zone sismiche, individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone*", l'area in esame, il comune di Monte Urano, ricade in zona sismica 2, con valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, pari a:

zona	*Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g]*	*Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]*
1	> 0,25	0,35
2	**0,15 – 0,25**	**0,25**
3	0,05 – 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

10. AZIONE SISMICA

Le **azioni sismiche di progetto**, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "*pericolosità sismica di base*" del sito in oggetto.

La pericolosità sismica è definita in termini di *accelerazione orizzontale massima attesa* **a_g** in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente S_e (T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PV_R, nel periodo di riferimento V_R.

Ai fini della normativa le forme spettrali sono state definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PV_R, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

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

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

Nella presente relazione sono riportati i valori di a_g , F_o, T^*_c ,del sito in oggetto, necessari per la determinazione delle azioni sismiche, in relazione agli stati limite, sia di esercizio che ultimi e alle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PV_R , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati (D.M. 17/01/2018 tab. 3.2.I).

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si è fatto riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (D.M. 17/01/2018 tab. 3.2.II) e categorie di condizioni topografiche (D.M. 17/01/2018 tab. 3.2.III).

10.1 Analisi sismica del sito

Al fine di caratterizzare sismicamente il sottosuolo e, in particolare, individuare le discontinuità sismiche, ricostruire la profondità del locale sub-strato geologico (o meglio bedrock geofisico) e determinare la velocità di propagazione delle onde di taglio (Vs) come esplicitamente richiesto dalle "*Nuove norme tecniche per le costruzioni*" del D.M. del 17 Gennaio 2018, è stata impiegata la tecnica d'indagine che utilizza le onde superficiali, di tipo attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

La generazione delle onde superficiali si ottiene con l'energizzazione in superficie ottenuta mediante

sistemi impulsivi. Tali onde si propagano come onde superficiali di tipo Rayleigh il cui moto è determinato dalla combinazione delle onde P e S. Date le caratteristiche elastiche dei terreni in senso verticale, ciascuna componente in frequenza di queste onde è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione e quindi da una diversa lunghezza d'onda, generando il fenomeno di dispersione, la proprietà dispersiva può essere utilizzata come metodo per valutare le velocità Vs dei terreni superficiali.
(cfr.: *Indagine sismica MASW*)

Inoltre è stata eseguita un'indagine sismica che si avvale della metodologia basata sulla tecnica di Nakamura e sul rapporto spettrale H/V.
La tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizzontal to Vertical Spectral Ratio) permette di ottenere i seguenti risultati:

- la **frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale, in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare manufatti aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosa per la stabilità degli stessi in caso di sisma;
- la **velocità media delle onde di taglio Vs e Vs_{30}** calcolata con un apposito codice di calcolo, tramite la curva H/V;
- la **stratigrafia del sottosuolo** con un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità, anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 m. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

(cfr.: *Indagine sismica passiva a stazione singola HVSR*)

La velocità equivalente delle onde di taglio è stata calcolata su uno spessore di 30 m di profondità, in quanto il substrato sismico (> 800 m/s) è ubicato ad una profondità maggiore di 55 m, ed è stata determinata tramite la formula seguente.

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

Piano di posa (m)	MASW	HVSR	Categoria sottosuolo
0,00	285,55	259,57	C
1,00	290,03	287,51	C
2,00	294,34	298,17	C

Nella valutazione della categoria di suolo e nell'approccio alla progettazione strutturale del manufatto in questione, non vanno comunque trascurate le informazioni acquisite con l'indagine sismica circa la frequenza di risonanza del sito.

Nel grafico n.2 riportato nella relazione sismica allegata, escludendo le frequenze > 10 - 12 Hz e < 1 Hz non significative dal punto di vista strutturale, si osservano **frequenze caratteristiche di risonanza del terreno**, prossime **2,0 Hz**, a cui corrisponde un picco H/V pari a 3,1, prossime a **1,4 Hz** a cui corrisponde un picco H/V pari a 2,4, inoltre si osservano frequenze e basso contrasto d'impedenza prossime a **5 Hz** e **6,6 Hz** a cui corrispondono picchi H/V pari a 1,5 e 1,6 a significare che il terreno in questione amplifica le onde di superficie rispetto all'imput su bedrock di riferimento.

Sarà cura del progettista, al fine di evitare pericolosi fenomeni di doppia risonanza in caso di sisma, progettare una struttura con frequenze fondamentali di oscillazione lontane (per un fattore di almeno 1.4) da quelle tipiche del terreno nel sito specifico di edificazione.

10.2 Categoria di sottosuolo

La categoria del sottosuolo, in base al valore V_{S30} della velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità, rientra nella categoria **C**, *depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti* con profondità del substrato superiore 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.

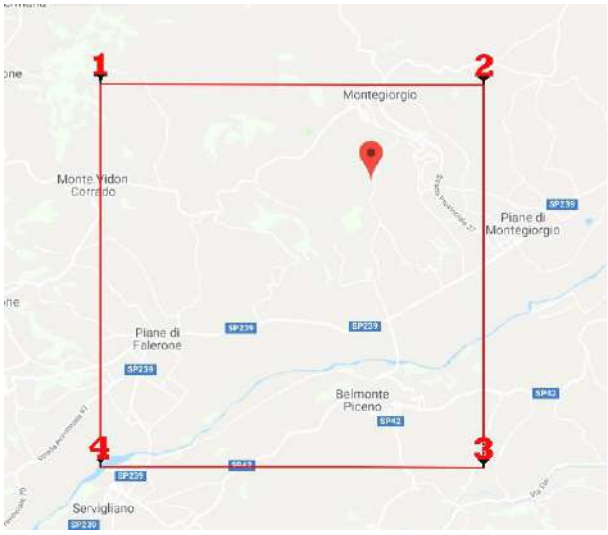
10.3 Condizioni topografiche

In relazione agli effetti di amplificazione locale legati alla morfologia del suolo, la categoria relativa alla superficie topografica dell'area in esame rientra nella categoria **T1**, *superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°*.

10.4 Valutazione dell'azione sismica

La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento che suddivide il territorio in aree omogenee da punto di vista di rischi sismico (Tab. 1 Alleg. B del D.M. 14/01/2008). Ad ogni nodo che identifica un'area è associato un valore di accelerazione massima attesa al suolo per un determinato periodo di tempo di ritorno.

Nodi del reticolo



Sito in esame.
latitudine: 43,122421
longitudine: 13,538439
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento
Sito 1 ID: 22977
Lat: 43,1350 Lon: 13,4901 Distanza: 4164,763

Sito 2 ID: 22978
Lat: 43,1349 Lon: 13,5586 Distanza: 2146,941

Sito 3 ID: 23200
Lat: 43,0850 Lon: 13,5585 Distanza: 4473,290

Sito 4 ID: 23199
Lat: 43,0850 Lon: 13,4901 Distanza: 5725,187

Parametri sismici	
Categoria sottosuolo: C Categoria topografica: T1 Periodo di riferimento: 50anni Coefficiente cu: 1	
Stati limite di esercizio	*Stati limite ultimi*
Operatività (SLO): Probabilità di superamento: 81 % Tr: 30 [anni] ag: 0,055 g Fo: 2,463 Tc*: 0,273 [s]	Salvaguardia della vita (SLV): Probabilità di superamento: 10 % Tr: 475 [anni] ag: 0,175 g Fo: 2,433 Tc*: 0,339 [s]
Danno (SLD): Probabilità di superamento: 63 % Tr: 50 [anni] ag: 0,069 g Fo: 2,440 Tc*: 0,291 [s]	Prevenzione dal collasso (SLC): Probabilità di superamento: 5 % Tr: 975 [anni] ag: 0,226 g Fo: 2,466 Tc*: 0,347 [s]
	Geostru software

I **parametri sismici** calcolati, in relazione agli stati limite considerati ed al sito in oggetto, sono:

Tr periodo di ritorno dell'azione sismica, espresso in anni;

ag accelerazione orizzontale massima attesa al sito, dipende dalle coordinate che identificano il sito su cui dovrà insistere la fondazione;

Fo valore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale. Il valore è dipendente dalle coordinate che identificano il sito su cui dovrà insistere la costruzione;

Tc* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale. Il valore è dipendente dalle coordinate che identificano il sito su cui dovrà insistere la costruzione.

Coefficienti sismici	
Stati limite di esercizio	*Stati limite ultimi*
SLO: Ss: 1,500 Cc: 1,610 St: 1,000 Kh: 0,016 Kv: 0,008 Amax: 0,807 Beta: 0,200	SLV: Ss: 1,440 Cc: 1,500 St: 1,000 Kh: 0,061 Kv: 0,030 Amax: 2,472 Beta: 0,240
SLD: Ss: 1,500 Cc: 1,580 St: 1,000 Kh: 0,021 Kv: 0,010 Amax: 1,019 Beta: 0,200	SLC: Ss: 1,370 Cc: 1,490 St: 1,000 Kh: 0,087 Kv: 0,043 Amax: 3,040 Beta: 0,280
	Geostru software

I **coefficienti sismici** in relazione agli stati limite considerati, calcolati sono:

Ss coefficiente di amplificazione stratigrafica (D.M. 14/01/2008 tab. 3.2.V);

Cc coefficiente in funzione della categoria di sottosuolo (D.M. 14/01/2008 tab. 3.2.V);

St coefficiente massimo di amplificazione topografica (D.M. 14/01/2008 tab. 3.2.VI);

Kh coefficiente di intensità sismica orizzontale;

Kv coefficiente di intensità sismica verticale;

Amax accelerazione massima orizzontale attesa al sito ed è dipendente dagli effetti di amplificazione stratigrafica e dagli effetti di amplificazione topografica;

Beta coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito. Nel caso di opere di sostegno o stabilità di pendii esso è funzione della categoria del suolo e del valore di ag, mentre nel caso di paratie è funzione dello spostamento massimo ammissibile Us.

Per rischio sismico si intende una misura del danno che può essere prodotto da un terremoto preso come riferimento. A determinare il *rischio sismico* concorrono, in misura diversa, alcuni fattori:

- *Pericolosità sismica*, caratteristiche del terremoto atteso nella località e la sua probabilità di ricorrenza.
- *Risposta sismica locale*, diversificazione del terremoto atteso in relazione a condizioni geologiche, geomorfologiche e geotecniche locali, valutabili a scala di dettaglio.
- *Vulnerabilità*, predisposizione dei manufatti esistenti e di progetto a subire danni in caso di terremoto.
- *Esposizione al terremoto*, distribuzione delle attività nel territorio urbanizzato e infrastrutturato, nonché il carico urbanistico inteso negli aspetti demografici e occupazionali,

nelle specifiche articolazioni delle destinazioni d'uso, delle densità edilizie, della dotazione impiantistica e delle loro interconnessioni.

Al fine di elaborare la *carta della pericolosità sismica locale*, si devono individuare e classificare zone a risposta sismica omogenea (microzonazione), con un grado di rischio sismico diverso, caratterizzate da un'insieme di parametri che concorrono, in maniera diversa, a modificare le azioni sismiche previste per il livello-base .

In dettaglio, nell'area in oggetto, è stato attribuito un *grado di pericolosità sismico locale medio-basso*, in quanto ci troviamo in area di versante con presenza, negli strati superficiali, dei depositi *limoso-sabbiosi*, unitamente ad aree circostanti acclivi, con probabili effetti in caso di terremoto di amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta alla differenza di risposta sismica tra substrato e copertura e cedimenti collegati a particolari caratteristiche geotecniche dei terreni.

Mentre per la piccola porzione di area coincidente con la scarpata, è stato attribuito *grado di pericolosità sismico locale medio,* in quanto l'area è di bordo e ciglio di scarpata di origine antropica, con possibili effetti in caso di terremoto di amplificazione diffusa del moto del suolo con la focalizzazione delle onde sismiche lungo pendii particolarmente acclivi e con attivazione di fenomeni gravitativi superficiali.

(*cfr.: Carta della pericolosità sismica locale, scala 1:1000*)

11. IL RISCHIO

Il rischio è il risultato del prodotto della pericolosità per la vulnerabilità. Per pericolosità s'intende la probabilità che un certo fenomeno naturale o indotto si verifichi in una determinata area in un intervallo di tempo, mentre per vulnerabilità si intende l'insieme complesso della popolazione, delle costruzioni, delle infrastrutture, delle attività economiche, dell'organizzazione sociale e degli eventuali programmi di espansione e di potenziamento di una determinata area.

La valutazione del rischio deve scaturire dall'analisi dei rapporti che intercorrono tra i vari fattori di vulnerabilità e le forme di pericolosità possibili nell'area d'interesse.

La carta del rischio è la carta di sintesi delle diverse carte tematiche allegate. Da ciò è emerso che l'area ha un *grado di rischio basso ,* mentre la piccola porzione di area coincidente con la scarpata ha un *grado di rischio medio*.

(*cfr.: Carta del rischio, scala 1:1000*)

12. STABILITA' DELL'AREA

Dai rilievi eseguiti non si rilevano elementi morfogenetici che testimoniano un dissesto in atto, la morfologia dell'area in oggetto è priva di avvallamenti e/o fratture di taglio ed i fabbricati presenti non presentano dissesti statici e/o quadri fessurativi imputabili a cedimenti differenziali delle fondazioni per cause gravitative.

Il sito non rientra in area soggetta a pericolosità ed a rischio idrogeologico gravitativo per fenomeni franosi, perimetrate nel Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico dei bacini di rilievo regionale (PAI), approvato con D.C.R. n.116 del 21.01.2004, aggiornato 2016.

(cfr.: *Carta del rischio idrogeologico, scala 1:10.000*).

L'intervento in progetto prevede modeste variazioni morfologiche del terreno ed il modesto carico della struttura in relazione alla tipologia di fondazione non determinerà incrementi significativi di carico sul pendio.

Al fine di aumentare il grado di sicurezza dell'area e ricostituire ecosistema del paesaggio, si consiglia la sistemazione a verde mediante semina e messa a dimora di essenze vegetali autoctone legate al paesaggio circostante, inoltre, per garantire nel tempo la stabilità del versante, si consiglia di realizzare un sistema di regimazione delle acque superficiali per mezzo di canalette, garantendo un regime di deflusso, evitando così infiltrazioni e ruscellamento diffuso con conseguente erosione dei terreni superficiali.

13. VOCAZIONALITA' EDIFICATORIA

Dallo studio effettuato, viste le condizioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e la risposta sismica unitaria che caratterizza l'area, sono state eseguite valutazioni sulla vocazionalità edificatoria dell'area in relazione alla trasformazione urbanistica. Da ciò risulta un grado di *vocazionalità edificatoria media*, mentre per la piccola porzione di area coincidente con la scarpata, una *vocazionalità condizionata*.

Vocazionalità media

L'area è contrassegnata con un grado basso di pericolosità sismica locale rispetto al livello base, ha una morfologia poco acclive e risulta caratterizzata da sedimenti sciolti medio-fini costituiti da limi sabbiosi debolmente argillosi, pertanto non sussistono condizioni per limitare interventi di urbanizzazione e di edificazione.

Vocazionalità condizionata

La porzione di area coincidente con la scarpa è contrassegnata con un grado medio di pericolosità sismica locale al livello base, ha una pendenza acclive ed è costituita da sedimenti sciolti a

granulometria medio-fini. In tale area gli interventi di urbanizzazione e di edificazione devono essere mirati alla salvaguardia della stabilità della scarpata.

(*cfr.: Carta della vocazionalità edificatoria, scala 1:1000*)

14. VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

La verifica di compatibilità idraulica, in relazione alla richiesta del procedimento S.U.A.P. in variante al Prgc ai sensi dell'art. 29 quater della L.R. 34/92 per l'intervento di ampliamento e ridistribuzione volumetrica di fabbricato artigianale e realizzazione opere d'urbanizzazione, comparto D1 a.3, è stata eseguita secondo quanto stabilito dalla L.R. 23 novembre 2011 n.22 art. 10, comma 4 e D.G.R. n.53 del 27/01/2014, la quale prevede lo sviluppo di livelli di approfondimento e, a seconda del livello di sviluppo della stessa, deriva dalla integrazione dei seguenti dati/analisi:

- *verifica preliminare* - analisi idrografica-bibliografica-storica
- *verifica semplificata* - analisi geomorfologica
- *verifica completa* - analisi idrografica-idraulica

Il grado di approfondimento degli studi è in funzione dell'importanza della trasformazione territoriale prevista e della situazione della rete idrografica nel contesto in cui si colloca la trasformazione territoriale.
L'analisi idrografica, bibliografica e storica ha lo scopo di individuare il reticolo idrografico attuale e quello storico recente, le aree mappate come inondabili negli strumenti di Pianificazione di Settore redatti dalle Autorità di Bacino, le aree inondabili individuate in altri strumenti di pianificazione e le aree individuabili come inondabili e/o inondate sulla base degli studi e delle informazioni storiche disponibili.

Individuazione del reticolo idrografico

Al fine della consultazione della cartografia disponibile dell'area sono state reperite le seguenti cartografie:

- carta topografica regionale IGM foglio n.125 III scala 1:25.000
- carta Tecnica Regionale – sezione n. 314070 scala 1:10.000
- carta aerofotogrammetria comunale, scala 1:2.000
- mappa catastale, scala 1.2.000

Il Reticolo idrografico principale dell'area in oggetto è rappresentato dal *fosso Castagneto* ubicato su fondo valle ad Ovest, ad una distanza di 700 m e con dislivello di 100 m, e dal *fosso Margiano,*

ubicato su fondo valle ad Est , ad una distanza di 400 m, con dislivello di 40 m.
In relazione al regime stagionale delle portate, alle distanze e i dislivelli, il sito risulta non esposto a rischio esondazione, inoltre dai dati storici non emergono segnalazioni di fenomeni esondativi che hanno interessato il sito in oggetto.

Ricerca bibliografica e storica

L'analisi della ricerca bibliografica e storica è stata condotta con la raccolta delle informazioni disponibili, relative alla individuazione di aree inondabili mappate negli strumenti di programmazione esistenti.
Gli strumenti di programmazione e i dati consultati sono:

- Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (PAI), approvato con D.C.R. n.116 del 21.01.2004, dove sono riportate le aree individuate negli strumenti urbanistici comunali e in altri studi specifici di settore (C.A.R.G., S.C.A.I., R.I.M., studi GNDCI);
- Progetto AVI (Aree Vulnerate Italiane), Censimento delle aree italiane storicamente vulnerate da calamità naturali ed idrauliche, 2° edizione Anno 1999;
- Rilievo del Reticolo Idrografico Minore della Regione Marche (RIM);
- Dati riguardanti informazioni/segnalazioni relative fonti verbali, editoriali e fotografiche ecc. si evince che l'area in esame non è mai stata interessata in passato da eventi di allagamento e inondazione.

Data la situazione idrogeologica descritta nel presente lavoro, l'area in esame non è interessata da vulnerabilità idrogeologica ed idraulica, in quanto posta a distanza tale da non essere interessata sia da potenziali fenomeni di inondazione/allagamento del reticolo idrografico che dalle dinamiche fluviali, per tempi di ritorno pluricentennale, pertanto la **verifica di compatibilità idraulica risulta soddisfatta dalla presente verifica preliminare**, con l'esclusione dai successivi livelli di analisi (semplificata e completa).

15. INVARIANZA IDRAULICA

Al fine della definizione delle misure compensative rivolte al perseguimento del principio dell'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali, vengono descritte le scelte metodologiche e le indicazioni tecnico-progettuali adottate per il dimensionamento dei dispositivi atti a garantire l'invarianza idraulica nelle trasformazioni urbanistiche in osservanza al titolo III della D.G.R. n.53 del 27/01/2014, richieste all'art. 10 comma 4 della L. R. n. 22 del 22/11/2011 (Norme in materia di riqualificazione urbana sostenibile e assetto idrogeologico e modifiche alla L.R. n.34 del 05/08/1992 "Norme in materia urbanistica, paesaggistica e di assetto del territorio", alla L.R. n. 22 del 08/10/2009 "interventi della regione per il riavvio delle attività edilizie al fine di fronteggiare

la crisi economica, difendere l'occupazione, migliorare la sicurezza degli edifici e promuovere tecniche di edilizia sostenibile").

Per trasformazione del territorio ad invarianza idraulica si intende la modifica di un'area in modo che i deflussi superficiali originati dall'area stessa non provochi un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente. Nelle trasformazioni urbanistiche che comportano parziali impermeabilizzazioni del territorio, sarà quindi necessario predisporre dei volumi di invaso di compensazione. Tali volumi andranno riempiti prima che si verifichi il deflusso delle aree stesse, garantendo l'effettiva invarianza del picco di piena. Gli invasi andranno poi svuotati entro le 24 ore successive all'evento. La portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di quell'area rimarrà così costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo, garantendo il principio di invarianza idraulica.

15.1 Computo dei volumi di compensazione per l'invarianza idraulica

Il principio dell'invarianza idraulica sancisce che la portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di un'area debba essere costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo in quell'area.

Di fatto, l'unico modo di garantire l'invarianza idraulica delle trasformazioni è quello di prevedere volumi di stoccaggio temporaneo dei deflussi e la riduzione dell'infiltrazione che sono un effetto inevitabile di ogni trasformazione del suolo da non-urbano ad urbano.

Verranno di seguito analizzate le condizioni dell'area prima dell'intervento e dopo la trasformazione, quindi analizzati i parametri necessari alla procedura di calcolo dei volumi di invarianza idraulica.

Al fine di fornire indicazioni di tipo tecnico relative alle opere per volumi di compensazione, sulla base delle linee guida "B" sviluppo della verifica per l'invarianza idraulica dove viene riportata la classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici, e consente di definire soglie dimensionali in base alle quali si applicano considerazioni differenziate in relazione all'effetto atteso dell'intervento.

Classe di intervento	Definizione
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	**Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con Imp< 0,3**
Marcata impermeabilizzazione potenziale	intervento su superfici superiori a 10 ha con Imp> 0,3

Tab.1 classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici ai fini dell'invarianza idraulicamente

Le linee guida suggeriscono differenti criteri per il calcolo dei volumi di laminazione e suggeriscono il dimensionamento delle luci di scarico dell'invaso.

La trasformazione da realizzare ricade su una superficie di 14.648 mq (1,47 ha) con classe di appartenenza "*significativa impermeabilizzazione potenziale"*, per la quale le linee guida indicano di dimensionare le luci di scarico ed i tiranti idrici ammessi nell'invaso di laminazione in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione, almeno per una durata di pioggia di 2 ore calcolata con un tempo di ritorno di 30 anni.

Per il calcolo del volume minimo d'invaso è stato eseguito lo studio idrologico ed idraulico basato sul metodo razionale per la quantificazione delle piogge della durata di due ore, con un tempo di ritorno di 30 anni, sono stati utilizzati i dati pluviometrici degli Annali Idrologici, pubblicati annualmente a cura del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN) e nello specifico quelli relativi alla stazione di Porto Sant'Elpidio.

Verifica della volumetria per piogge con Tempo di ritorno di 30 anni e durata 2 ore

La formazione della portata di piena è caratterizzata da diversi processi idrologici che concorrono alla formazione del deflusso a partire dall'evento meteorico, fino ad arrivare al ricettore. La precipitazione viene intercettata in parte dalle vegetazione presente, in parte si infiltra nel suolo, in parte ancora va ad accumularsi nei piccoli invasi e/o depressioni presenti nel sito, sia di tipo naturale che artificiale. La parte rimanente detta *pioggia efficace*, va a costituire il deflusso superficiale che scorrerà verso la rete di collegamento secondo le linee di massima pendenza del terreno e/o delle opere artificiali atte allo scolo.

Nello studio per il dimensionamento delle opere preposte a contrastare gli allagamenti, risulta di fondamentale importanza definire il più precisamente possibile i seguenti elementi che concorrono alla determinazione **dell'evento di piena di progetto**:

- la precipitazione;
- la probabilità dell'evento;
- la durata dell'evento in riferimento al tempo di risposta del bacino.

Nel caso specifico, così come indicato dalla normativa è stata considerata una probabilità dell'evento legata ad un tempo di ritorno pari a 30 anni, associata ad una durata di progetto dello stesso di 2 ore. Mentre per la determinazione delle precipitazioni (altezze idrometriche), i dati di una stazione di misura delle precipitazioni, sono stati estratti dagli Annali Idrologici, a cura del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN). La elaborazione di tali dati si attua ricercando la relazione esistente tra l'altezza delle precipitazioni e le loro durate per un determinato periodo di ritorno considerato. Affinché le elaborazioni siano attendibili i dati di riferimento devono essere sufficientemente estesi nel tempo (almeno 20-30 anni).

Le curve di possibilità pluviometrica, sono espresse generalmente nella formula italiana a due parametri:

$$h=at^{n}$$

dove *a* ed *n* sono costanti in funzione del periodo di ritorno.

Stazione di misura delle piogge

I dati storici delle piogge sono stati desunti dagli Annali Idrologici redatti dal Servizio Idrografico e Mareografico di Bologna, in particolare la stazione di misura presa in considerazione è quella di Porto Sant'Elpidio (dati allegati), per un periodo compreso tra il 1935 ed il 1988. L'elaborazione dei dati dedotti dagli Annali idrologici, ipotizzando un tempo di ritorno di 30 anni, possono essere così riassunti:

- Sup. lotto = 1,47 ha
- TR 30 anni tempo di ritorno
- a = 58.52 mm/ora
- n = 0.3032
- tp 2 ore durata di pioggia

Una volta definiti i dati di pioggia, per ottenere il dato di calcolo dimensionale, vanno definiti i coefficienti di deflusso dell'area, prima e dopo la trasformazione, dove il coefficiente di deflusso è il rapporto tra la quantità di deflusso e la quantità di precipitazione e dipende da diversi fattori quali il tipo di terreno, il grado di saturazione, il tipo di vegetazione, la pendenza, ecc.

Sono diversi e differenti i metodi per la determinazione di tale coefficiente, in questo caso, si è fatto riferimento ai valori delle Linee guida della Regione Marche, di seguito riportati, nei quali vengono definiti i valori per ogni tipo specifico di suolo considerato:

TIPO DI SUPERFICIE	**C**
Superficie permeabili (aree agricole, aree verdi, boschi e/o assimilabili)	0.1-0.4
Superfici semi-permeabili (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato, ecc.)	0.5-0.7
Superfici impermeabili (tetti, strade, piazzali, ecc.)	0.8-1

Adottando 0,9 per le superfici impermeabili e 0,2 per le superfici permeabili, l'area in oggetto avremo un coefficiente di deflusso prima della trasformazione pari a 0,43, mentre dopo la trasformazione pari a 0,72, derivante dalla media pesata dei valori dei coefficienti di deflusso utilizzati.

VERIFICA DELLA VOLUMETRIA PER PIOGGE CON TR 30 ANNI E DURATA d 2h
da effettuarsi per casi di Superficie fondiaria > 1 ha

Superficie fondiaria	1,46 ha	superficie totale dell'intervento
TR	30 anni	
a	58,52	
n	0,3032	
tp	2,00 ore	durata di pioggia
ϕ	0,7236	coeff. di deflusso dopo la trasformazione
h	72,21 mm	altezza pioggia in tp ($h = a \times tp^n$)
Vp	1.057,68 mc	Volume piovuto in tp ($Vp = h \times tp^n$)
Ve	765,30 mc	Volume effluente in vasca in tp ($Ve = Vp \times \phi$)
Qu	29,28 l/sec	Portata scaricabile dalla strozzatura adottata
Vu	210,82 mc	Volume scaricato dalla vasca nel ricettore in tp
Ve-Vu	**554,49** mc	Volume da laminare per evento TR 30 d 2 ore

Dimensionamento del tubo di scarico e calcolo dell'area della vasca

Il diametro del condotto di scarico è funzione del battente idraulico massimo all'interno della vasca e può essere calcolato con la seguente formula (Giorgi, 2004):

$$Q = 0{,}6\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2\sqrt{2gh}$$

dove:

Q(mc/s) = portata uscente dal tubo di scarico;

D(m) = diametro del tubo;

h(m) = altezza del battente idraulico;

g(m/s2) = accelerazione di gravità = 9,81.

La portata uscente dal tubo è nota, quindi la relazione può essere usata:

- per stimare D, fissata l'altezza h del battente idraulico;
- per stimare h, fissato il diametro D del tubo di scarico.

Di seguito viene riportata la tabella che mette in relazione il diametro del tubo di scarico, la luce di scarico e la portata defluente sulla base della formula sopra riportata (Giorgi, 2004):

mu=0.6	Diametro tubo di scarico Circolare (mm)								
battente	80	100	120	150	160	200	250	315	400
h (ml)	portata defluente in l/sec								
0.2	5.97	9.33	13.44	20.99	23.88	37.32	58.31	92.58	149.28
0.3	7.31	11.43	16.45	25.71	29.25	45.71	71.42	113.38	182.83
0.4	8.44	13.19	19.00	29.69	33.78	52.78	82.47	130.92	211.12
0.5	9.44	14.75	21.24	33.19	37.77	59.01	92.20	146.38	236.03
0.6	10.34	16.16	23.27	36.36	41.37	64.64	101.00	160.35	258.56
0.7	11.17	17.45	25.14	39.27	44.68	69.82	109.09	173.20	279.28
0.8	11.94	18.66	26.87	41.99	47.77	74.64	116.63	185.15	298.56
0.9	12.67	19.79	28.50	44.53	50.67	79.17	123.70	196.39	316.67
1.0	13.35	20.86	30.04	46.94	53.41	83.45	130.39	207.01	333.80
1.1	14.00	21.88	31.51	49.23	56.02	87.52	136.76	217.11	350.09
1.2	14.63	22.85	32.91	51.42	58.51	91.42	142.84	226.77	365.66
1.3	15.22	23.79	34.25	53.52	60.89	95.15	148.67	236.03	380.59
1.4	15.80	24.69	35.55	55.54	63.19	98.74	154.28	244.94	394.96
1.5	16.35	25.55	36.79	57.49	65.41	102.21	159.70	253.53	408.82
1.6	16.89	26.39	38.00	59.38	67.56	105.56	164.93	261.85	422.23
1.7	17.41	27.20	39.17	61.20	69.64	108.81	170.01	269.91	435.22
1.8	17.91	27.99	40.31	62.98	71.65	111.96	174.94	277.73	447.84
1.9	18.40	28.76	41.41	64.70	73.62	115.03	179.73	285.34	460.11
2.0	18.88	29.50	42.49	66.38	75.53	118.02	184.40	292.76	472.07

Dal calcolo ne è scaturito un volume minimo di invaso pari a 554,49 mc e una portata ammissibile effluente al ricettore pari a 29,30 l/sec, con coefficiente udometrico di 20 litri al secondo per ettaro in riferimento ad elaborazioni di pioggia per tr = 30 anni. Fatto salvo quanto previsto dal Titolo IV della DGR n.53 del 27/01/2014, il valore determinato dal dimensionamento dell'invarianza idraulica rappresenta un elemento prestazionale da conseguire attraverso la realizzazione di interventi derivanti da un'opportuna combinazione di più soluzioni tipologiche.

Le tipologie costruttive consigliate che si potranno adottare sono:

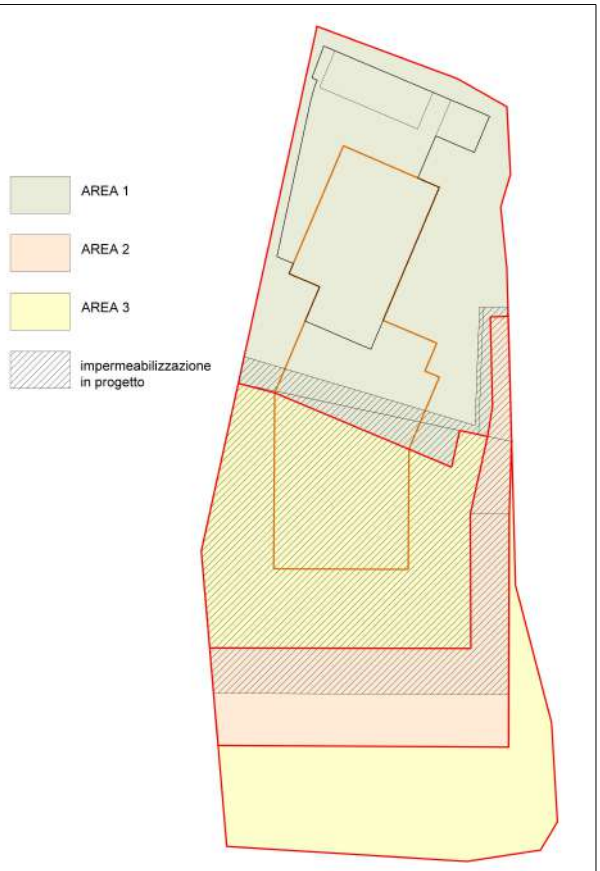
- aree verdi ribassate,
- sovradimensionamento della rete fognaria, utilizzando 80 % del volume fisico, in diminuzione del valore del volume minimo d'invaso previsto dall'equazione,
- vasca di laminazione in in c.a. o prefabbricata.

Qualora si voglia diversificare l'intervento, si riporta di seguito la ripartizione del volume minimo d'invaso calcolato per tre aree individuate, in relazione alle nuove superfici impermeabilizzate.

- **area 1**, superficie ubicata a quota 320 m s.l.m. con una superficie impermeabile in progetto pari a 652 mq;
- **area 2**, superficie a destinazione pubblica, ubicata a quota 317 m s.l.m. con una superficie impermeabile in progetto pari a 1.534 mq;
- **area 3**, superficie, ubicata a quota 317 m s.l.m. con una superficie impermeabile in progetto pari a 3.882 mq;

I volumi calcolati per le singole aree sono:

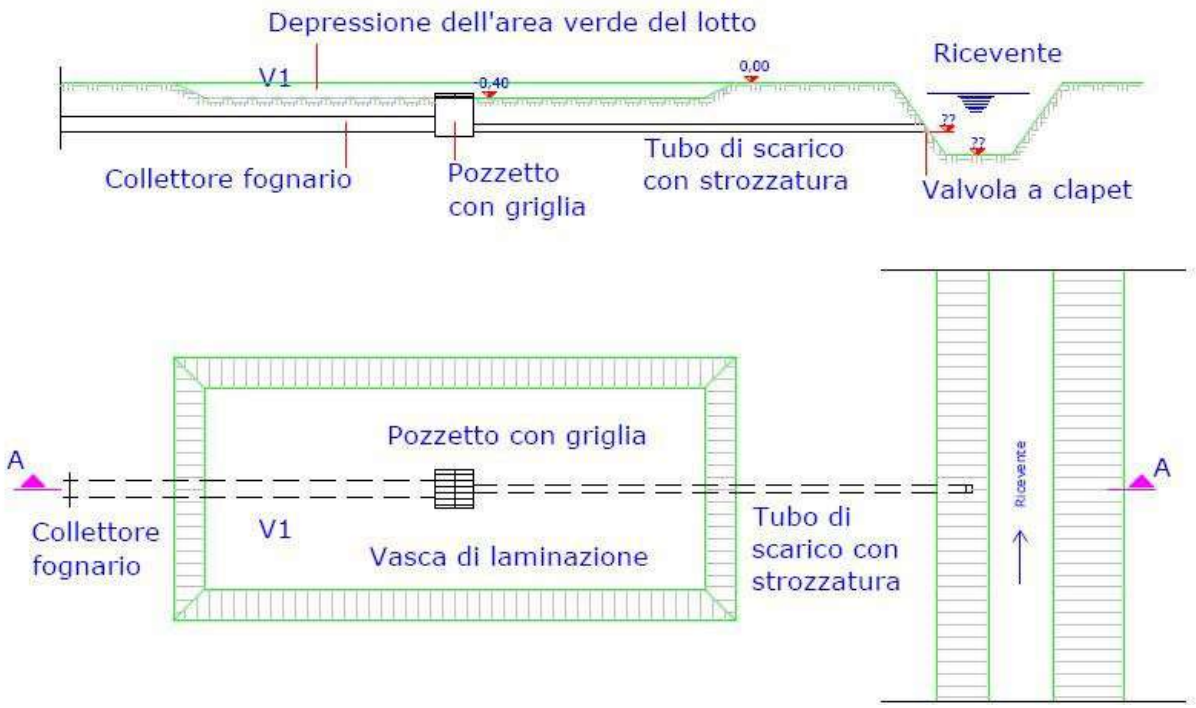
- **area 1**, il volume è pari a 59,58 mc;
- **area 2**, il volume è pari a 140,18 mc;
- **area 3**, il volume è pari a 354,73 mc;



L'intervento con la realizzazione di un invaso di compensazione costituito da una *lieve depressione morfologica in area verde* privato dovrà essere dolcemente raccordata al piano campagna circostante. Al disotto di questa vasca dovrà scorrere il tratto terminale della rete fognaria delle acque bianche, idraulicamente connessa alla depressione tramite una serie di pozzetti con griglia superiore avente un elevato rapporto vuoti/pieno.

Nel tratto terminale della rete fognaria, tra l'invaso e l'innesto al collettore terminale (canale d'irrigazione), dovrà essere realizzato un tratto di condotta a diametro inferiore ("strozzatura") in grado di limitare gli apporti al corpo recettore. In questo modo in caso di evento meteorico di forte intensità con portate eccessive, le acque bianche in eccedenza verranno automaticamente convogliate nella depressione creata allo scopo, garantendo il principio dell'invarianza idraulica al corpo recettore.

Tipologia costruttiva del dispositivo di laminazione:



Alla presente relazione si allega la dichiarazione "*asseverazione sulla compatibilità idraulica delle trasformazioni territoriali*", nel rispetto della L. R. 22 del 23/11/2011, art. 10 e dei contenuti delle linee guida "*criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali*"D.G.R. n. 53 del 27/01/2014.

16. INDICAZIONE PER LE OPERE DI FONDAZIONE

Dalle osservazioni fino a qui esposte, lasciando al progettista la soluzione ultima, in relazione alla locale situazione stratigrafica, alle caratteristiche geotecniche dei litotipi riscontrati ed alla tipologia del fabbricato in progetto, si consiglia di realizzare una fondazione superficiale.

La fondazione dovrà essere intestata nel litotipo "b" *limi sabbiosi debolemente argillosi da poco a moderatamente consistenti*, escludendo il terreno di riporto e il terreno vegetale, in quanto terreno non idoneo per le fondazioni.

In relazione alla sezione litostratigrafica allegata il piano di posa dovrà raggiungere una profondità minima di 2,6 – 2,7 m dal piano di calpestio in progetto.

Si consiglia di realizzare opere di sostegno anche a breve termine, per fronti di scavo a pareti verticali di altezze superiori a 1,5 m, in quanto si possono innescare scarichi tensionali dovuti al possibile decadimento, nel tempo, delle caratteristiche geotecniche del terreno.

16.1 Carico limite di fondazione superficiale

Il carico limite di una fondazione superficiale è definito con riferimento al valore massimo di carico per il quale in nessun punto del sottosuolo si può raggiungere la condizione di rottura.

Per il calcolo del carico limite di fondazione superficiale in condizione statica è stata adottata la soluzione di *Hansen* (1970). La soluzione proposta è di seguito esposta nella formula generale.

$$Q_{LIM} = 1 / 2\ \gamma^2\ B\ N\gamma\ s\gamma\ i\gamma\ b\gamma\ g\gamma\ d\gamma + c\ Nc\ sc\ dc\ ic\ bc\ gc + \gamma^1\ D\ Nq\ sq\ dq\ iq\ bq\ gq$$

c = coesione del terreno

γ^1 = peso di volume medio del terreno sopra il piano di posa

γ^2 = peso di volume del terreno sotto il piano di posa

B = larghezza della fondazione

D = profondità di posa della fondazione

$N\gamma$ Nc Nq = fattori di capacità portante, dipendenti dall'angolo di resistenza al taglio

$s\gamma$ sc sq = fattori di forma della fondazione

$i\gamma$ ic iq = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico

$b\gamma$ bc bq = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base della fondazione

$g\gamma$ gc gq = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna

$d\gamma$ dc dq = fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa

Q_{LIM} = carico limite

L'esempio di calcolo riportato nella relazione allegata è riferito ad una fondazione superficiale con una tipologia a plinto di dimensioni 2,0 x 2,0 m, con un piano di posta a - 2,6 m nel litotipo "b" *limi sabbiosi debolmente sabbiosi*.

Sono stati assunti parametri geotecnici di progetto ottenuti dividendo i valori caratteristici per i coefficienti parziali riportati nel D.M. 17.01.2018 tab. 6.2.II, in relazione allo stato limite considerato, inoltre, adottati coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazione superficiali, D.M. 17.01.2018 tab. 6.4.I

Condizioni statiche	Approccio 2 (A1+M1+R3)
Pressione limite [Q_{LIM}] kg/cmq	5,3
Resistenza di progetto [Rd] kg/cmq	2,3

(cfr.: *Relazione di calcolo – calcolo portanza di fondazioni superficiali*)

16.2 Coefficiente di sottofondo statico

Il coefficiente di sottofondo statico del terreno "Kv", nell'ipotesi di comportamento alla "Winkler", è possibile determinarlo analiticamente solo a seguito dell'analisi delle azioni di progetto, e si ottiene dal rapporto tra la pressione agente sulla fondazione rigida ed il suo cedimento assoluto.
Adottando il metodo proposto da Bowles dove:

$$Kv = Q_{Lim} / DH$$

DH = 2,5 cm spostamento ritenuto ammissibile Kv= 1,45 kg/ cmc

17. VINCOLO IDROGEOLOGICO

L'area in esame rientra nelle zona a vincolo idrogeologico (D.R. n.3267/1923) per le quali è necessario verificare alcune condizioni relative alla stabilità dell'area ed alla presenza e regimazione delle acque superficiali.
Le opere da realizzare, in relazione alle misure compensative rivolte al perseguimento del principio dell'invarianza idraulica in progetto, non produrranno significativi aumenti dei deflussi superficiali, che utilizzano le linee di deflusso/infiltrazione naturali.
La caratterizzazione geologica e geotecnica dei terreni è stata ottenuta mediante indagini geognostiche di superficie, sondaggi e prove penetrometriche.
L'edificio esistente e gli ampliamenti in progetto si collocano in un'area stabile non soggetta a fenomeni gravitativi e/o erosivi.
I terreni sono dotati, in funzione dei carichi indotti dalle opere in oggetto e in relazione alle fondazioni da realizzare, di discrete caratteristiche geologico tecniche.
In considerazione della:

- buona stabilità dei luoghi;
- notevole distanza dai manufatti presenti nella zona;
- modesta entità dei movimenti terra;
- blanda acclività, locale, dei luoghi.

Si ritiene, pur senza procedere a verifiche di tipo numerico, che gli interventi in progetto non conducano a, sostanziali, modifiche di stabilità globale dei versanti.
I lavori in progetto non produrranno materiali di scavo in eccesso e non si avranno materiali di risulta (lavori a compenso tra scavi e riporti).

18. CONCLUSIONI

Le osservazioni e le considerazioni fino a qui esposte, in relazione alla richiesta del procedimento S.U.A.P. in variante al Prgc ai sensi dell'art. 29 quater della L.R. 34/92 per l'intervento di ampliamento e ridistribuzione volumetrica di fabbricato artigianale e realizzazione opere d'urbanizzazione, comparto D1 a.3, portano ad evincere le seguenti conclusioni:

1. la capacità portante ed i cedimenti del terreno di fondazione, risultano compatibili con le aspettative progettuali della costruzione;
2. l'intervento prevede modeste modifiche morfologiche del sito;
3. l'area, in relazione alle favorevoli condizioni morfologiche si presenta stabile, non essendo interessata da fenomeni morfogenetici in atto;
4. l'intervento non andrà ad alterare l'attuale assetto idrogeologico;
5. si segnala la necessità di prevedere la regimazione delle acque piovane, al fine di impedire variazioni delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni di fondazione.

Porto San Giorgio, 4 Febbraio 2019

Dr. Geol. Graziano Ciferri

ALLEGATI nel testo:

- COROGRAFIA scala 1:10.000
- CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO scala 1:10.000
- CARTA GEOLOGICA scala 1:10.000
- PLANIMETRIA INDAGINI GEOGNOSTICHE scala 1:1000
- CARTA LITOTECNICO-TECNICA scala 1:1000
- CARTA IDROGEOLOGICA scala 1:1000
- CARTA DELLE PERICOLOSITA' GEOLOGICHE scala 1:1000
- CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE scala 1:1000
- CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE scala 1:10.000
- CARTA DEL RISCHIO scala 1:1000
- CARTA DELLA VOCAZIONALITA' EDIFICATORIA scala 1:1000
- SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA scala 1:200
- STRATIGRAFIE SONDAGGI S1 – S2 – Sr1 - Sr2
- ELABORATI PROVE PENETROMETRICHE PDPM1, PDPM2
- RELAZIONE DI CALCOLO – Fondazioni superficiali
- INDAGINE SISMICA HVSR e MASW

DATI PLUVIOMETRICI

N. Dati 47
Stazione Porto Sant'Elpidio
m. s.l.m. = 25

ANNI	T = 5 MIN mm	T = 10 MIN mm	T = 15 MIN mm	T = 30 MIN mm	T = 45 MIN Mm
1935	24.00	36.20	48.60	49.80	50.00
1936	18.00	20.40	28.40	40.40	61.40
1934	243.60	28.20	38.40	53.40	106.40
1938	33.80	38.20	38.40	38.40	44.00
1939	62.60	71.60	71.60	72.60	72.80
1940	10.00	18.00	21.20	29.20	48.40
1941	13.40	14.40	22.00	23.40	31.60
1942	17.80	23.00	23.00	23.60	30.40
1943	22.60	33.00	54.40	83.60	85.00
1947	32.60	60.00	95.00	120.40	138.00
1948	22.80	28.00	31.80	32.00	38.80
1950	14.50	16.40	18.20	25.80	27.00
1951	35.00	44.40	44.80	44.80	53.20
1952	22.40	38.20	69.80	98.80	110.80
1953	18.60	26.20	36.60	55.20	59.80
1954	16.20	20.80	25.00	32.40	43.00
1955	40.60	42.80	52.00	72.60	77.60
1956	24.40	25.40	28.60	33.60	65.00
1957	33.80	38.60	44.40	50.20	71.00
1958	23.20	28.20	37.20	61.20	72.20
1959	63.00	128.40	149.60	226.20	236.40
1960	45.00	45.40	45.40	46.20	46.20
1961	18.00	36.80	50.40	72.20	77.00
1962	26.40	34.40	35.60	49.20	76.60
1964	24.60	32.60	33.80	38.80	40.00
1967	33.00	45.60	46.00	50.60	52.20
1968	15.40	24.60	29.60	36.40	48.40
1969	19.00	27.60	440.20	55.00	59.00
1970	21.00	34.00	35.20	35.20	40.80
1971	35.60	37.80	48.40	53.00	53.40
1972	41.00	70.80	70.80	70.80	70.80
1973	21.60	23.60	35.40	39.80	56.40
1974	14.20	23.20	37.00	44.60	49.40
1975	34.00	45.60	48.20	49.40	57.00
1976	39.40	70.80	70.80	80.00	101.00
1977	41.00	44.60	50.00	62.20	63.80
1978	25.60	32.20	43.80	60.80	80.60
1980	32.00	32.60	36.00	42.60	44.20
1981	32.00	33.40	38.40	40.20	68.80
1982	48.00	49.20	49.20	50.00	75.20
1983	18.20	19.20	23.20	23.20	23.20
1984	22.40	36.40	37.80	42.00	62.40
1985	10.60	16.00	21.00	27.00	44.40
1986	24.80	27.20	28.20	28.20	31.00
1987	10.40	11.80	19.20	31.00	31.00
1988	38.00	48.20	48.20	48.20	78.20

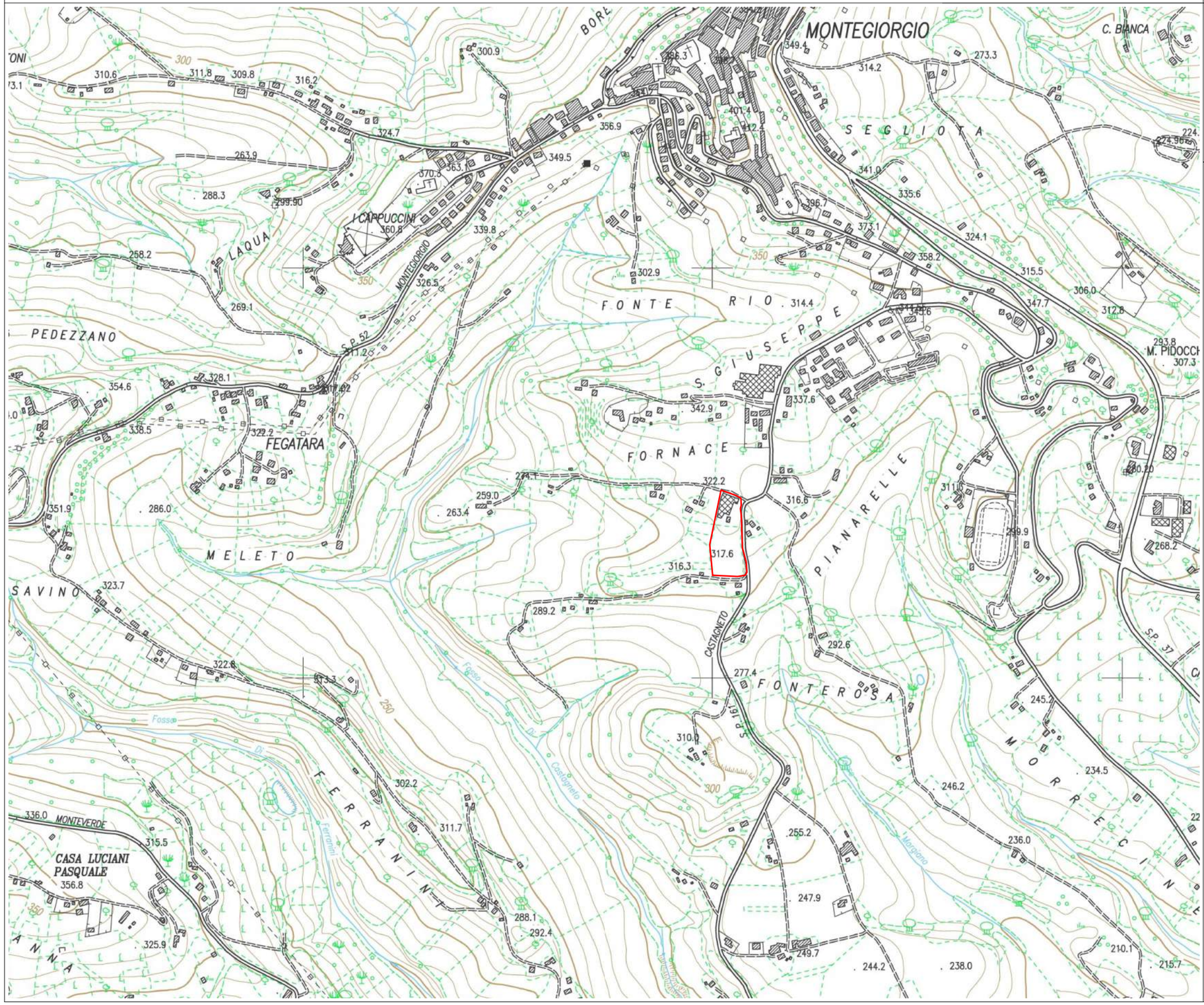
Perimetrazione Comparto D1 a.3 (rettificato)

Superficie 14.648 mq

NORD

COROGRAFIA

scala 1:10.000



REGIONE MARCHE

GIUNTA REGIONALE

Ufficio Cartografia e Informazioni Territoriali

CARTA TECNICA REGIONALE

Sezione n° 314070
Montegiorgio

Scala 1:10000

100m 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1 Km

L'equidistanza fra le curve di livello è di m 10 (per le curve ausiliarie, a tratti, di m 5).
L'altimetria, espressa in metri, è riferita al livello medio del mare (Mareografo di Genova)

COORDINATE DEI VERTICI

	GEOGRAFICHE (E.D. 1950)		FUSO OVEST GAUSS-BOAGA		FUSO EST GAUSS-BOAGA	
	φ	λ	N	E	N	E
NO	43° 09' 00"	13° 30' 00"			4 778 471	2 397 957
NE	43° 09' 00"	13° 35' 00"			4 778 353	2 404 743
SO	43° 06' 00"	13° 30' 00"			4 772 918	2 397 857
SE	43° 06' 00"	13° 35' 00"			4 772 806	2 404 649

Il reticolo U.T.M. è riferito al fuso 33 ed è indicato a margine con il segno convenzionale →

Costanti di trasporto per passare dalle coordinate Gauss-Boaga nel sistema nazionale a quelle nel sistema U.T.M.

Fuso Est DE= -2019338

Fuso Est DN= + 180

DECLINAZIONE MAGNETICA, CONVERGENZA E MODULO DI DEFORMAZIONE LINEARE AL CENTRO DELLA SEZIONE

Declinazione magnetica 1978 δ = 0° 53' 30"
Base dimissase annualmente di circa 7' 30" = 2".2

N° NUMERO PARAMETRATURA
NUMERO GEOGRAFICO
NM NUMERO MAGNETICO

μ = 0.999773
γ = + 0.60

LIMITI AMMINISTRATIVI FOTOINDICE RELATIVO ALLA SEZIONE 314070

Str. 1A Fig.043

Str. 2A Fig.087-086

a)Montegiorgio b)Magliano di Tenna c)Civitanzione d)Faverone e)Monte Vidon Corrado f)Falerno g)Rapagnano h)Massa Fermana i)Monteleone

QUADRI D'UNIONE

SITUAZIONE 50.000 IGM

332 TOLENTINO	333 MACERATA	334 CIVITANOVA MARCHE
313 CAMERINO	314 MONTEGIORGIO	315 FERMO
325 VISSO	326 AMANDOLA	327 S. BENEDETTO DEL TRONTO

SITUAZIONE 10.000 CTR

01	02	03	04
05	06	07	08
09	10	11	12
13	14	15	16

SEGNI CONVENZIONALI

Ferrovie e Viabilità

Ferrovie e Viabilità: Ferrovia ordinaria ad un binario; Ferrovia ordinaria a doppio binario; Ferrovia in costruzione; Ferrovia in disarmo; Autostrada, Superstrada; Strada principale; Strada non asfaltata; Mulattiera; Sentiero; Trattura; Tratto in galleria; Tratto in trincea; Tratto in rilevato; Tratto in viadotto; Tratto in ponte; Tratto in pendenza; Stazione ferroviaria; Passaggio a livello

Boschi e Colture arboree

Bosco; Castagno; Albero da frutta; Abete; Cedro; Olivo; Pioppo; Limite di coltura agraria; Vigneto

Orografia

Curva di livello ordinario direttrice; Curva di livello ordinario intermedia; Curva di livello ausiliaria; Scarpata naturale; Dirupo; Punto quotato

Limiti amministrativi

Limite di Stato; Limite di Regione; Limite di Provincia; Limite di Comune

Edifici e Costruzioni

Edificio residenziale; Edificio industriale; Rudere, silos, mulino; Chiesa, cappella, tabernacolo Torre, campanile; Cimitero, Croce isolata; Elemento divisorio, muro di sostegno; Accessibilità interrotta, sopraelevato; Metropolitana interrotta, sopraelevato; Linea elettrica ad alta tensione; Cav. idroelettrico, stazione di trasformazione dell'energia, centrale; Selva in condotta forzata

Idrografia

Fiume, torrente; Canale navigabile; Lago, palude stagno permanente; Diga permeabile; Fontana, Vasca/cisterna; Pozzo, Sorgente; Foro, forcale

Punti di riferimento

Vertice IGM/95; Vertice Regione Marche 1992; Vertice Regione Marche 2000; Caposaldo di livellazione geometrica IGM

Tecnigeo Catastrales S.A.
Carretera del Baztar s/n.
Edificio "El Sario"
31606 PAMPLONA

Ripresa aerea giugno 2000
Autorizzazione R.O.S. n. 1.473 del 6 luglio 2000

VIETATA LA RIPRODUZIONE A TERMINI DI LEGGE
MATERIALE DI ESCLUSIVA PROPRIETA' DELLA REGIONE MARCHE

CONTROLLO DI QUALITA'
Prof. B. Astori
Prof. F. Giuzzetti
DIMSE-POLITECNICO DI TORINO

DIREZIONE LAVORI
Arch. A.Bucci - Ing. S.Balloni
ASSISTENZA ALLA D.L.
Ing. S.Balloni - Ing. M.Cannaliossi

Perimetrazione Comparto D1 a.3 (rettificato)

Superficie 14.648 mq

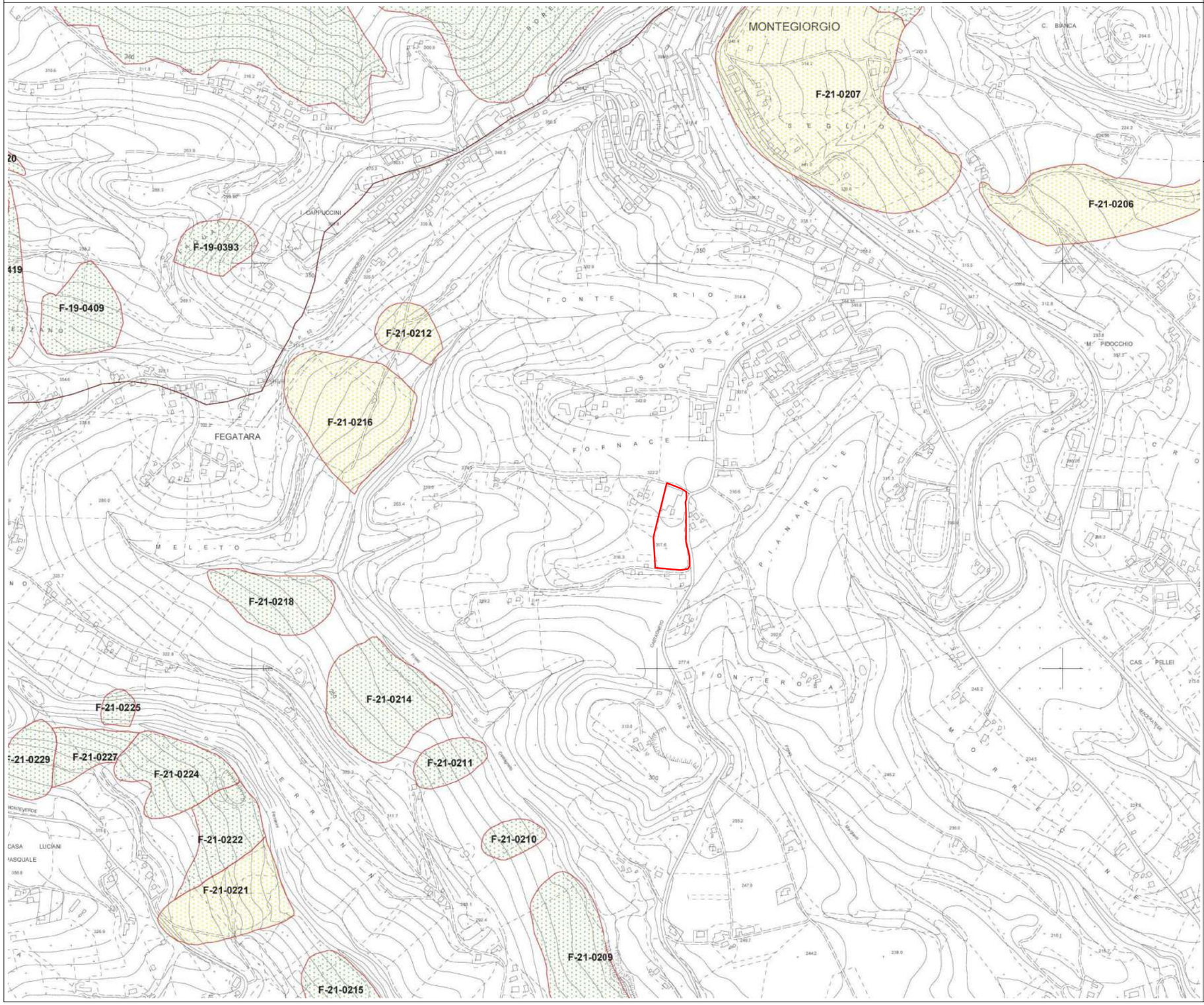
NORD

CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO

scala 1:10.000

PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO
P.A.I.
L.183/89-L.365/00-L.R.13/99 Regione Marche - Autorità di Bacino Regionale.
Approvato con deliberazione del Consiglio Regionale n. 116 del 21.01.2004
aggiornato 2016

TAVOLA RI 59 c



LEGENDA

Aree a rischio frana
(Codice F-xx-yyyy)

- Rischio moderato (R1)
- Rischio medio (R2)
- Rischio elevato (R3)
- Rischio molto elevato (R4)

Aree a rischio esondazione
(Codice E-xx-yyyy)

- Rischio moderato (R1)
- Rischio medio (R2)
- Rischio elevato (R3)
- Rischio molto elevato (R4)

Aree a rischio valanga
(Codice V-xx-yyyy)

- Rischio molto elevato (R4)

Limite di Bacino Idrografico

DESCRIZIONE CODICE LEGATO AI FENOMENI

Z - XX - YYYY

- Z: iniziale tipo di rischio
- XX: numero identificativo di bacino
- YYYY: numero progressivo fenomeno

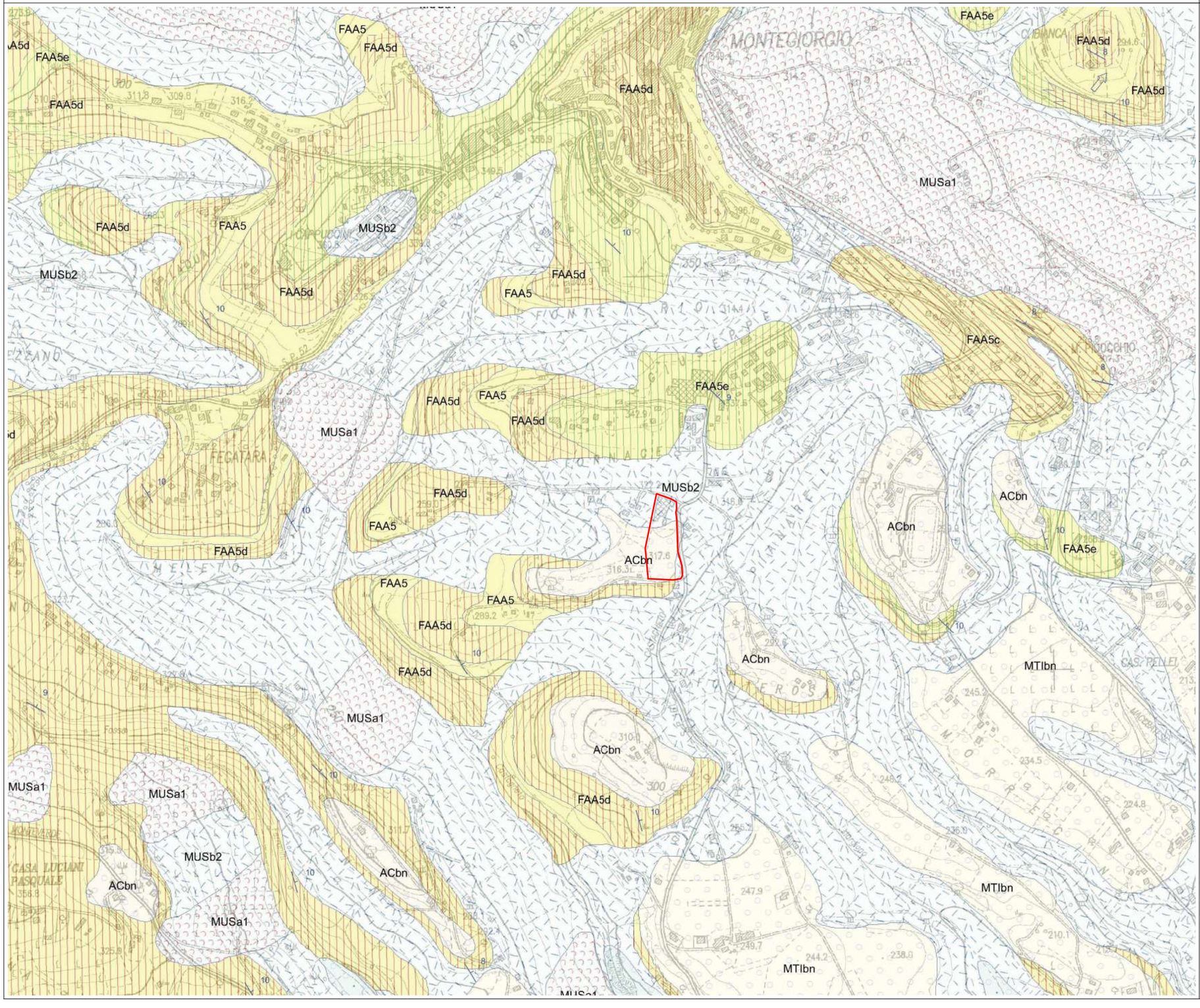
Perimetrazione Comparto D1 a.3 (rettificato)

Superficie 14.648 mq

NORD

CARTA GEOLOGICA

scala 1:10.000



LEGENDA GEOLOGICA

DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

VERSANTE MARCHIGIANO

SINTEMA DEL MUSONE
(OLOCENE)

- MUSa1 — Frane in evoluzione
- MUSa1q — Frane senza indizi di evoluzione
- MUSb2 — Depositi eluvio-colluviali
- MUSb — Depositi alluvionali attuali (ghiaia, sabbia, limo)
- MUSbn — Depositi alluvionali terrazzati (ghiaia, sabbia, limo)

SINTEMA DI MATELICA
(PLEISTOCENE SUPERIORE)

- MTlbn — Depositi alluvionali terrazzati (ghiaia, sabbia, limo)

SUPERSINTEMA DI COLLE ULIVO-COLONIA MONTANI
(PLEISTOCENE MEDIO SOMMITALE)

- ACbn — Depositi alluvionali terrazzati (ghiaia, sabbia, limo)

SINTEMA DI URBISAGLIA
(PLEISTOCENE INFERIORE MEDIO - MEDIO)

- URSbn — Depositi alluvionali terrazzati (ghiaia, sabbia, limo)
- URSb8 — Depositi di glacis antichi

SUCCESSIONE UMBRO-MARCHIGIANO-ROMAGNOLA

SUCCESSIONE PLIOCENICA

- FAA — FORMAZIONE DELLE ARGILLE AZZURRE Zancleano p.p.- Santerniano
- FAA5 — FORMAZIONE DELLE ARGILLE AZZURRE Membro di Offida Zancleano p.p.- Santerniano
- FAA5c — FORMAZIONE DELLE ARGILLE AZZURRE Membro di Offida litofacies arenacea Zancleano p.p.- Santerniano
- FAA5d — FORMAZIONE DELLE ARGILLE AZZURRE Membro di Offida litofacies arenaceo-pelitica Zancleano p.p.- Santerniano
- FAA5e — FORMAZIONE DELLE ARGILLE AZZURRE Membro di Offida litofacies pelitico-arenacea Zancleano p.p.- Santerniano
- FAA5f — FORMAZIONE DELLE ARGILLE AZZURRE Membro di Offida litofacies pelitica Zancleano p.p.- Santerniano
- FAA4 — FORMAZIONE DELLE ARGILLE AZZURRE Membro del Monte dell'Ascensione Zancleano p.p.- Santerniano
- FAA4d — FORMAZIONE DELLE ARGILLE AZZURRE Membro del Monte dell'Ascensione litofacies arenaceo-pelitica Zancleano p.p.- Santerniano
- FAA4e — FORMAZIONE DELLE ARGILLE AZZURRE Membro del Monte dell'Ascensione litofacies pelitico-arenacea Zancleano p.p.- Santerniano

Contatto stratigrafico e/o litologico

Contatto stratigrafico inconforme

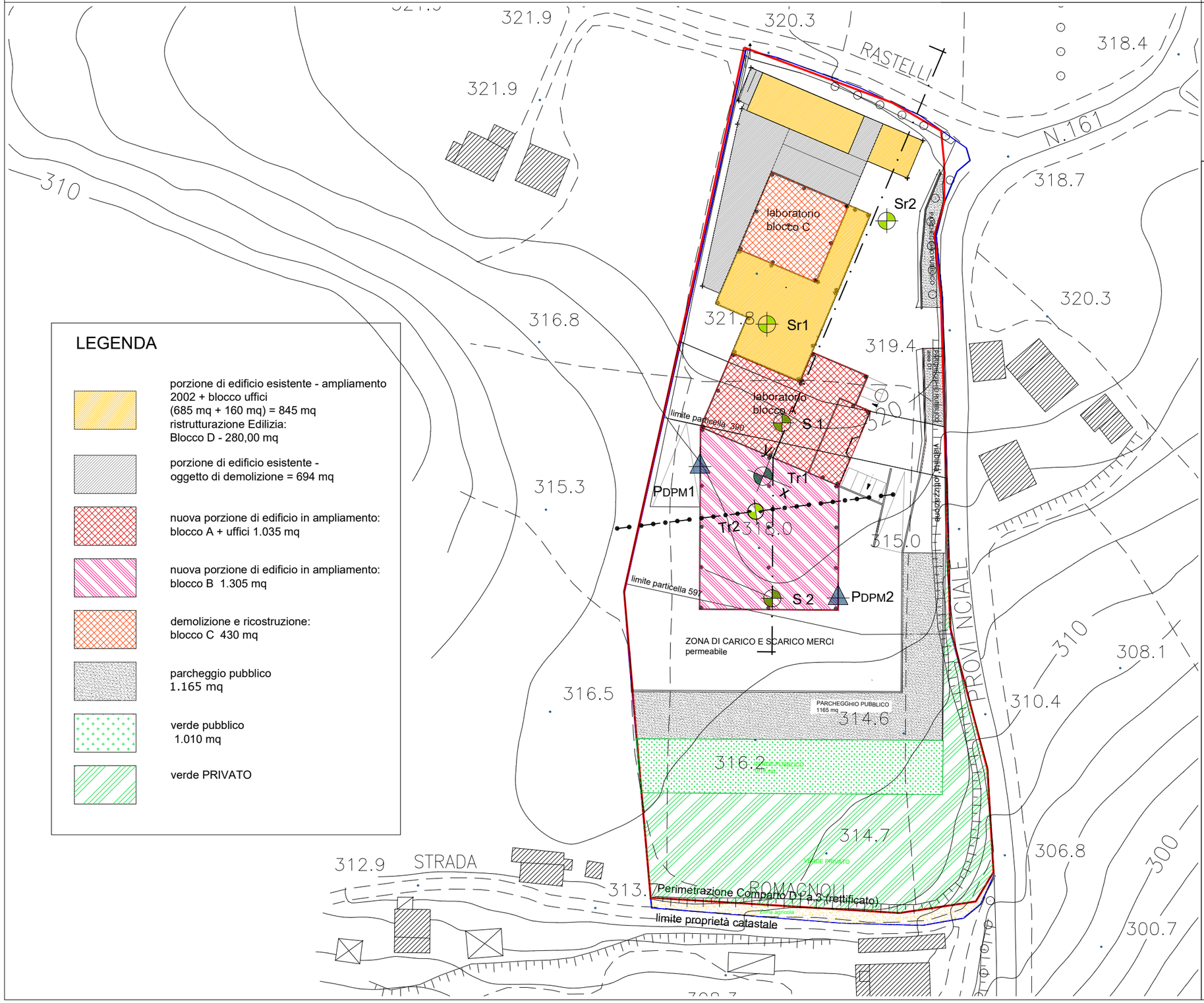
Stratificazione diritta

Elemento lineare primario

PLANIMETRIA INDAGINI GEOGNOSTICHE

scala 1:1.000

Base cartografica:
Aerofotogrammetria comunale, Comune di Montegiorgio
L'equidistanza fra le curve di livello è di 2,0 m,
l'altimetria espressa in metri è riferita al livello medio del mare.



LEGENDA

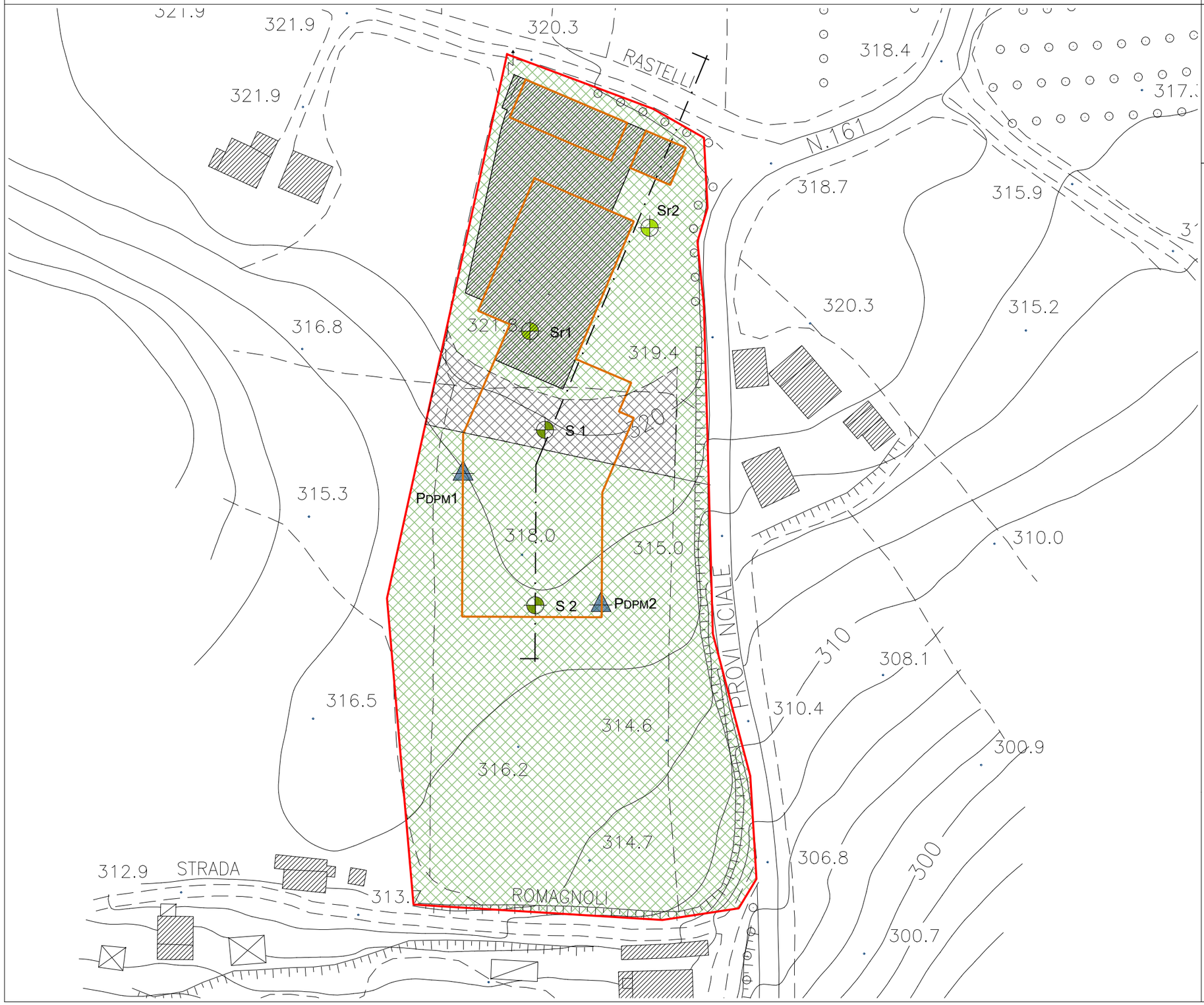
- porzione di edificio esistente - ampliamento 2002 + blocco uffici (685 mq + 160 mq) = 845 mq ristrutturazione Edilizia: Blocco D - 280,00 mq
- porzione di edificio esistente - oggetto di demolizione = 694 mq
- nuova porzione di edificio in ampliamento: blocco A + uffici 1.035 mq
- nuova porzione di edificio in ampliamento: blocco B 1.305 mq
- demolizione e ricostruzione: blocco C 430 mq
- parcheggio pubblico 1.165 mq
- verde pubblico 1.010 mq
- verde PRIVATO

LEGENDA

- Perimetrazione Comparto D1 a.3 (rettificato) superficie 14.648 mq
- S 1 — Sondaggio geognostico
- Sr1 — Sondaggio geognostico reperito
- PDPM1 — Prove penetrometriche dinamiche
- Tr1 — Stazione indagine sismica
- Tr2 — Stazione indagine sismica M.A.S.W.
  geofono verticale a 4.5 Hz
- Traccia sezione litostratigrafica

CARTA LITOLOGICO - TECNICA

scala 1:1.000



Base cartografica:
Aerofotogrammetria comunale, Comune di Montegiorgio
L'equidistanza fra le curve di livello è di 2,0 m,
l'altimetria espressa in metri è riferita al livello medio del mare.

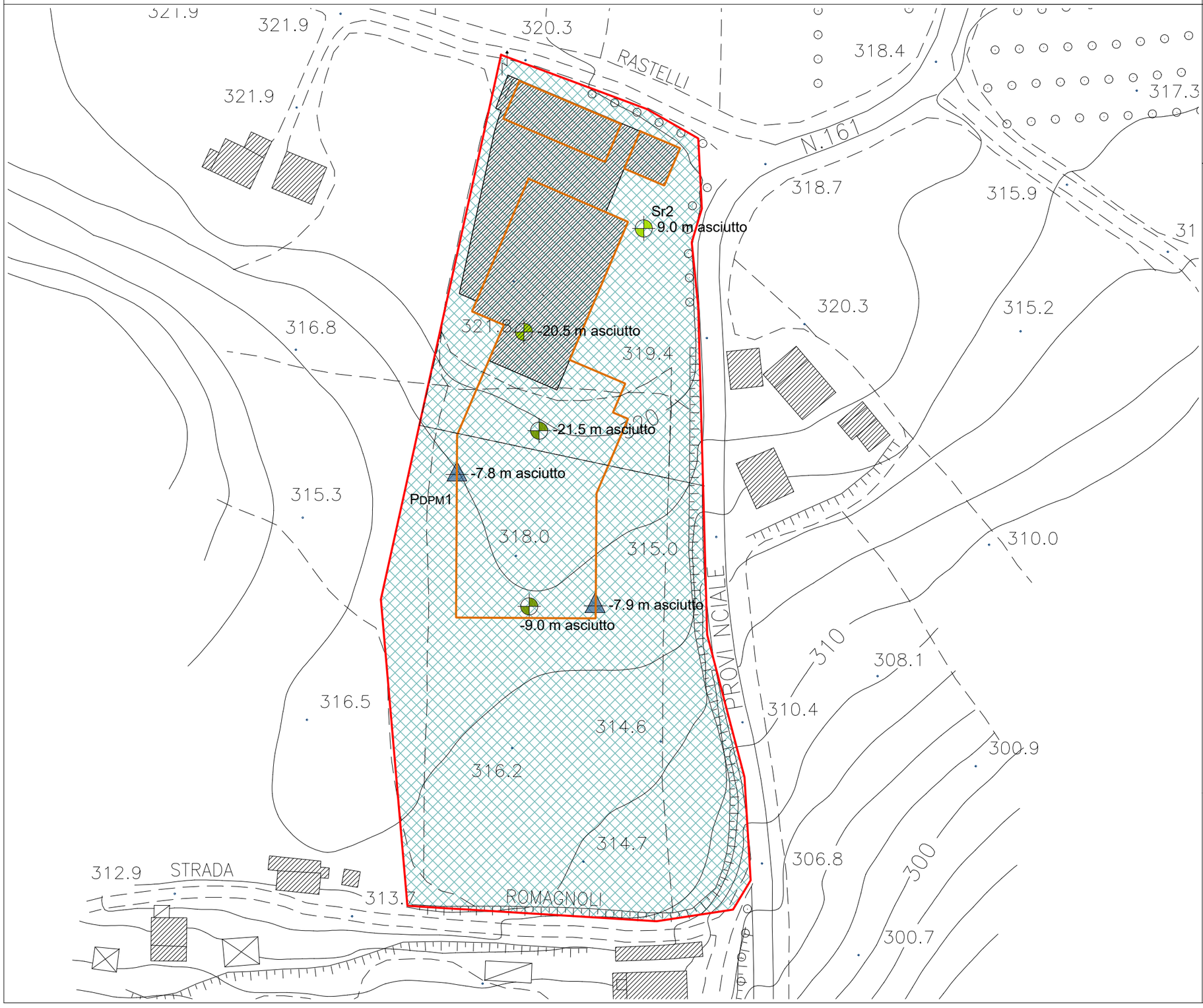
LEGENDA

- Perimetrazione Comparto D1 a.3 (rettificato) superficie 14.648 mq
- ingombro edifici esistenti
- ingombro edifici in progetto ampliamento, ristrutturazione e ridistribuzione volumetrica
- S 1 — Sondaggio geognostico
- Sr1 — Sondaggio geognostico reperito
- PDPM1 — Prove penetrometriche dinamiche
- Traccia sezione litostratigrafica

unità litotecnica	caratteristiche granulometriche e proprietà tecniche	caratteristiche generiche Unità lito-stratigrafiche
E2	*Limi sabbiosi debolmente argillosi*	*Depositi Eluvio-Colluviali / Alluvionali terrazzati*
	Limi sabbioso argillosi con trovanti	*Terreni di riporto da 1.0 a 2.0 m*

CARTA IDROGEOLOGICA

scala 1:1.000



Base cartografica:
Aerofotogrammetria comunale, Comune di Montegiorgio
L'equidistanza fra le curve di livello è di 2,0 m,
l'altimetria espressa in metri è riferita al livello medio del mare.

LEGENDA

Perimetrazione Comparto D1 a.3 (rettificato)
superficie 14.648 mq

ingombro edifici esistenti

ingombro edifici in progetto
ampliamento, ristrutturazione e ridistribuzione volumetrica

-21.5 m Sondaggio geognostico
con indicazioni della presenza di acqua

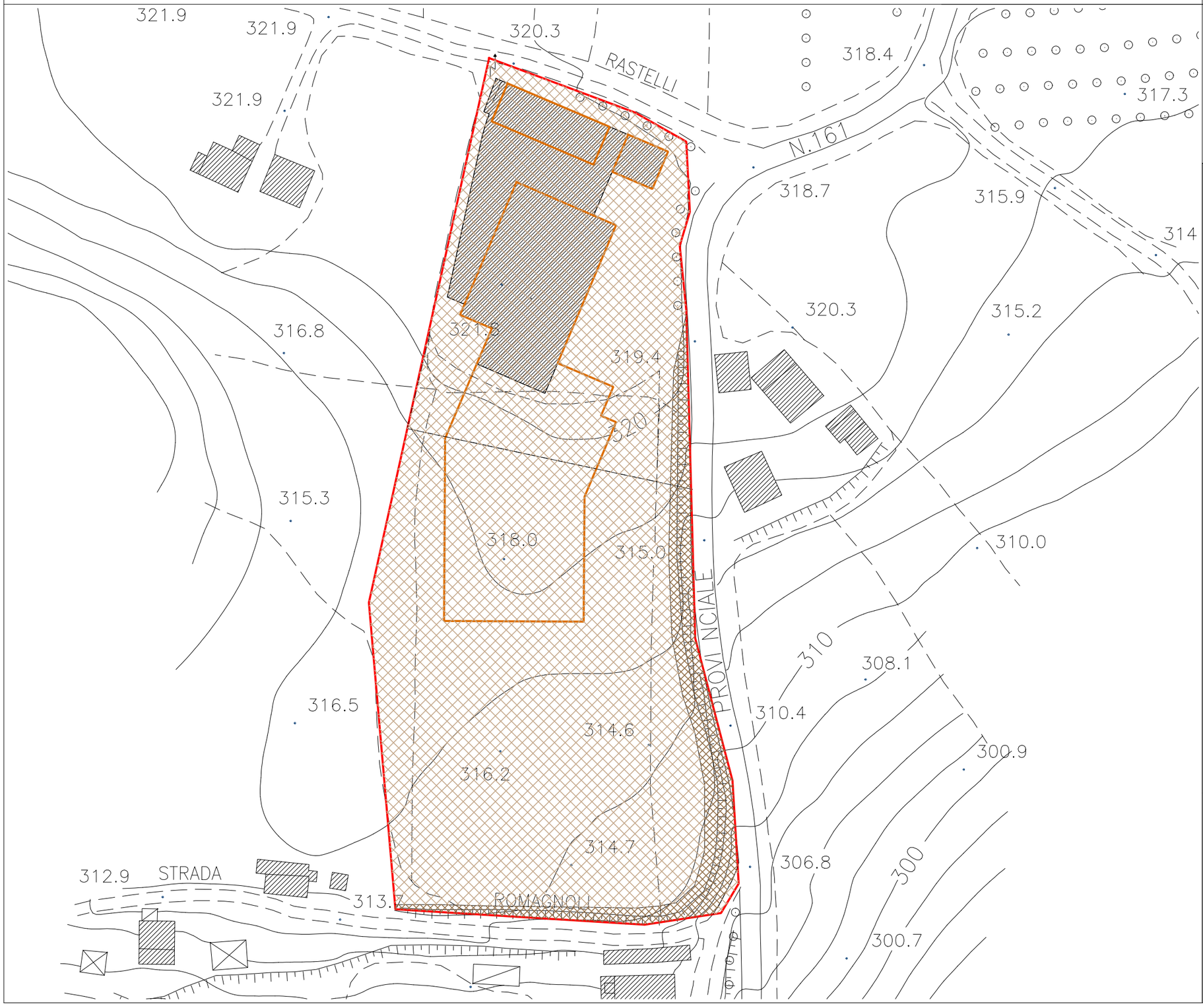
-9.0 m Sondaggio geognostico reperito
con indicazioni della presenza di acqua

-7.8 m Prove penetrometriche dinamiche
con indicazioni della presenza di acqua

Permeabilità BASSA	
	Depositi Eluvio Colluviali - Alluvionali terrazzati Limi sabbiosi ($K = 10^{-5} - 10^{-7}$ cm/sec)

CARTA DELLE PERICOLOSITA' GEOLOGICHE

scala 1:1.000



Base cartografica:
Aerofotogrammetria comunale, Comune di Montegiorgio
L'equidistanza fra le curve di livello è di 2,0 m,
l'altimetria espressa in metri è riferita al livello medio del mare.

LEGENDA

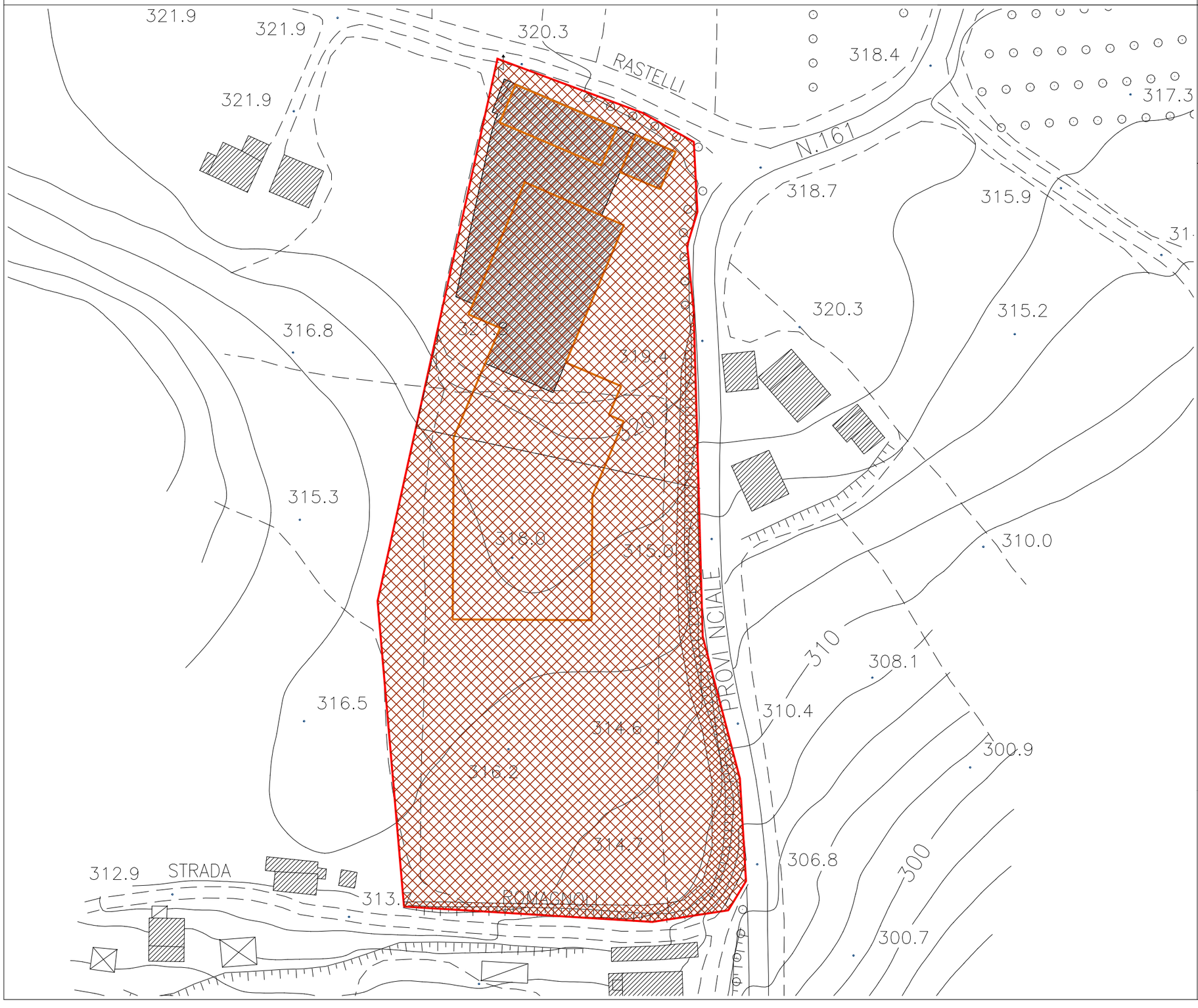
- Perimetrazione Comparto D1 a.3 (rettificato) superficie 14.648 mq
- ingombro edifici esistenti
- ingombro edifici in progetto ampliamento, ristrutturazione e ridistribuzione volumetrica

GRADO DI PERICOLOSITA'

- BASSO
  Aree di versante poco acclivi con presenza dei depositi Eluvio-Colluviali e Alluvionali terrazzati
  (*limi sabbiosi debolmente argillosi*)
  geomorfologicamente - stabili
- MEDIO - ALTO
  Aree di versante acclivi con presenza dei depositi Eluvio-Colluviali e Alluvionali terrazzati
  (*limi sabbiosi debolmente argillosi*)
  geomorfologicamente - potenzialmente instabili

CARTA DELLE PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

scala 1:1.000



Base cartografica:
Aerofotogrammetria comunale, Comune di Montegiorgio
L'equidistanza fra le curve di livello è di 2,0 m,
l'altimetria espressa in metri è riferita al livello medio del mare.

LEGENDA

Perimetrazione Comparto D1 a.3 (rettificato)
superficie 14.648 mq

ingombro edifici esistenti

ingombro edifici in progetto
ampliamento ristrutturazione e ridistribuzione volumetrica

GRADO DI PERICOLOSITA' SISMICA

MEDIO BASSO
Tipologie delle situazioni
aree di versante ed aree con presenza, negli strati superficiali, dei depositi limoso-sabbiosi, unitamente ad aree circostanti acclivi.

Possibili effetti in caso di terremoto
amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta alla differenza di risposta sismica tra substrato e copertura, cedimenti collegati a particolari caratteristiche meccaniche dei terreni.

frequenza caratteristica
f_0 = 2.0 Hz H/V = 3.1
f_0 = 1.4 Hz H/V = 2.4

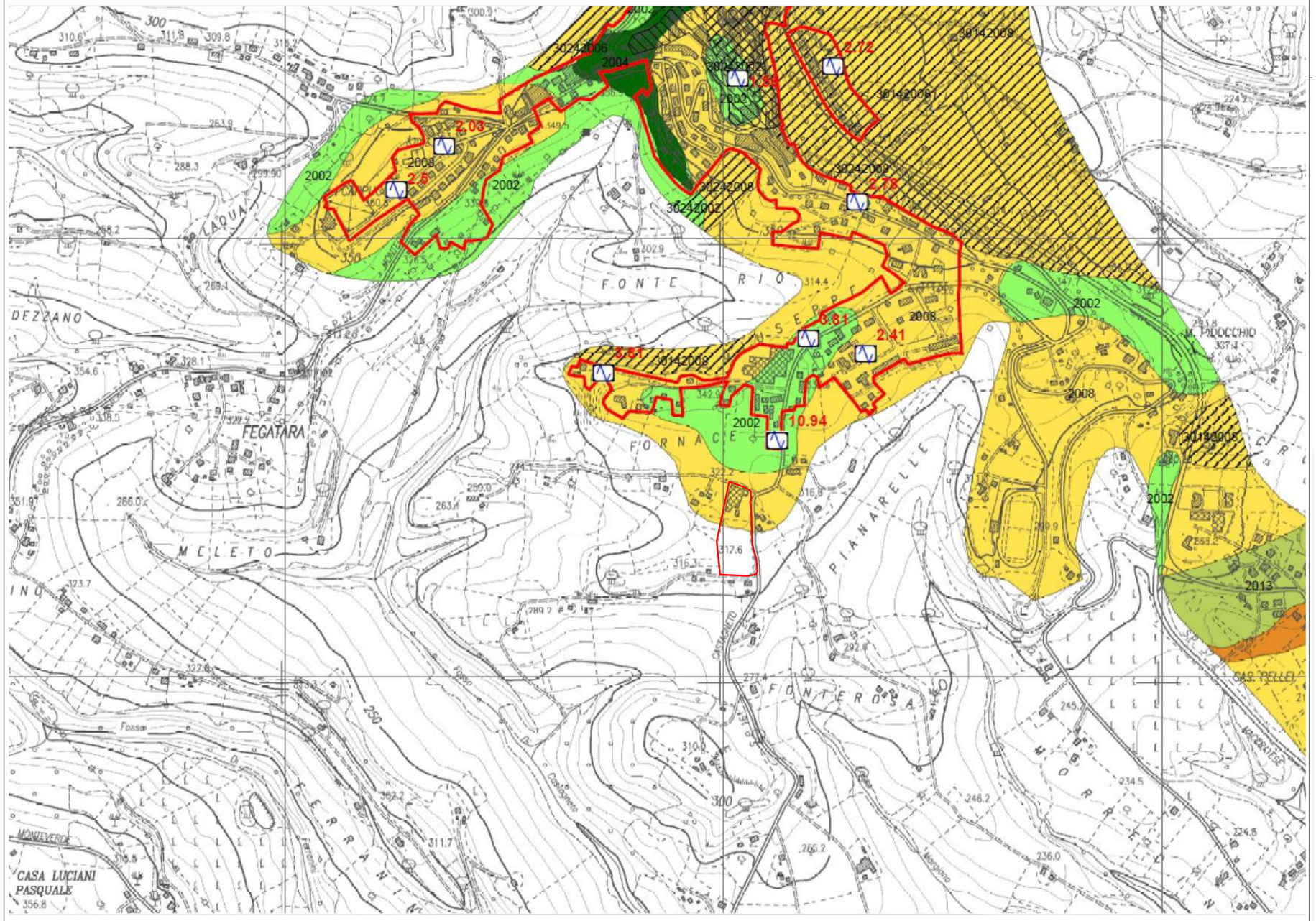
MEDIO
Tipologie delle situazioni
aree di bordo e ciglio di scarpata antropica e/o poligenica

Possibili effetti in caso di terremoto
amplificazione diffusa del moto del suolo con la focalizzazione delle onde sismiche lungo pendii particolarmente acclivi, attivazione di fenomeni gravitativi superficiali.

CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE

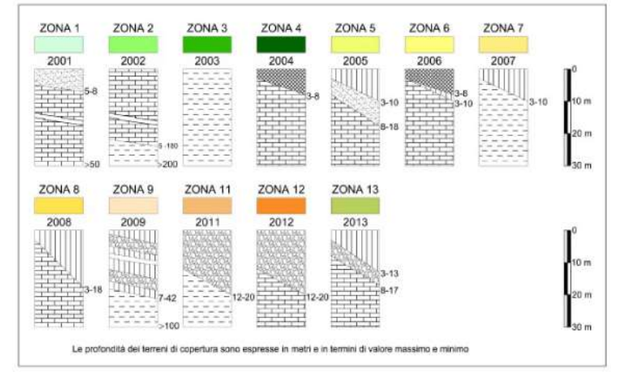
IN PROSPETTIVA SISMICA

scala 1:10.000



Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



LITOLOGIA DEI TERRENI

Substrato

- Substrato geologico granulare cementato stratificato [GRS]
- Substrato geologico coesivo sovraconsolidato stratificato [COS]
- Substrato geologico alternanza di litotipi stratificato [ALS]

Depositi della copertura

- RIPORTO
  Limi sabbioso-argillosi con resti laterizi frammisti [RI]
- DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI -ec, e di CONOIDE ALLUVIONALE -ca
  Limi inorganici, sabbie limoso-argillose e limi argillosi [ML]
- DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI E TERRAZZATI -tf
  Sabbie limose, miscela di sabbia e limo con rari ciottoli [SM]
- Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia [GW]

Punti di misura di rumore ambientale

- Punto di misura di microtremore ambientale con indicazione del valore di f0

Zona di attenzione per instabilità di versante

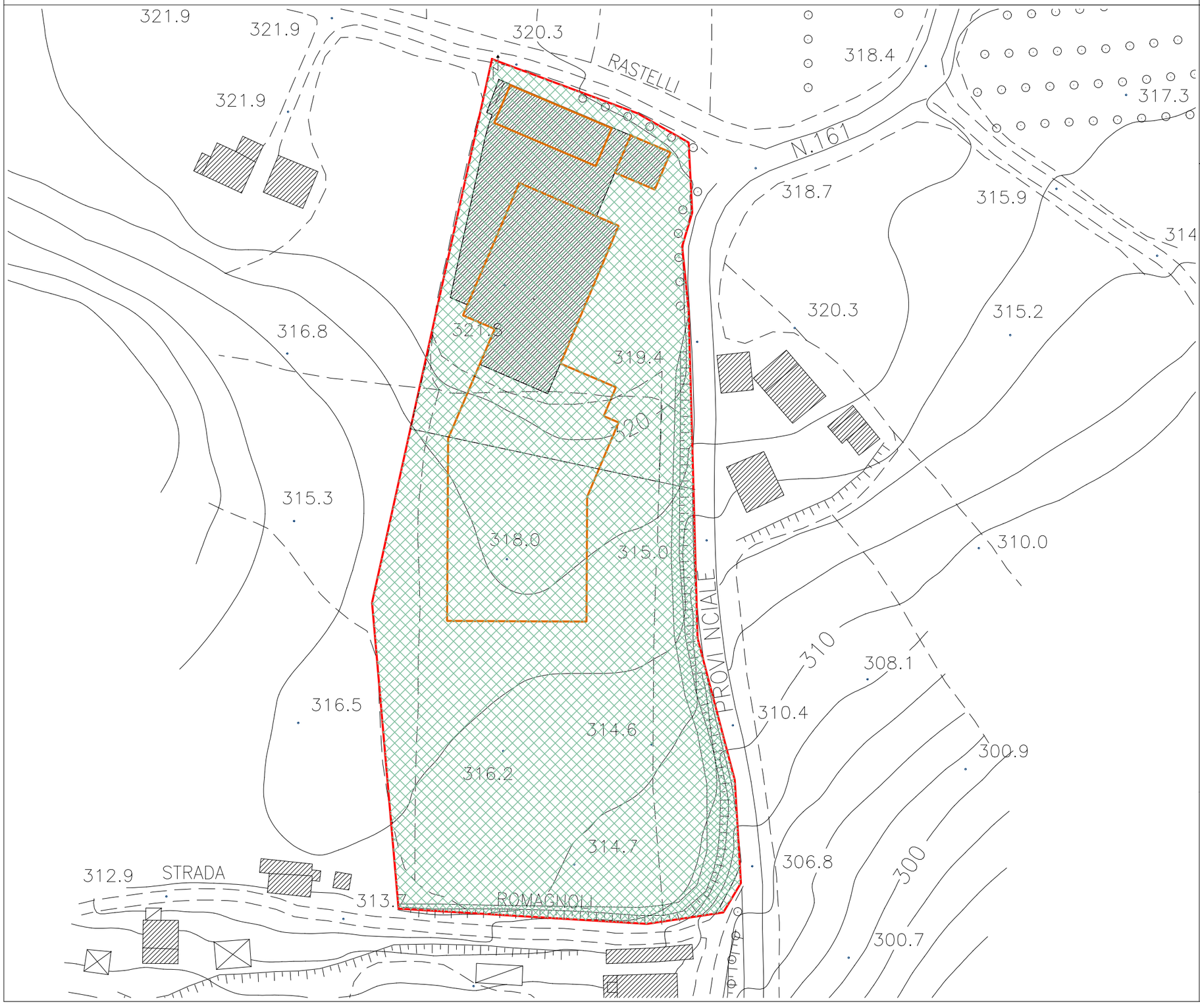
- ZA FR Zona 2001
- ZA FR Zona 2002
- ZA FR Zona 2005
- ZA FR Zona 2006
- ZA FR Zona 2008
- ZA FR Zona 2012

Forme di superficie e sepolte

- Aree con cavità sepolte
- Conoide alluvionale
- Orlo di scarpata morfologica (10-20 m)

CARTA DEL RISCHIO

scala 1:1.000



Base cartografica:
Aerofotogrammetria comunale, Comune di Montegiorgio
L'equidistanza fra le curve di livello è di 2,0 m,
l'altimetria espressa in metri è riferita al livello medio del mare.

LEGENDA

- Perimetrazione Comparto D1 a.3 (rettificato) superficie 14.648 mq
- ingombro edifici esistenti
- ingombro edifici in progetto ampliamento ristrutturazione e ridistribuzione volumetrica

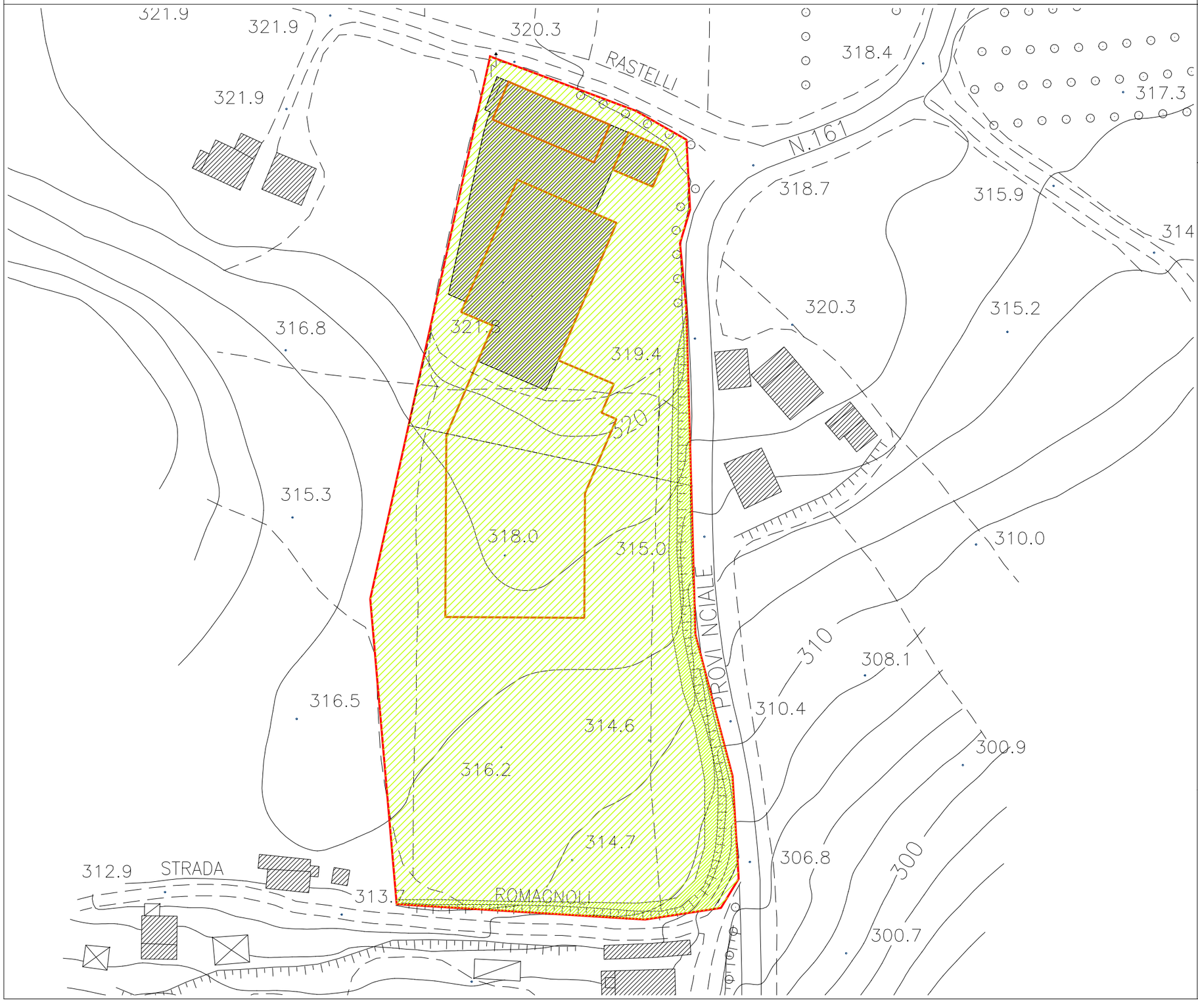
GRADO DEL RISCHIO

- BASSO
- MEDIO

CARTA DELLA VOCAZIONALITA' EDIFICATORIA

scala 1:1.000

NORD



Base cartografica:
Aerofotogrammetria comunale, Comune di Montegiorgio
L'equidistanza fra le curve di livello è di 2,0 m,
l'altimetria espressa in metri è riferita al livello medio del mare.

LEGENDA

- Perimetrazione Comparto D1 a.3 (rettificato) superficie 14.648 mq
- ingombro edifici esistenti
- ingombro edifici in progetto ampliamento, ristrutturazione e ridistribuzione volumetrica

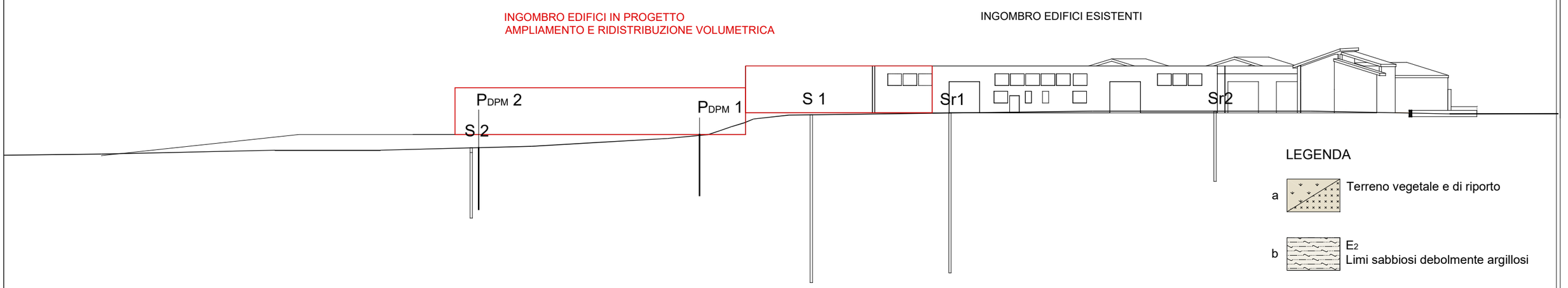
GRADO DI VOCAZIONALITA'

- MEDIO
- Edificazione condizionata

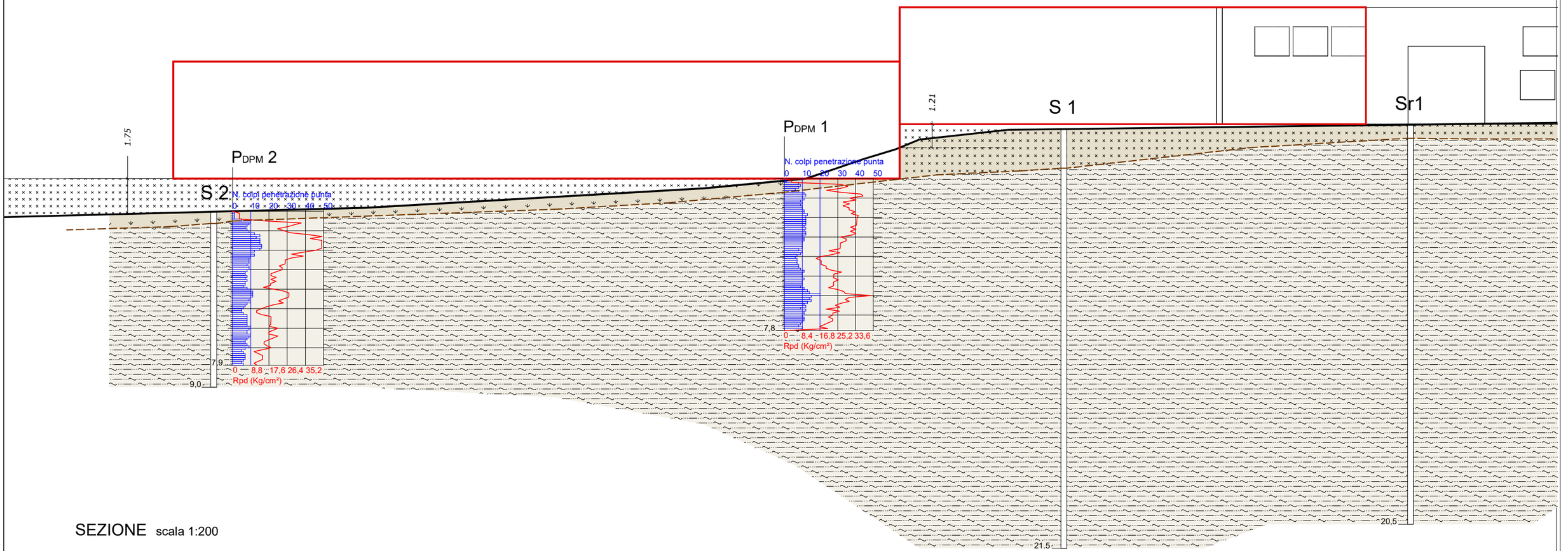
SEZIONE scala 1:500

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA

scala 1:200



INGOMBRO EDIFICI IN PROGETTO - AMPLIAMENTO E RIDISTRIBUZIONE VOLUMETRICA



SEZIONE scala 1:200

Dr. Graziano Ciferri
— Geologo —
Via Luigi Galvani n. 19
63017 Porto S. Giorgio AP
Tel. 0734 / 679003

Oggetto:
SUAP in variante Prgc, per l'intervento di ampliamento e ridistribuzione volumetrica di fabbricato artigianale

SONDAGGIO N. 1

Data: 6 Dicembre 2018

Cantiere: c.da Castagneto, snc

Impresa esecutrice: Ciarpella Giovanni

Metodo di perforazione: rotazione

Diametro di perforazione: 220 mm

Inclinazione (gradi): 0°

Committente: Tecnometal Ornaments s.u.r.l.

Quota boccaforo: 320 m s.l.m.

Scala stratigrafia 1:100

STRATIGRAFIA

Spessore p.c. (m)	Spessore parz. (m)	Simbologia	Descrizione della natura litologica
	2.00		Terreni di riporto Limi sabbiosi e limi argillosi di colore bruno, con inclusi trovanti di natura calcarea e in laterizio
2.00			Limi sabbiosi debolmente argillosi alternati a limi sabbioesi e limi, di colore avana, a tessitura eterogenea e con concrezioni carbonatiche diffuse di dimensioni millimetriche.
			Da 8.0 a 10 m assenza di concrezioni carbonatiche.
			Intercalati livelli sabbiosi millimetrici.
			Fine sondaggio a 21.50 m senza acqua in foro.

POCKET PENETROMETER
Rp= Kg/cmq
1 2 3 4 5 FS

1	1.3
	1.5
2	
3	2.6
4	2.4
5	2.0
6	3.0
7	1.7
8	2.0
9	3.0
10	2.5
11	3.0
12	2.7
13	1.7
14	3.6
15	3.8
16	4.5
17	2.4
18	3.0
19	2.7
20	2.4
	2.5

Campioni | Falda | Strumenti installati | Osserv.

Note:

Dr. Graziano Ciferri
— Geologo —
Via Luigi Galvani n. 19
63017 Porto S. Giorgio AP
Tel. 0734 / 679003

Oggetto:
SUAP in variante Prgc, per l'intervento di ampliamento e ridistribuzione volumetrica di fabbricato artigianale

SONDAGGIO N. 2

Data: 6 Dicembre 2018

Cantiere: c.da Castagneto, snc

Impresa esecutrice: Ciarpella Giovanni

Metodo di perforazione: rotazione

Diametro di perforazione: 220 mm

Inclinazione (gradi): 0°

Committente: Tecnometal Ornaments s.u.r.l.

Quota boccaforo: 318 m s.l.m.

Scala stratigrafia 1:100

STRATIGRAFIA

Scala grafica	Spessore p.c. (m)	Spessore parz. (m)	Simbologia	Descrizione della natura litologica
	0.60	0.60		Terreno vegetale
	2.70	2.10		Limi sabbiosi debolmente argillosi alternati a limi sabbioesi e limi, di colore avana, a tessitura eterogenea e con concrezioni carbonatiche diffuse di dimensioni millimetriche.
	3.40	0.70		Limi sabbioso argillosi di colore bruno con frustoli vegetali inclusi (paleosuolo).
	9.00			Fine sondaggio a 9.0 m senza acqua in foro.

POCKET PENETROMETER
Rp= Kg/cmq
1 2 3 4 5 FS

2.4
2.0
1.8
2.5
2.7
2.0
2.2
3.0

Campioni | Falda | Strumenti installati | Osserv.

Note:

STUDIO GEOLOGICO - DOTT. GIACOMO LIBERATI n. 447 O.R.G.
Via G. MAZZINI N.61 MONTEGIORGIO (AP) 63025 tel. 0734/962580 - 0335/8299719

COMUNE: Montegiorgio
CANTIERE: via Castagneto, 1/a
COMMITTENTE: TECNOMETAL s.r.l.

SONDAGGIO N. 1
PROFONDITA' m. 20,50
QUOTA S.L.M. 320

PERFORAZ.	SCISSOMETRO (kg/cmq) Cu	Cr	PENETROMETRO (kg/cmq) qu	GRADI ø	P. DI VOL. (Kg/dmc) ɣ	QUOTA FALDA	QUOTA REL.	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIZIONE TERRENO
ROTAZIONE A SECCO	2,0		4,0	>18	1,90		0,0		Massicciata del piazzale;
	1,3		2,7				1,0		Colluvio sabbioso-limoso leggermente argilloso, a diverso predominio;
	1,7		3,4				2,0		
	1,8		3,7				3,0		
	1,5		3,1				4,0		
	1,2		2,5				5,0		
	1,2		2,6				6,0		
	2,2		4,4				7,0		
							8,0		
							9,0		
							10,0		
							11,0		
							12,0		
							13,0		
							14,0		
							15,0		
							16,0		
							17,0		
							18,0		
							19,0		
							20,0		FINE SONDAGGIO
							21,0		
							22,0		

Sr1

DOCUMENTO REPERITO
Tratto da:
Relazione Geologica "ampliamento di un fabbricato artigianale", c.da Castagneto n.1/A Montegiorgio.

Redatta da Geol. G. Liberati, 2002.

STUDIO GEOLOGICO - DOTT. GIACOMO LIBERATI n. 447 O.R.G.
Via G. MAZZINI N.61 MONTEGIORGIO (AP) 63025 tel. 0734/962580 - 0335/8299719

COMUNE: Montegiorgio
CANTIERE: via Castagneto, 1/a
COMMITTENTE: TECNOMETAL s.r.l.

SONDAGGIO N. 2
PROFONDITA' m. 9,00
QUOTA S.L.M. 320

PERFORAZ.	SCISSOMETRO (kg/cmq) Cu	Cr	PENETROMETRO (kg/cmq) qu	GRADI ø	P. DI VOL. (Kg/dmc) ɣ	QUOTA FALDA	QUOTA REL.	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIZIONE TERRENO
ROTAZIONE A SECCO	>2,4		>6	>18	1,90		0,0		Massicciata del piazzale;
	1,4		2,9				1,0		Colluvio sabbioso-limoso leggermente argilloso, a diverso predominio;
	1,2		2,5				2,0		
	1,4		2,9				3,0		
							4,0		
							5,0		
							6,0		
							7,0		
							8,0		
							9,0		FINE SONDAGGIO
							10,0		
							11,0		
							12,0		
							13,0		
							14,0		
							15,0		
							16,0		
							17,0		
							18,0		
							19,0		
							20,0		
							21,0		
							22,0		

Sr2

DOCUMENTO REPERITO
Tratto da:
Relazione Geologica "ampliamento di un fabbricato artigianale", c.da Castagneto n.1/A Montegiorgio.

Redatta da Geol. G. Liberati, 2002.

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Committente: TECNOMETAL ORNAMENTS S.U.R.L.
Cantiere: C.DA CASTAGNETO snc
Località: MONTEGIORGIO

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DM-30 (60°)

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	30	Kg
Altezza di caduta libera	0,20	m
Peso sistema di battuta	13	Kg
Diametro punta conica	35,68	mm
Area di base punta	10	cm²
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	2,93	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80	m
Avanzamento punta	0,10	m
Numero colpi per punta	N(10)	
Coeff. Correlazione	0,783	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	60	°

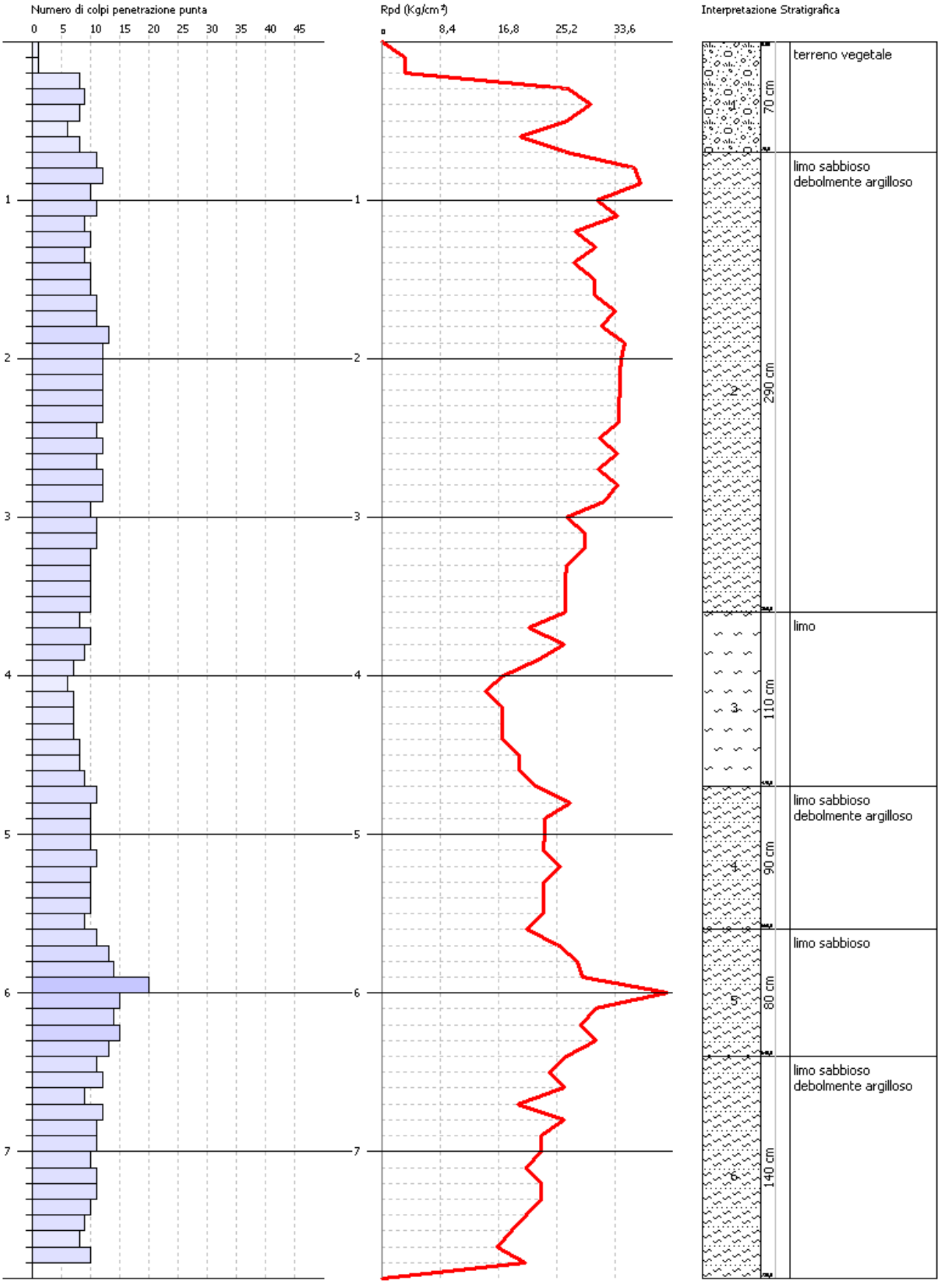
GEOSTRU Software
Via Lungo Ferrovia 22
Tel 0039 0964 911624 FAX 0039 0964 992341 geostru@geostru.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DM-30 (60°)

Committente: TECNOMETAL ORNAMENTS S.U.R.L.
Cantiere: C.DA CASTAGNETO snc
Località: MONTEGIORGIO

Data: 06/12/2018

Scala 1:36



PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DM-30 (60°)
Prova eseguita in data 06/12/2018
Profondità prova 7,80 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	1	0,857	3,36	3,92	0,17	0,20
0,20	1	0,855	3,35	3,92	0,17	0,20
0,30	8	0,853	26,73	31,35	1,34	1,57
0,40	9	0,851	30,01	35,27	1,50	1,76
0,50	8	0,849	26,61	31,35	1,33	1,57
0,60	6	0,847	19,92	23,51	1,00	1,18
0,70	8	0,845	26,50	31,35	1,32	1,57
0,80	11	0,843	36,36	43,11	1,82	2,16
0,90	12	0,842	37,20	44,21	1,86	2,21
1,00	10	0,840	30,94	36,84	1,55	1,84
1,10	11	0,838	33,96	40,52	1,70	2,03
1,20	9	0,836	27,73	33,16	1,39	1,66
1,30	10	0,835	30,74	36,84	1,54	1,84
1,40	9	0,833	27,61	33,16	1,38	1,66
1,50	10	0,831	30,62	36,84	1,53	1,84
1,60	10	0,830	30,56	36,84	1,53	1,84
1,70	11	0,828	33,55	40,52	1,68	2,03
1,80	11	0,826	33,49	40,52	1,67	2,03
1,90	13	0,775	35,00	45,18	1,75	2,26
2,00	12	0,823	34,33	41,71	1,72	2,09
2,10	12	0,822	34,27	41,71	1,71	2,09
2,20	12	0,820	34,20	41,71	1,71	2,09
2,30	12	0,819	34,14	41,71	1,71	2,09
2,40	12	0,817	34,08	41,71	1,70	2,09
2,50	11	0,816	31,18	38,23	1,56	1,91
2,60	12	0,814	33,96	41,71	1,70	2,09
2,70	11	0,813	31,08	38,23	1,55	1,91
2,80	12	0,811	33,84	41,71	1,69	2,09
2,90	12	0,810	31,98	39,47	1,60	1,97
3,00	10	0,809	26,60	32,89	1,33	1,64
3,10	11	0,807	29,21	36,18	1,46	1,81
3,20	11	0,806	29,16	36,18	1,46	1,81
3,30	10	0,805	26,47	32,89	1,32	1,64
3,40	10	0,803	26,43	32,89	1,32	1,64
3,50	10	0,802	26,39	32,89	1,32	1,64
3,60	10	0,801	26,34	32,89	1,32	1,64
3,70	8	0,800	21,04	26,32	1,05	1,32
3,80	10	0,798	26,26	32,89	1,31	1,64
3,90	9	0,797	22,40	28,10	1,12	1,41
4,00	7	0,796	17,40	21,86	0,87	1,09
4,10	6	0,795	14,89	18,73	0,74	0,94
4,20	7	0,794	17,35	21,86	0,87	1,09
4,30	7	0,793	17,32	21,86	0,87	1,09
4,40	7	0,791	17,30	21,86	0,86	1,09
4,50	8	0,790	19,74	24,98	0,99	1,25
4,60	8	0,789	19,71	24,98	0,99	1,25
4,70	9	0,788	22,15	28,10	1,11	1,41
4,80	11	0,787	27,03	34,35	1,35	1,72
4,90	10	0,786	23,36	29,71	1,17	1,49
5,00	10	0,785	23,33	29,71	1,17	1,49
5,10	10	0,784	23,30	29,71	1,16	1,49
5,20	11	0,783	25,59	32,68	1,28	1,63
5,30	10	0,782	23,24	29,71	1,16	1,49
5,40	10	0,781	23,21	29,71	1,16	1,49

5,50	10	0,780	23,18	29,71	1,16	1,49
5,60	9	0,779	20,84	26,74	1,04	1,34
5,70	11	0,778	25,43	32,68	1,27	1,63
5,80	13	0,727	28,09	38,63	1,40	1,93
5,90	14	0,726	28,82	39,68	1,44	1,98
6,00	20	0,725	41,12	56,68	2,06	2,83
6,10	15	0,725	30,80	42,51	1,54	2,13
6,20	14	0,724	28,72	39,68	1,44	1,98
6,30	15	0,723	30,73	42,51	1,54	2,13
6,40	13	0,722	26,60	36,84	1,33	1,84
6,50	11	0,771	24,04	31,18	1,20	1,56
6,60	12	0,770	26,20	34,01	1,31	1,70
6,70	9	0,770	19,63	25,51	0,98	1,28
6,80	12	0,769	26,15	34,01	1,31	1,70
6,90	11	0,768	22,89	29,80	1,14	1,49
7,00	11	0,767	22,86	29,80	1,14	1,49
7,10	10	0,766	20,76	27,09	1,04	1,35
7,20	11	0,766	22,82	29,80	1,14	1,49
7,30	11	0,765	22,79	29,80	1,14	1,49
7,40	10	0,764	20,70	27,09	1,04	1,35
7,50	9	0,763	18,61	24,38	0,93	1,22
7,60	8	0,763	16,53	21,67	0,83	1,08
7,70	10	0,762	20,64	27,09	1,03	1,35
7,80	0	0,761	0,00	0,00	0,00	0,00

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m³)	Gamma Saturo (t/m³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson
[1] - terreno vegetale	0,7	4,59	Coesivo Incoerente	1,74	1,87	26,19	0,52	48,61	45,90	0,34
[2] - limo sabbioso debolmente argilloso	3,6	8,56	Coesivo Incoerente	1,92	---	28,14	0,86	89,10	85,60	0,34
[3] - limo	4,7	6,12	Coesivo Incoerente	1,82	1,89	26,96	0,56	64,21	61,20	0,34
[4] - limo sabbioso debolmente argilloso	5,6	7,92	Coesivo Incoerente	1,90	1,90	27,84	0,68	82,57	79,20	0,34
[5] - limo sabbioso	6,4	11,26	Coesivo Incoerente	2,00	---	29,36	0,93	116,64	112,60	0,33
[6] - limo sabbioso debolmente argilloso	7,8	7,55	Coesivo Incoerente	1,88	1,90	27,66	0,60	78,80	75,50	0,34

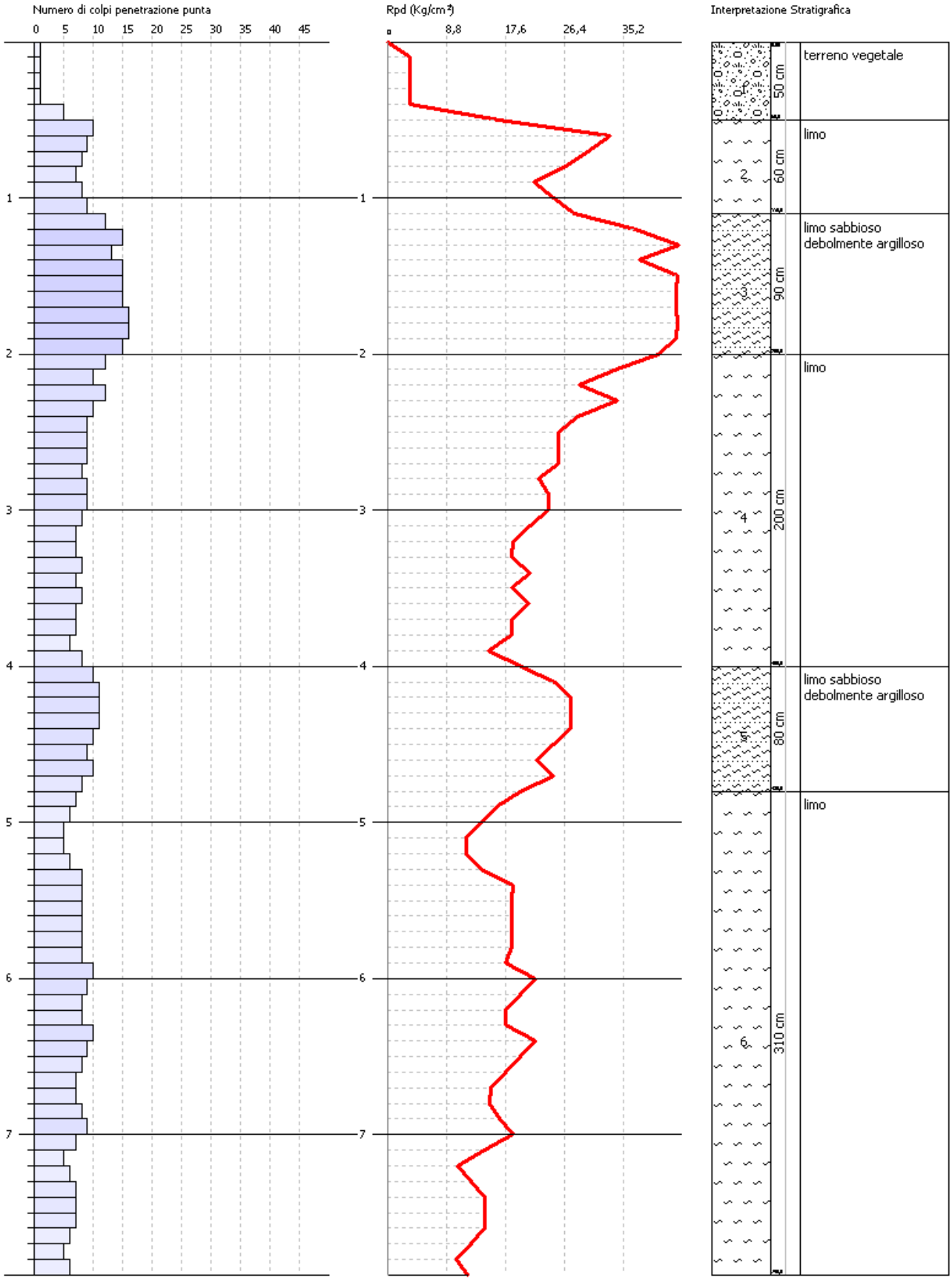
GEOSTRU Software
Via Lungo Ferrovia 22
Tel 0039 0964 911624 FAX 0039 0964 992341 geostru@geostru.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DM-30 (60°)

Committente: TECNOMETAL ORNAMENTS S.U.R.L.
Cantiere: C.DA CASTAGNETO snc
Località: MONTEGIORGIO

Data: 10/12/2018

Scala 1:37



PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DM-30 (60°)
Prova eseguita in data 10/12/2018
Profondità prova 7,90 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	1	0,857	3,36	3,92	0,17	0,20
0,20	1	0,855	3,35	3,92	0,17	0,20
0,30	1	0,853	3,34	3,92	0,17	0,20
0,40	1	0,851	3,33	3,92	0,17	0,20
0,50	5	0,849	16,63	19,60	0,83	0,98
0,60	10	0,847	33,19	39,19	1,66	1,96
0,70	9	0,845	29,81	35,27	1,49	1,76
0,80	8	0,843	26,44	31,35	1,32	1,57
0,90	7	0,842	21,70	25,79	1,09	1,29
1,00	8	0,840	24,75	29,47	1,24	1,47
1,10	9	0,838	27,78	33,16	1,39	1,66
1,20	12	0,836	36,97	44,21	1,85	2,21
1,30	15	0,785	43,35	55,26	2,17	2,76
1,40	13	0,783	37,49	47,89	1,87	2,39
1,50	15	0,781	43,17	55,26	2,16	2,76
1,60	15	0,780	43,08	55,26	2,15	2,76
1,70	15	0,778	42,99	55,26	2,15	2,76
1,80	16	0,776	45,76	58,94	2,29	2,95
1,90	16	0,775	43,08	55,61	2,15	2,78
2,00	15	0,773	40,31	52,13	2,02	2,61
2,10	12	0,822	34,27	41,71	1,71	2,09
2,20	10	0,820	28,50	34,76	1,43	1,74
2,30	12	0,819	34,14	41,71	1,71	2,09
2,40	10	0,817	28,40	34,76	1,42	1,74
2,50	9	0,816	25,51	31,28	1,28	1,56
2,60	9	0,814	25,47	31,28	1,27	1,56
2,70	9	0,813	25,43	31,28	1,27	1,56
2,80	8	0,811	22,56	27,80	1,13	1,39
2,90	9	0,810	23,98	29,61	1,20	1,48
3,00	9	0,809	23,94	29,61	1,20	1,48
3,10	8	0,807	21,25	26,32	1,06	1,32
3,20	7	0,806	18,56	23,03	0,93	1,15
3,30	7	0,805	18,53	23,03	0,93	1,15
3,40	8	0,803	21,14	26,32	1,06	1,32
3,50	7	0,802	18,47	23,03	0,92	1,15
3,60	8	0,801	21,08	26,32	1,05	1,32
3,70	7	0,800	18,41	23,03	0,92	1,15
3,80	7	0,798	18,38	23,03	0,92	1,15
3,90	6	0,797	14,93	18,73	0,75	0,94
4,00	8	0,796	19,88	24,98	0,99	1,25
4,10	10	0,795	24,82	31,22	1,24	1,56
4,20	11	0,794	27,26	34,35	1,36	1,72
4,30	11	0,793	27,22	34,35	1,36	1,72
4,40	11	0,791	27,18	34,35	1,36	1,72
4,50	10	0,790	24,68	31,22	1,23	1,56
4,60	9	0,789	22,18	28,10	1,11	1,41
4,70	10	0,788	24,61	31,22	1,23	1,56
4,80	8	0,787	19,66	24,98	0,98	1,25
4,90	7	0,786	16,35	20,80	0,82	1,04
5,00	6	0,785	14,00	17,83	0,70	0,89
5,10	5	0,784	11,65	14,86	0,58	0,74
5,20	5	0,783	11,63	14,86	0,58	0,74
5,30	6	0,782	13,94	17,83	0,70	0,89
5,40	8	0,781	18,57	23,77	0,93	1,19

5,50	8	0,780	18,54	23,77	0,93	1,19
5,60	8	0,779	18,52	23,77	0,93	1,19
5,70	8	0,778	18,50	23,77	0,92	1,19
5,80	8	0,777	18,48	23,77	0,92	1,19
5,90	8	0,776	17,60	22,67	0,88	1,13
6,00	10	0,775	21,98	28,34	1,10	1,42
6,10	9	0,775	19,76	25,51	0,99	1,28
6,20	8	0,774	17,54	22,67	0,88	1,13
6,30	8	0,773	17,52	22,67	0,88	1,13
6,40	10	0,772	21,88	28,34	1,09	1,42
6,50	9	0,771	19,67	25,51	0,98	1,28
6,60	8	0,770	17,47	22,67	0,87	1,13
6,70	7	0,770	15,27	19,84	0,76	0,99
6,80	7	0,769	15,25	19,84	0,76	0,99
6,90	8	0,768	16,64	21,67	0,83	1,08
7,00	9	0,767	18,71	24,38	0,94	1,22
7,10	7	0,766	14,53	18,96	0,73	0,95
7,20	5	0,766	10,37	13,55	0,52	0,68
7,30	6	0,765	12,43	16,26	0,62	0,81
7,40	7	0,764	14,49	18,96	0,72	0,95
7,50	7	0,763	14,48	18,96	0,72	0,95
7,60	7	0,763	14,46	18,96	0,72	0,95
7,70	6	0,762	12,39	16,26	0,62	0,81
7,80	5	0,761	10,31	13,55	0,52	0,68
7,90	6	0,761	11,84	15,57	0,59	0,78

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m³)	Gamma Saturo (t/m³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson
[1] - terreno vegetale	0,5	1,41	Coesivo Incoerente	1,52	1,85	24,49	0,16	16,17	14,10	0,35
[2] - limo	1,1	6,66	Coesivo Incoerente	1,84	1,89	27,23	0,73	69,72	66,60	0,34
[3] - limo sabbioso debolmente argilloso	2,0	11,49	Coesivo Incoerente	2,01	---	29,46	1,20	118,98	114,90	0,33
[4] - limo	4,0	6,66	Coesivo Incoerente	1,84	1,89	27,23	0,64	69,72	66,60	0,34
[5] - limo sabbioso debolmente argilloso	4,8	7,83	Coesivo Incoerente	1,89	1,90	27,8	0,70	81,65	78,30	0,34
[6] - limo	7,9	5,71	Coesivo Incoerente	1,80	1,88	26,76	0,47	60,03	57,10	0,34

CALCOLO PORTANZA
DI FONDAZIONI SUPERFICIALI

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Norme tecniche per le Costruzioni 2018

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17 gennaio 2018.

Norme tecniche per le Costruzioni 2008

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.

Eurocodice 7

Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

Eurocodice 8

Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SU TERRENI

Il carico limite di una fondazione superficiale può essere definito con riferimento a quel valore massimo del carico per il quale in nessun punto del sottosuolo si raggiunge la condizione di rottura (metodo di Frolich), oppure con riferimento a quel valore del carico, maggiore del precedente, per il quale il fenomeno di rottura si è esteso ad un ampio volume del suolo (metodo di Prandtl e successivi).

Formula di Hansen (1970)

La formula di Hansen vale per qualsiasi rapporto *D/B*, quindi sia per fondazioni superficiali che profonde, ma lo stesso autore introdusse dei coefficienti per meglio interpretare il comportamento reale della fondazione, senza di essi, infatti, si avrebbe un aumento troppo forte del carico limite con la profondità.

Carico verticale $q_{ult} = c \times N_c \times s_c \times d_c + \gamma \times D \times N_q \times s_q \times d_q + 0.5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \times s_\gamma \times d_\gamma$

Carico inclinato $q_{ul\,t} = c \times N_c \times i_c \times d_c + \gamma \times D \times N_q \times i_q \times d_q + 0.5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \times i_\gamma \times d_\gamma$

$$N_q = e^{\pi \tan\varphi} \tan^2\left(45 + \varphi/2\right)$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot\varphi$$

$$N_\gamma = \left(N_q - 1\right)\tan\left(1.4\varphi\right)$$

Per valori di D/B <1

$$d_c = 1 + 0.4\frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2\tan\varphi(1 - \sin\varphi)^2\,\frac{D}{B}$$

Per valori D/B>1:

$$d_c = 1 + 0.4\tan^{-1}\frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2\tan\varphi(1 - \sin\varphi)^2\tan^{-1}\frac{D}{B}$$

Nel caso φ = 0

D/B	*0*	*1*	*1.1*	*2*	*5*	*10*	*20*	*100*
d'c	*0*	*0.40*	*0.33*	*0.44*	*0.55*	*0.59*	*0.61*	*0.62*

Nei fattori seguenti le espressioni con apici (') valgono quando φ=0.
Fattore di forma:

$$s'_c = 0.2\frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c}\frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 \qquad \text{per fondazioni nastriformi}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L}\tan\varphi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4\frac{B}{L}$$

Fattore di profondità:

$$d'_c = 0.4k$$

$$d_c = 1 + 0.4k$$

$$d_q = 1 + 2\tan\varphi(1-\sin\varphi)k$$

$$d_\gamma = 1 \quad \text{per qualsiasi } \varphi$$

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{se } \frac{D}{B} \le 1$$

$$k = \tan^{-1}\frac{D}{B} \quad \text{se } \frac{D}{B} > 1$$

Fattori di inclinazione del carico

$$i'_c = 0.5 - 0.5\sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$$

$$i_c = i_q - \frac{1-i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot\varphi}\right)^5$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot\varphi}\right)^5 \quad (\eta = 0)$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta/450)H}{V + A_f c_a \cot\varphi}\right)^5 \quad (\eta > 0)$$

Fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio):

$$g'_c = \frac{\beta}{147}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5\tan\beta)^5$$

Fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata)

$$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_q = \exp(-2\eta\tan\varphi)$$

$$b_q = \exp(-2.7\eta\tan\varphi)$$

PLINTO

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2018
Larghezza fondazione	2,0 m
Lunghezza fondazione	2,0 m
Profondità piano di posa	2,6 m
Altezza di incastro	2,6 m

STRATIGRAFIA TERRENO

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams:Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; c: Coesione; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; cu: Coesione non drenata

DH [m]	Gam [Kg/m³]	Gams [Kg/m³]	Fi [°]	c [Kg/cm²]	cu [Kg/cm²]	Ey [Kg/cm²]	Ed [Kg/cm²]
2,5	1700,0	1800,0	0,0	0,0	0,2	0,0	30,0
6,0	1850,0	1950,0	0,0	0,0	0,6	0,0	66,0

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Approccio n.2	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid.Capacità portante orizzontale
A1+M1+R3	No	1	1	1	1	1	2,3	1,1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3
Autore: HANSEN (1970)

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)
Costante di Winkler 2,12 Kg/cm³

A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1,0
Fattore [Nc]	5,14
Fattore [Ng]	0,0
Fattore forma [Sc]	0,2
Fattore profondità [Dc]	0,37
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
Carico limite	5,3 Kg/cm²
Resistenza di progetto	2,3 Kg/cm²

Studio di Geologia
Tecnica ed ambientale

Via Luigi Galvani n.19
63822 Porto S. Giorgio FM
Tel Fax 0734 679003
Tel 347 8679039
E-mail grazianociferri@alice.it
grazianociferri@epap.sicurezzapostale.it

COMUNE DI MONTEGIORGIO

SUAP in variante al PRGC

ai sensi dell'art. 26 quater della L.R. 34/92 per l'intervento di

AMPLIAMENTO E RIDISTRIBUZIONE VOLUMETRICA DI FABBRICATO ARTIGIANALE

c.da Castagneto, snc

INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA

mediante tecnica dei rapporti spettrali

HVSR

(Horizzontal to Vertical Spectral Ratio)

Dr. Geol. Graziano Ciferri

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE MARCHE

geologo specialista

numero 356 albo sezione A (1993)

Porto San Giorgio, 22 Dicembre 2018

PREMESSA

Nella presente relazione sono illustrati i risultati dell'indagine sismica passiva a stazione singola, eseguita nell'area ubicata nel comune di Montegiorgio in c.da Castagneto.

Tale indagine è stata eseguita al fine di caratterizzare sismicamente il sottosuolo, in particolare, individuare le discontinuità sismiche e ricostruire la profondità del locale sub-strato geologico (o meglio bedrock geofisico). Con tale metodo viene stimata la velocità di propagazione delle onde di taglio (Vs) come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17 Gennaio 2018. L'indagine geofisica proposta si avvale della metodologia basata sulla tecnica di Nakamura e sul rapporto spettrale H/V. La tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizzontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- **frequenza caratteristica di risonanza del sito ,** rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale, in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare manufatti aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosa per la stabilità degli stessi in caso di sisma;
- **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, quando la misura viene effettuata all'interno dello stesso. Tale misura risulterà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- **velocità media delle onde di taglio Vs e Vs_{30} ,**calcolata tramite un apposito codice di calcolo. E' necessario in questo caso, per l'affidabilità del risultato conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio geognostico ecc..) e riconoscibile nella curva H/V. E' possibile calcolare la Vs e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dal DM 17/01/18;
- **stratigrafia del sottosuolo,** con un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 mt. di profondità, anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 mt. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

Le misure di microtremore ambientale sono state eseguite per mezzo di un tromografo digitale portatile progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (GeoBox 3CH 24 bit – SS45, *Sara electronic instruments s.r.l*) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati secondo le direzioni NS, EW e verticalmente, ad alta definizione. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alle frequenze di campionamento di 300 Hz, per un tempo di 20 minuti.

Sui terreni di sedime è stata condotta, in data 22 Dicembre 2018, un'indagine geofisica attraverso l'acquisizione di n.1 registrazione a stazione singola, denominata **Tr1**.

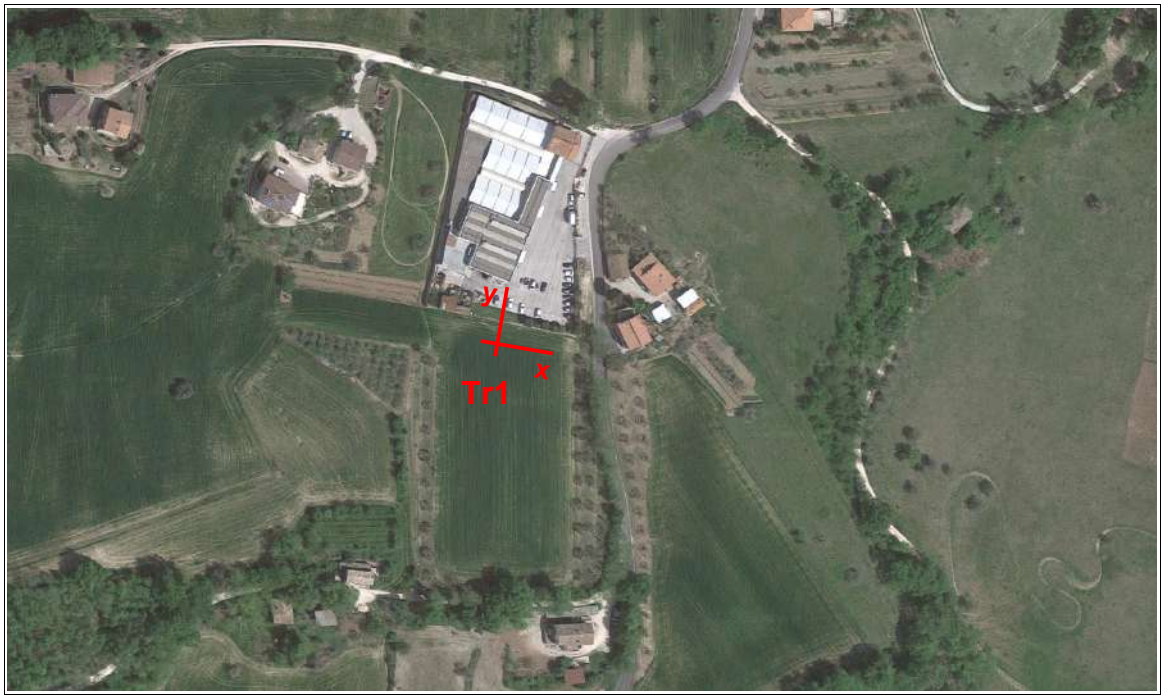


Foto n.1: Ubicazione prova sismica,

Procedura di analisi dati per stazioni singole H/V

Dalla registrazione del rumore sismico ambientale in campo libero si ricava la curva H/V, secondo la procedura descritta in Castellaro et al. (2005), secondo i seguenti parametri:

- larghezza delle finestre d'analisi di 20 s;
- lisciamento secondo Konno & Ohmachi pari a 40,00;
- rimozione dei transetti sulla serie temporale degli H/V.

La curva H/V viene riprodotta creando una serie di modelli sintetici (*che contemplano la propagazione delle onde di Rayleigh e di Love nel modo fondamentale e superiori in sistemi multistrato*), fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali. Tale operazione è possibile esclusivamente in presenza di un vincolo che può essere la profondità nota, tramite prove dirette (penetrometriche eseguite in situ), di un riflettore sismico il cui marker sia riconoscibile nelle curve H/V (Castellaro e Mulargia, 2008) o la velocità delle onde di taglio (Vs) del primo strato nota da altre indagini. Nel caso specifico si sono ottenuti i seguenti risultati:

Stazione Tr1

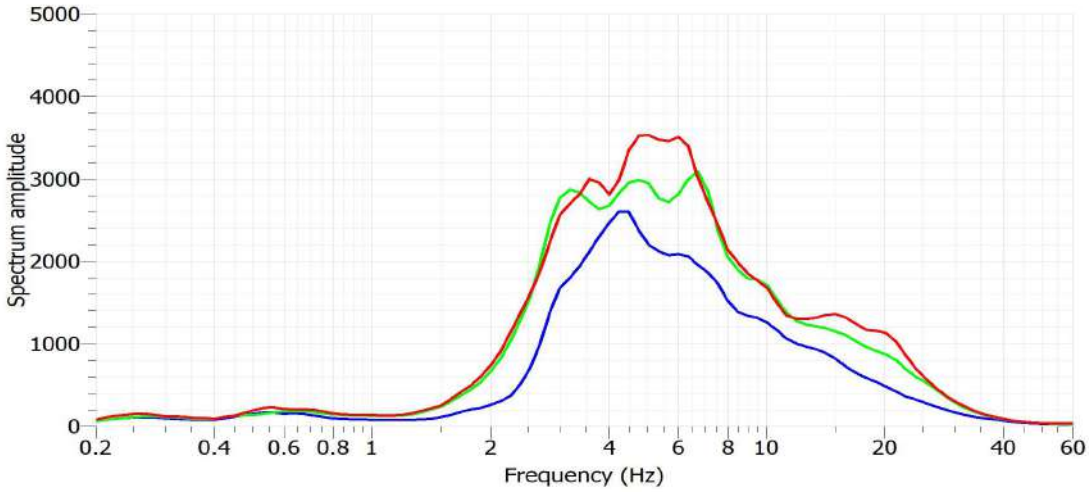


Grafico n.1: spettri di frequenza dei singoli canali,
valori medi della componente verticale (traccia blu),
valori medi della componente N-S (traccia verde),
valori medi della componente E-W (traccia rossa).

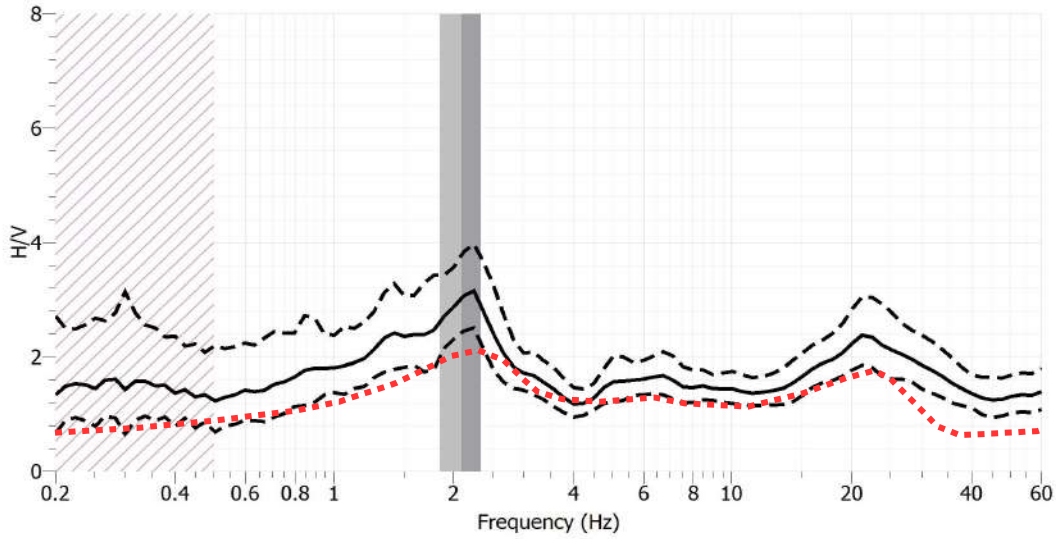


Grafico n.2: curva H/V sperimentale registrata nel sito in oggetto (traccia nera continua),
deviazione standard delle ampiezze dei valori spettrali (traccia nera tratteggiata),
curva H/V teorica derivante dal modello di sottosuolo del grafico n.4 (traccia rossa)

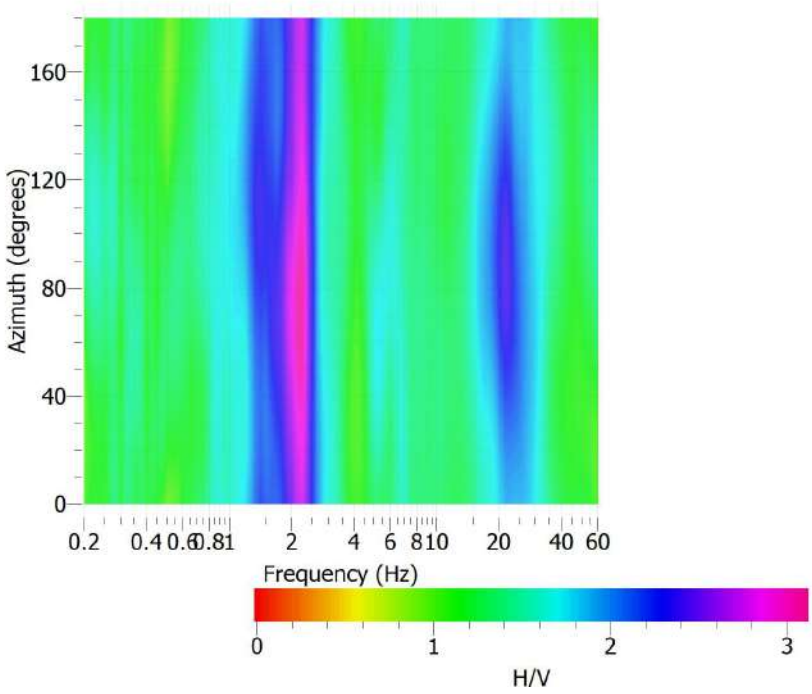


Grafico n.3: Direzionalità del rapporto H/V, valutato nel punto di misura Tr1
grafico ottenuto dalla produzione di un rapporto H/V per ogni 10° di rotazione
(in ascisse la frequenza, le ordinate la direzione di provenienza del segnale,
il colore rappresenta l'ampiezza del rapporto)

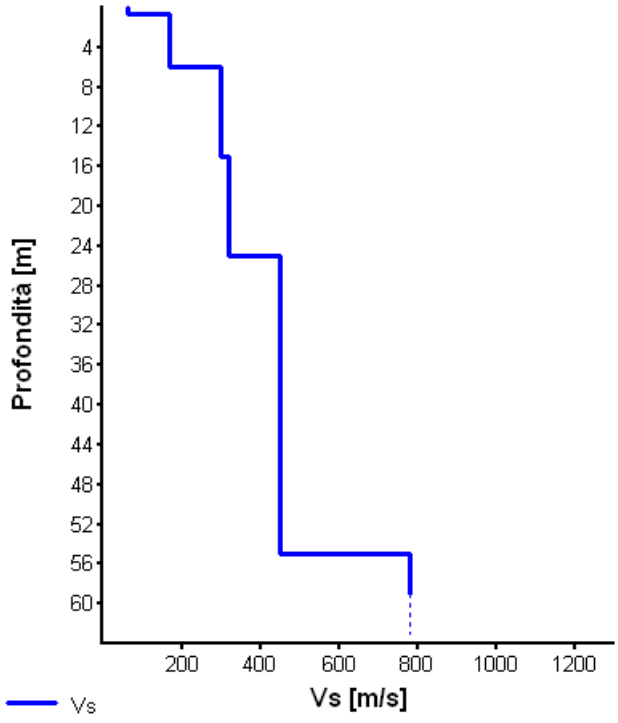


Grafico n.4: modello di velocità delle onde di taglio per il sito in oggetto.

Spessore (m)	Profondità (m)	Vs (m/s)	Peso per unità di volume (Kg/mc)
0,70	0,70	60	1700
5,30	6,00	190	1850
9,00	15,00	300	1900
10,00	25,00	320	1950
30,00	55,00	450	2100
Inf.	> 55,00	780	2100

Tabella 1. Modello di sottosuolo per il sito in oggetto.

E' stato quindi possibile stimare la Vs equivalente, tramite la formula:

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

dove

$V_{S,1}$ = *valore di velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato(m/s)*

N = numero strati

H = profondità del substrato(m) alla quale si desidera stimare V_s *(30 metri in caso di* V_{s30}*)*

h_i *= spessore dello strato i – esimo (m)*

La velocità equivalente delle onde di taglio è stata calcolata su uno spessore di 30 m di profondità, in quanto il substrato sismico (> 800 m/s) è ubicato ad una profondità maggiore di 30 m, ed è pari a:

Vs $_{[\,0,0\text{-}30,0\,]}$ = 259,57 m/s

con piano di posa a -1 m **Vs $_{[\,1,0\text{-}31,0\,]}$ = 287,51 m/s**

con piano di posa a -2 m **Vs $_{[\,2,0\text{-}32,0\,]}$ = 298,17 m/s**

Nella tabella seguente, s'illustra la qualità del segnale acquisito in base al progetto Sesame (linee guida 2005). I criteri Sesame permettono di valutare:

- affidabilità della curva HV (criteri da 1 a 3)
- chiarezza del o dei picchi della curva HV (criteri da 4 a 9)

Criterio 1 – Lunghezza finestre (T_{10})

Criterio 2 – Numero di cicli

Criterio 3 – Stabilità della curva

Criterio 4 – Picco ben distinto rispetto alle frequenze più basse

Criterio 5 – Picco ben distinto rispetto alle prequenze più alte

Criterio 6 – Ampiezza del picco

Criterio 7 – Affidabilità del picco

Criterio 8 – Stabilità del picco in frequenza

Criterio 9 – Stabilità del picco in ampiezza

Windows count: 33 f0: 2.03513 Criterion 1 f0 > 10 / lw lw = window length 33 valid windows out of 33 Fulfillment: OK Criterion 2 nc(f0) > 200 nc = number of f0 significant cycles 1343.18 > 200 Fulfillment: OK Criterion 3 sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0 if f0 > 0.5 Hz OR sigmaA(f) < 3 for 0.5f0 < f < 2f0 if f0 < 0.5 Hz sigmaA = standard deviation of AHV AHV = H/V curve amplitude Exceeded 0 times in 23 Fulfillment: OK Criterion 4 Exists f- in [f0/4, f0] | AHV(f-) < A0/2 AHV = H/V curve amplitude A0 = AHV at f0 0 Hz Fulfillment: Fail Criterion 5 Exists f+ in [f0, 4f0] | AHV(f+) < A0/2 AHV = H/V curve amplitude A0 = AHV at f0 4.05954 Hz Fulfillment: OK	Criterion 6 A0 > 2 A0 = AHV at f0 2.62 > 2 Fulfillment: OK Criterion 7 fpeak[AHV(f) +/- sigmaA(f)] = f0 +/- 5% AHV = H/V curve amplitude sigmaA = standard deviation of AHV fpeak = peak frequency 6.48% > 5% Fulfillment: Fail Criterion 8 sigmaf < epsilon(f0) sigmaf = standard deviation of H/V peak frequency epsilon(f0) = 0.25f0 Hz if f0 < 0.2 Hz epsilon(f0) = 0.20f0 Hz if 0.2 Hz < f0 < 0.5 Hz epsilon(f0) = 0.15f0 Hz if 0.5 Hz < f0 < 1.0 Hz epsilon(f0) = 0.10f0 Hz if 1.0 Hz < f0 < 2.0 Hz epsilon(f0) = 0.05f0 Hz if f0 > 2.0 Hz 0.43698 > 0.10176 Fulfillment: Fail Criterion 9 sigmaA(f0) < theta(f0) sigmaA(f0) = standard deviation of AHV at f0 AHV = H/V curve amplitude theta(f0) = 3.0 if f0 < 0.2 Hz theta(f0) = 2.5 if 0.2 Hz < f0 < 0.5 Hz theta(f0) = 2.0 if 0.5 Hz < f0 < 1.0 Hz theta(f0) = 1.78 if 1.0 Hz < f0 < 2.0 Hz theta(f0) = 1.58 Hz if f0 > 2.0 Hz 1.53605 < 1.58 Fulfillment: OK

Nel caso specifico, quindi, per l'area in oggetto è stato determinato, attraverso l'esecuzione dell'indagine geofisica mediante tecnica dei rapporti spettrali o HVSR, un valore di Vs di **259,57** m/sec, pertanto alla luce dei risultati della sismica effettuata e tenendo conto anche delle risultanze delle prove geotecniche eseguite in situ, il suolo di fondazione in oggetto può essere assimilato, facendo riferimento alla normativa vigente (DM 17/01/18) ad una "categoria di suolo di tipo "**C**", depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiore 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.

Nella valutazione della categoria di suolo e nell'approccio alla progettazione strutturale del manufatto in questione, non vanno comunque trascurate le informazioni acquisite con l'indagine sismica circa la frequenza di risonanza del sito.

Nel grafico n.2, escludendo le frequenze > 10 - 12 Hz e < 1 Hz non significative dal punto di vista strutturale, si osservano **frequenze caratteristiche di risonanza del terreno**, prossime **2,0 Hz**, a cui corrisponde un picco H/V pari a 3,1, prossime a **1,4 Hz** a cui corrisponde un picco H/V pari a 2,4, inoltre si osservano frequenze e basso contrasto d'impedenza prossime a **5 Hz** e **6,6 Hz** a cui corrispondono picchi

H/V pari a 1,5 e 1,6 a significare che il terreno in questione amplifica le onde di superficie rispetto all'imput su bedrock di riferimento.

Sarà cura del progettista, al fine di evitare pericolosi fenomeni di doppia risonanza in caso di sisma, progettare una struttura con frequenze fondamentali di oscillazione lontane (per un fattore di almeno 1.4) da quelle tipiche del terreno nel sito specifico di edificazione.

E' da tenere presente che le frequenze dei modi di vibrare delle strutture dipendono principalmente dalla loro altezza. Per edifici standard in c.a. relazioni tipiche sono date in grafico n.5 relativamente al primo modo di vibrare.

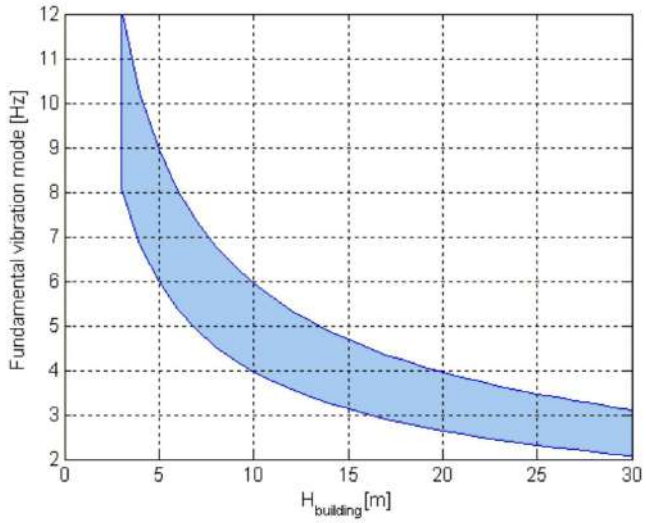


Grafico n.5: Relazione tipica tra la frequenza di primo modo flessionale di vibrare ed altezza di una struttura (da S. Castellaro 2008)

Nel grafico precedente si osserva che le frequenze superiori ai 10-12 Hz non interagiscono con i fabbricati civili e, pertanto, possono essere considerate dal punto di vista ingegneristico non significative, mentre, frequenze fondamentali di risonanza del terreno inferiori a 10-12 Hz, interagiscono con quelle dei fabbricati in modo inversamente proporzionale all'altezza, negli edifici multi-piano le frequenze fondamentali risultano progressivamente più basse.

Porto San Giorgio, 22 Gennaio 2018

Dr. Geol. Graziano Ciferri
ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE MARCHE
geologo specialista
numero 356 albo sezione A (1993)

APPENDICE

TECNICHE DI INVERSIONE PER MISURE A STAZIONE SINGOLA

Oggetto della misura: il microtremore sismico ambientale

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terreste, è generato, oltre che dall'attività dinamica terrestre, dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo vicino. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva. Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso e pianeggiante presenta l'andamento illustrato in Figura 27. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie o anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

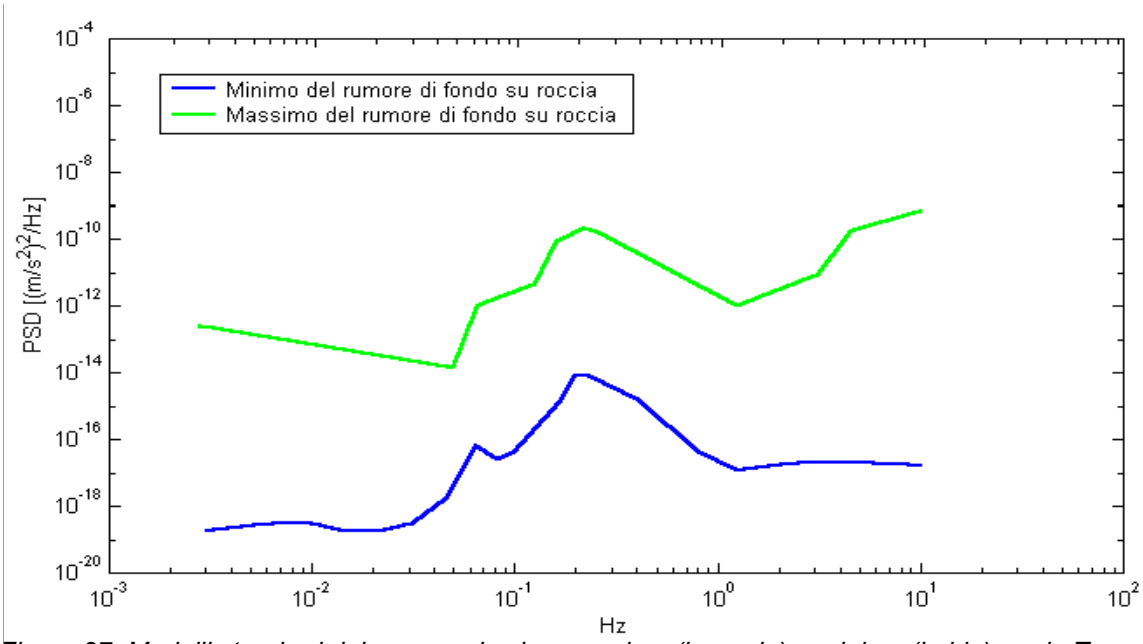


Figura 27. Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra secondo il servizio geologico statunitense (USGS). Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.

La tecnica impiegata. Cenni storici.

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è la tecnica dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), applicata da Nogoshi e Igarashi (1970).

Il metodo fu in seguito reso popolare principalmente da Nakamura (1989) come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale. Mentre su questo punto non è ancora stato raggiunto consenso, è invece ampiamente riconosciuto che la curva H/V è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli e, tramite opportuna inversione, delle profondità dei substrati rocciosi sotto le coperture sedimentarie.

Studi recenti hanno dimostrato che ulteriori picchi a frequenza maggiori di quelle del bedrock sono riconducibili a contrasti di impedenza interni alla copertura sedimentaria e picchi a frequenze minori di quella del bedrock sono invece riconducibili a contrasti di impedenza interni al bedrock stesso. Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo H/V può essere usato come strumento stratigrafico.

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un sistema bistrato del tipo sedimenti + bedrock in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D). In questi casi la profondità h della discontinuità sismica viene ricavata tramite la formula semplice della risonanza h = V / (4 fr) o, al più, tramite la formula [1] in cui V_0 è la velocità al tetto dello strato, x un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e fr la frequenza fondamentale di risonanza (cf. ad esempio Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

$$h = \left[\frac{V_0 (1 - x)}{4 f_r} + 1 \right]^{\frac{1}{x-1}} - 1 \qquad [1]$$

Nei sistemi multistrato, teoricamente l'effetto di risonanza è sommabile, ma non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1]. L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente ad un modello. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini. I modelli sintetici di inversione impiegati in questo lavoro partono dalla modellizzazione del campo d'onde superficiali (onde di Rayleigh e Love) in sistemi multistrato (Aki, 1964; Ben-Menahem e Singh, 1981). L'inversione delle curve H/V per ottenere un profilo di Vs è possibile a patto di disporre di un punto di taratura (es. penetrometria o sondaggio) che fornisca la profondità di un riflettore - anche molto superficiale - riconoscibile nella curva H/V oppure a patto di conoscere la Vs del primo strato a partire da tecniche indipendenti (Castellaro e Mulargia, 2008).

COMUNE DI MONTEGIORGIO
PROVINCIA di FERMO

Dott. Geol. Alessio Acciarri
Via: Montecamauro, 43
63828 Campofilone - FM
Tel: 3384774968
Email: alessio.acciarri@gmail.com
P.IVA: 02245140443

Indagine geofisica con metodologia MASW per un progetto di ampliamento e ristrutturazione volumetrica di fabbricato artigianale sito in C.da Castagneto snc

Data: Dicembre 2018

Committente: TECNOMETAL ORNAMENTS s.u.r.l.

Geologo: Dott. Graziano Ciferri

Il Tecnico:

Indagine geofisica tramite tecnica MASW

Indice

Indice.....2

Dati generali.....4

Tracce.....6

Analisi spettrale.....7

Curva di dispersione.....8

Inversione.....9

Risultati.....11

Indagine MASW

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

Moto del segnale sismico

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

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

Onde di Rayleigh – "R"

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (onde P, onde S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidezza.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

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

$$v = \lambda \times v$$

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

Modi di vibrazione
Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

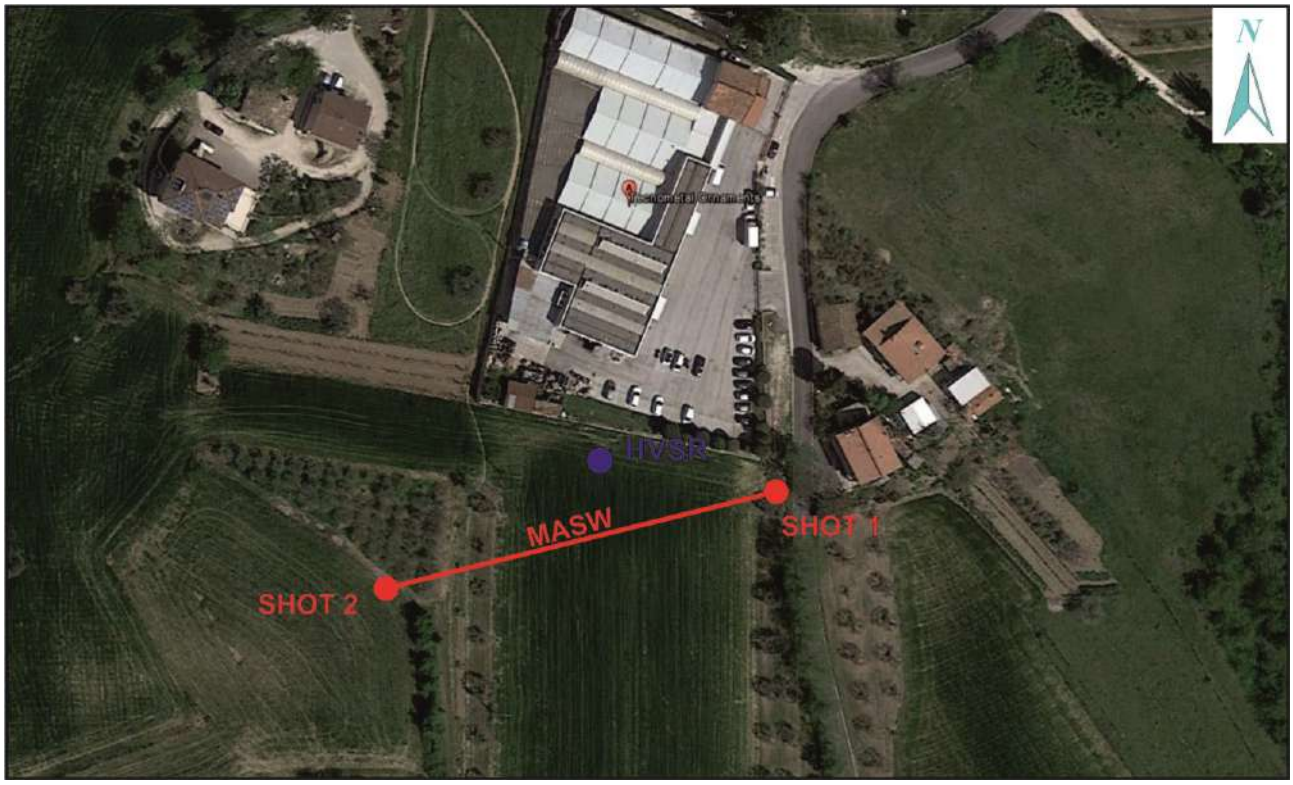
Profondità di indagine
Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Metodologia di indagine MASW
L'indagine MASW è stata eseguita per mezzo della seguente strumentazione:
- Sismografo PASI GEA24;
- 24 geofoni verticali – frequenza naturale 4.5 Hz
- Mazza 5 kg
- Software di elaborazione EasyMASW-Geostru 2018

Sono stati impostati punti di battuta ad entrambe gli estremi dello stendimento con offset di 3.0, 5.0 e 10.0 metri. Per ogni punto di battuta si sono effettuate più energizzazioni, sommandole poi assieme (stacking, minimo 3) al fine di aumentare il rapporto segnale/rumore.
Unitamente all'acquisizione di tipo MASW si è provveduto ad effettuare (a cura del Geol. Graziano Ciferri) una registrazione di microtremori tramite apposita terna triassiale SARA Geobox – frequenza propria 4.5 Gz (tempo di registrazione 20 minuti – frequenza di campionamento 300 Hz).
I dati acquisiti sono stati analizzati ed elaborati mediante il software EasyMASW distribuito dalla Geostru.
Basandoci sui dati pregressi e di nuova acquisizione riguardanti il sito studiato (di natura geologica, stratigrafica e sismica) si è provveduto ad effettuare una modellazione diretta dei dati al fine di ottenere un modello sismostratigrafico del sottosuolo il più plausibile possibile, compatibilmente con i dati di nuova acquisizione.
La curva H/V sintetica del modello sismostratigrafico ottenuto, per una validazione dello stesso, è stata confrontata con la curva H/V registrata mediante l'indagine di microtremori HVSR.

Dati generali

Committente	TECNOMETAL ORNAMENTS s.u.r.l.
Cantiere	C.da castagneto snc
Località	Comune di Montegiorgio (FM)
Operatore	Geol. Alessio Acciarri
Responsabile	Geol. Alessio Acciarri
Data	22/12/2018 10:18
Latitudine	43.1214
Longitudine	13.5374

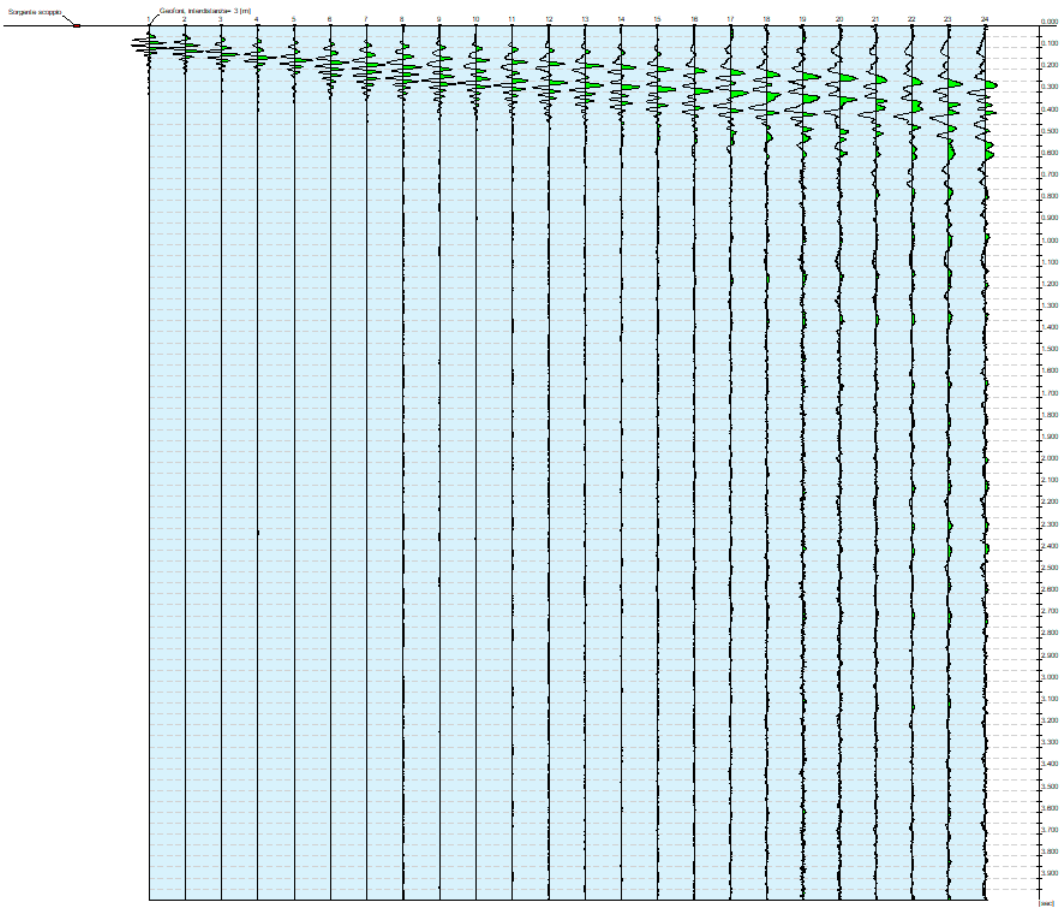


Ubicazione delle indagini geofisiche eseguite

Esecuzione indagine geofisica con metodologia MASW

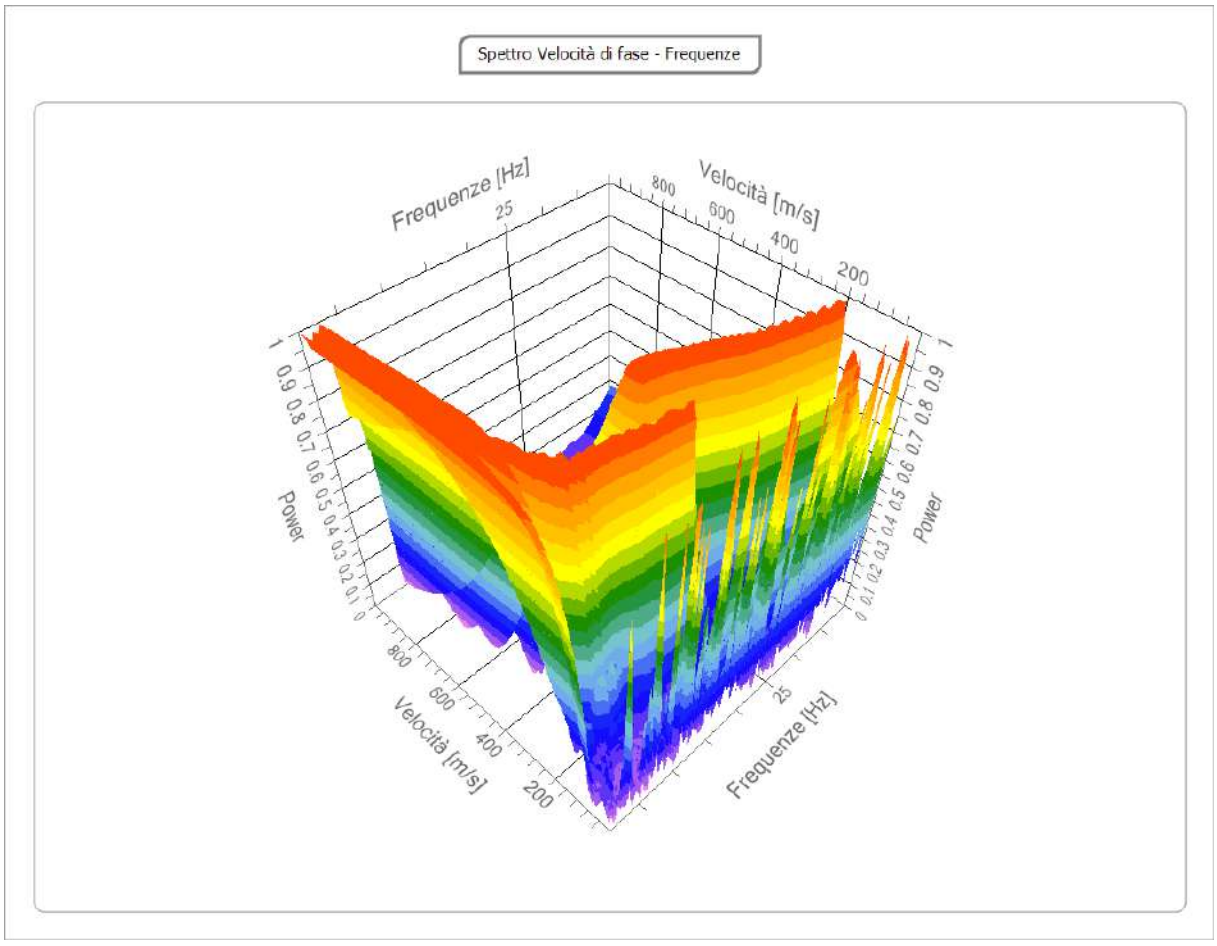
Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	4000.0
Interdistanza geofoni [m]	3.0
Lunghezza Stendimento [m]	69.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



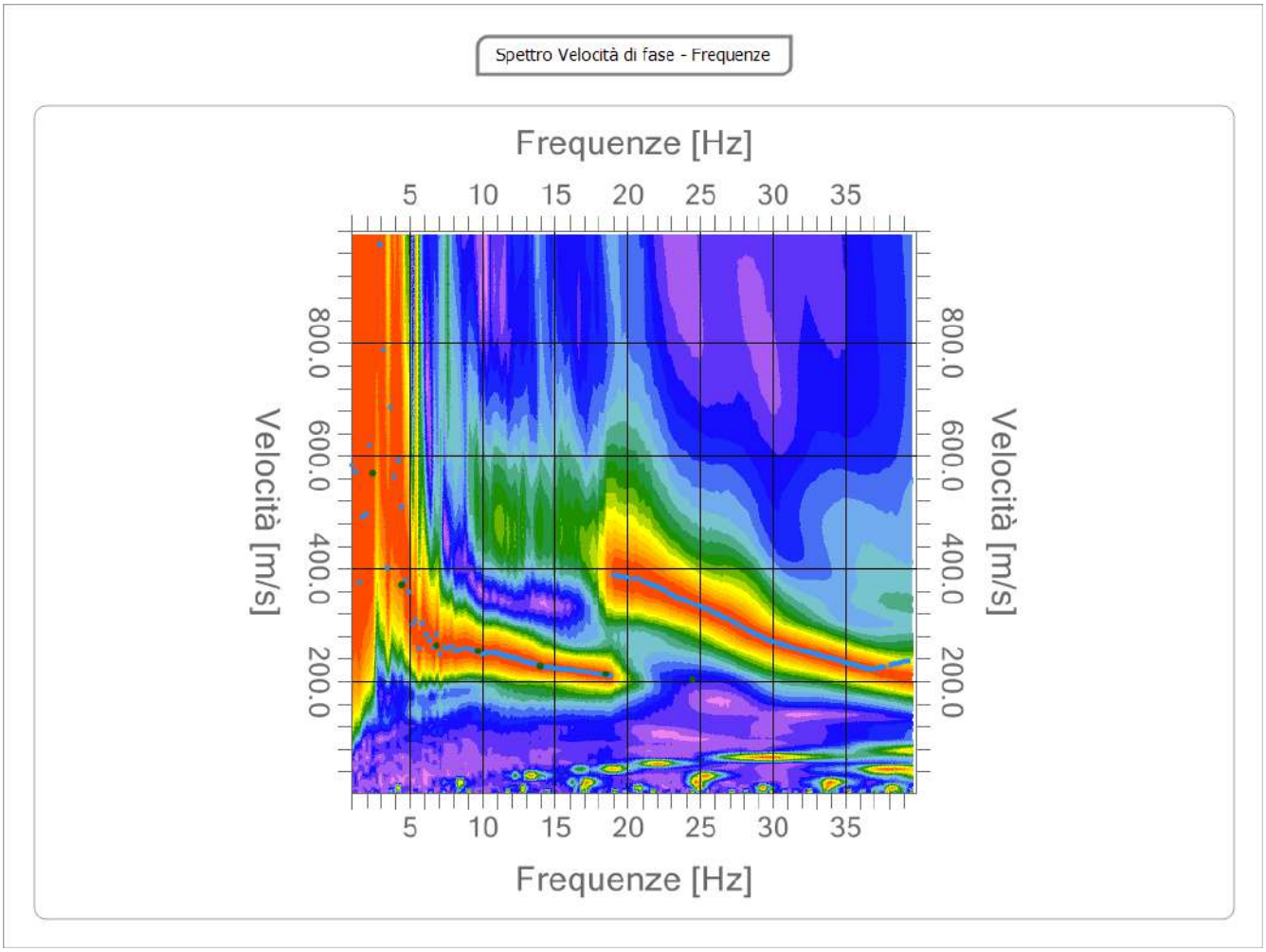
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	40
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1000
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

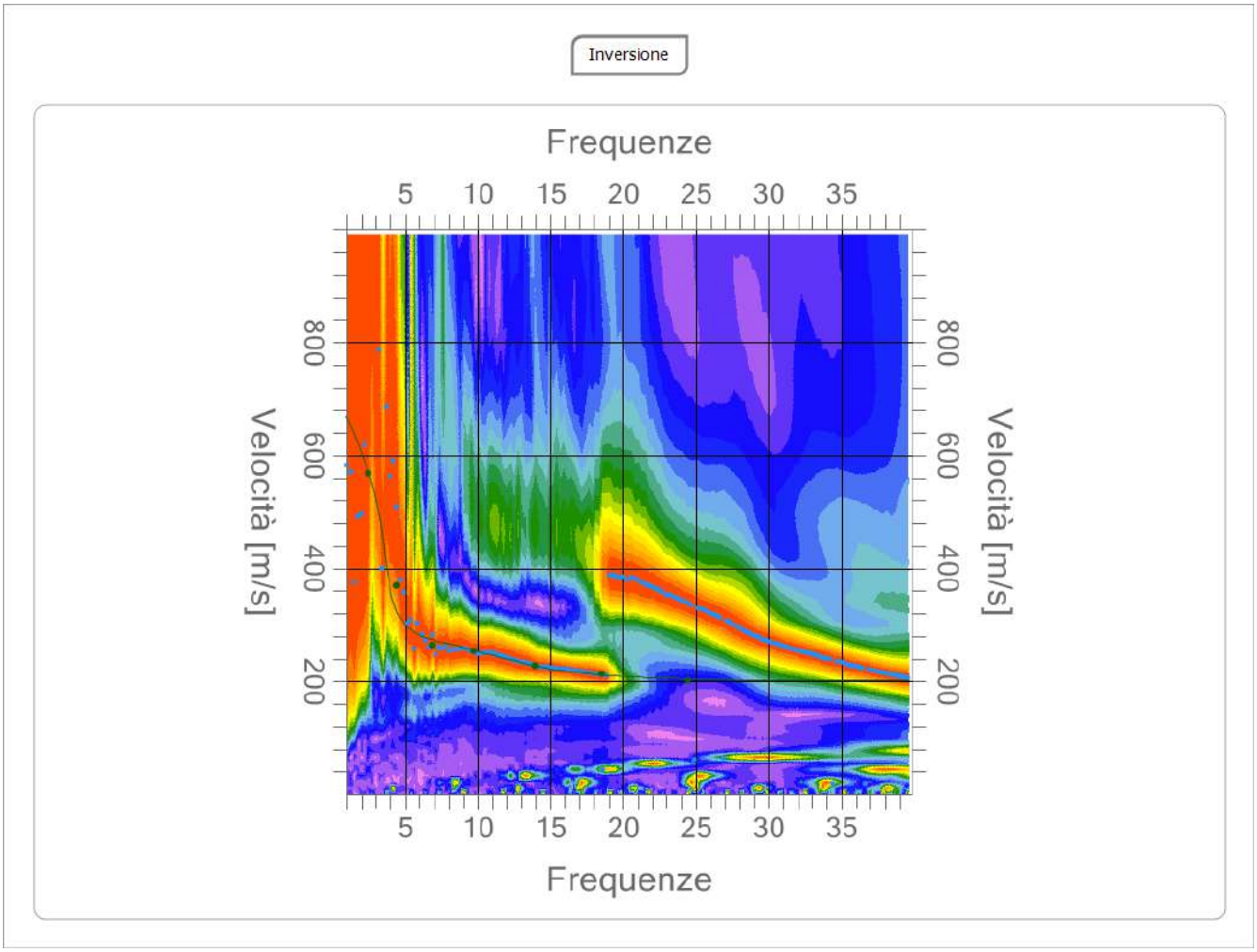
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	2.4	568.9	0
2	4.4	370.6	0
3	6.8	264.5	0
4	9.7	253.5	0
5	13.9	227.9	0
6	18.5	213.2	0
7	24.5	202.3	0

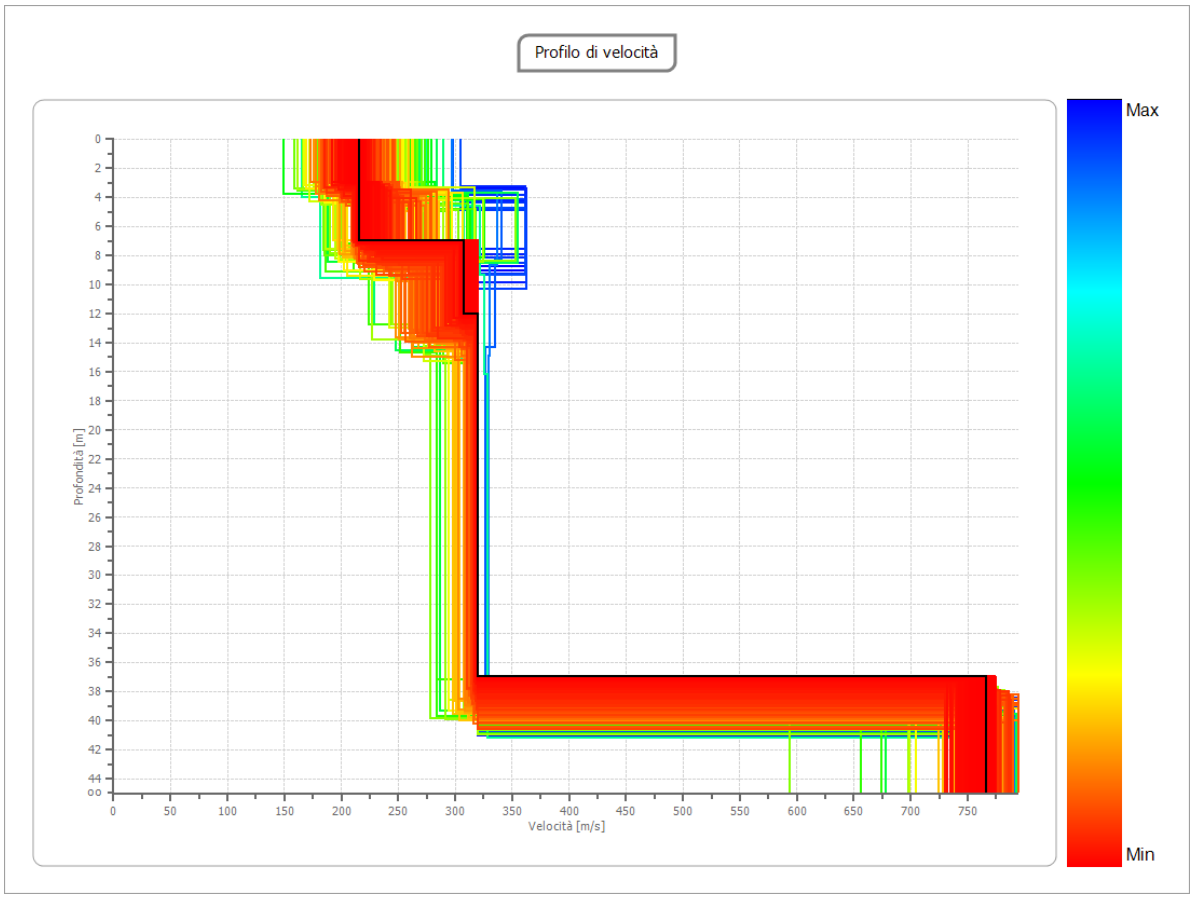


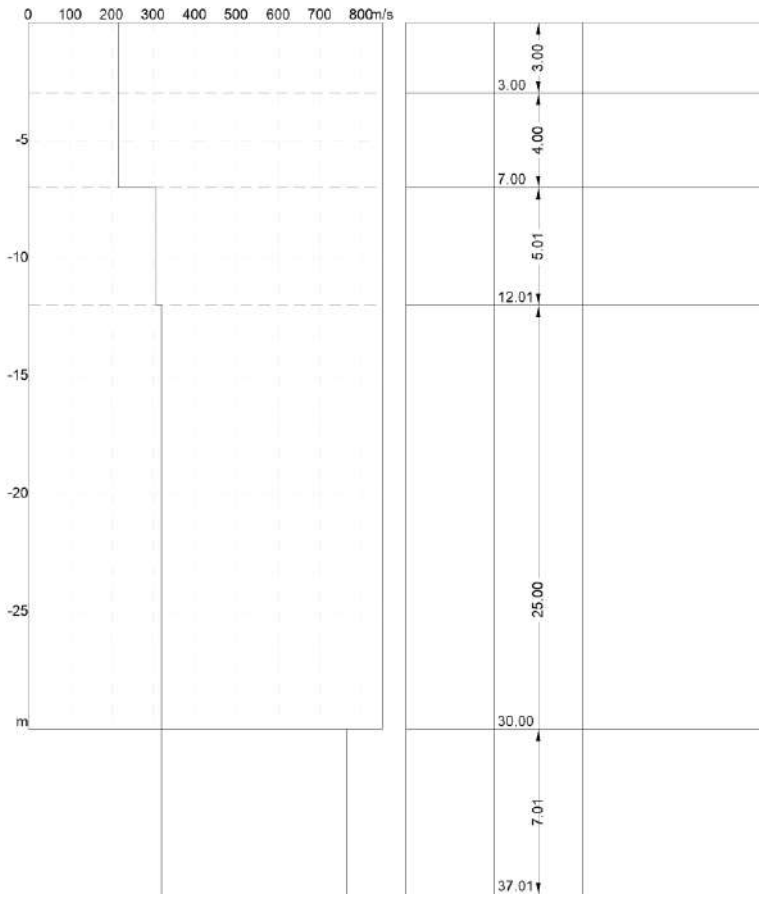
Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	3.00	3.00	1800.0	0.3	No	403.4	215.6
2	7.00	4.00	1900.0	0.3	No	403.6	215.7
3	12.01	5.01	1950.0	0.3	No	576.1	307.9
4	37.01	25.00	1950.0	0.3	No	598.6	320.0
5	oo	oo	2200.0	0.3	No	1432.8	765.9

Percentuale di errore 0.313 %
Fattore di disadattamento della soluzione 0.050




Profilo di velocità
Max
Min
Profondità [m]
Velocità [m/s]
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750

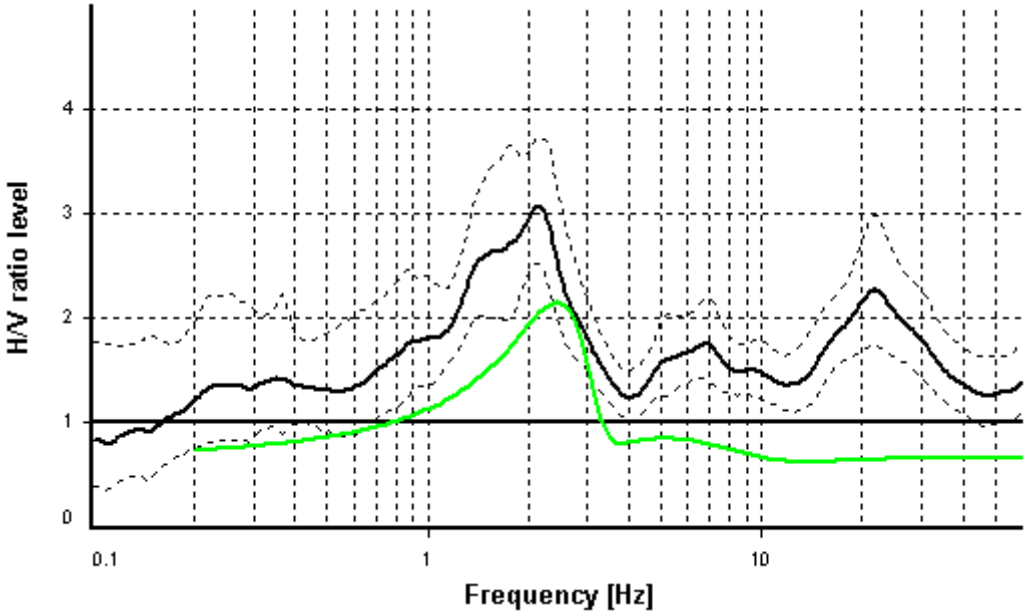

0
100
200
300
400
500
600
700
800m/s
-5
-10
-15
-20
-25
m
3.00
7.00
12.01
30.00
37.01
3.00
4.00
5.01
25.00
7.01

Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00	1.00	2.00
Vs,30 [m/sec]	**285.55**	**290.03**	**294.34**
Categoria del suolo	**C**	**C**	**C**

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

Synthetic HVSR modelling



EXPERIMENTAL HVSR
SYNTHETIC HVSR (da modello sismostratigrafico ottenuto dell'analisi MASW)