

Studio di geologia ambientale



Dott. Geol.

Roberto Pucciarelli

Piazza Togliatti - 62029 Tolentino (MC)

Tel. 392/3899196

C.F. PCC RRT 68P18 L191Q

P.I. 01280050434

Comune:

TOLENTINO (MC)

Committente:

Amm.ne Comunale

INDAGINE GEOLOGICA

LAVORI DI AMPLIAMENTO DELLA SCUOLA GRANDI

Sisma Marche - Abruzzo - Umbria - Lazio 2016

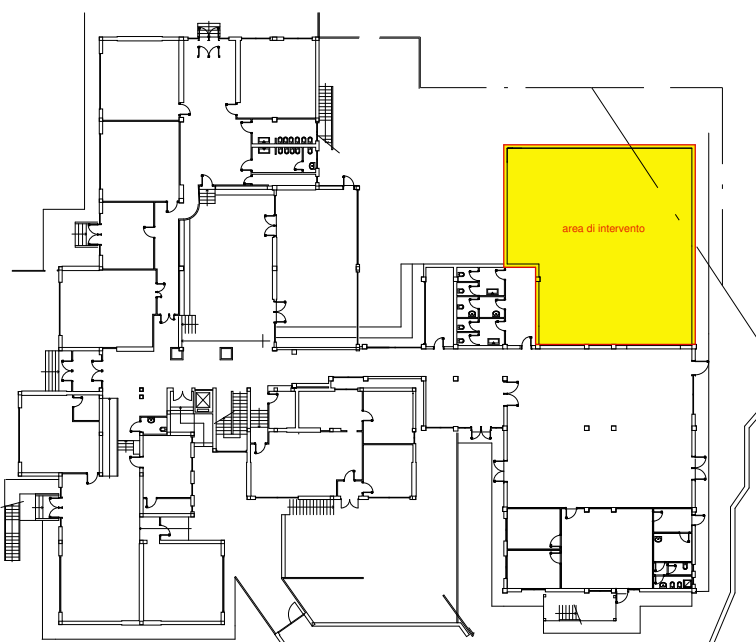
Dott. Geol. Roberto Pucciarelli

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D. Lgs. n. 82/2005, mod. ed int. dal D. Lgs. n.235/2010 e dal DPR n. 445/2000 e norme collegate, il quale sostituisce il documento cartaceo e la firma autografa

RELAZIONE

data:

Febbraio 2018



INDICE

| | |
|--|----|
| 1.0 PREMESSA | 2 |
| 2.0 DATI ESISTENTI | 4 |
| 3.0 ANALISI VINCOLISTICA..... | 5 |
| 4.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TOPOGRAFICO | 8 |
| 5.0 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA..... | 9 |
| 5.1 Inquadramento geologico regionale..... | 9 |
| 5.2 Caratterizzazione geomorfologica..... | 14 |
| 5.3 Caratterizzazione idrogeologica..... | 16 |
| 5.4 Caratterizzazione litostratigrafica e parametri geotecnici | 17 |
| 6.0 CARATTERIZZAZIONE SISMICA..... | 20 |
| 6.1 Introduzione | 20 |
| 6.2 Microzonazione sismica comunale di 1° livello..... | 21 |
| 6.3 Indagini eseguite e risultati..... | 21 |
| 6.4 Categoria topografica | 23 |
| 7.0 TERRE E ROCCE DA SCAVO | 23 |
| 8.0 INVARIANZA IDRAULICA | 24 |
| 9.0 ATTENDIBILITA' DEL MODELLO GEOLOGICO E SISMICO | 24 |
| 10.0 CONCLUSIONI..... | 25 |

Figure nel testo:

- *Corografia, scala 1:25.000 (Fig. n° 1);*
- *Inquadramento topografico, scala 1:10.000 (Fig. n° 2);*
- *Planimetria catastale, scala 1:2.000 (Fig. n° 3);*
- *Carta geologica regionale – Sezione 302160, scala 1:10.000 (Fig. n° 4);*
- *Carta geologica e geomorfologica con elementi di idrogeologia, scala 1:5.000 (Fig. n° 5);*
- *Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico della Regione Marche, scala 1:10.000 (Fig. n° 6);*
- *Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico della Regione Marche – aggiornamento 2016, scala 1:10.000 (Fig. n° 7);*
- *Inventario fenomeni franosi in Italia – progetto IFFI, scala 1:10.000 (Fig. n° 8);*
- *Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, scala 1:5.000 (Fig. n° 9);*
- *Piante stato realizzato, scala 1:400 (Fig. n° 10);*
- *Piante stato di progetto, scala 1:400 (Fig. n° 11);*
- *Sezione litostratigrafica schematica A – A (ubicazione indagini geognostiche), scala 1:200/1:500 (Fig. n° 12).*

Allegati nel testo:

- *Allegato A (Stratigrafia sondaggio geognostico);*
- *Allegato B (Stratigrafie sondaggi geognostici reperiti);*
- *Allegato C (Certificati prove geotecniche di laboratorio);*
- *Allegato D (Report indagini geofisiche – MASW e HVSR);*
- *Allegato E (Database macrosismico anno 2015 INGV);*
- *Allegato F (Calcolo parametri sismici Geostru);*
- *Allegato G (Documentazione fotografica).*

1.0 PREMESSA

Su incarico dell'*Amm.ne Comunale di Tolentino* è stata realizzata un'indagine geologica per l'ampliamento della Scuola Grandi. La tipologia e le dimensioni dell'opera in progetto sono desumibili dall'osservazione comparata delle piante stato relative allo stato attuale e di progetto riportate in Figg. n° 10 e 11.

Nel presente lavoro, effettuato ai sensi del paragrafo 6.2.1 del D. 14 gennaio 2008, vengono analizzate in dettaglio le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, stratigrafiche e sismiche del sito d'interesse progettuale.

Vengono inoltre forniti, ad uso del progettista geotecnico, i dati geomeccanici acquisiti e reperiti, necessari per la modellazione geologica.

E' stato effettuato un rilievo geologico e geomorfologico di dettaglio dell'area d'intervento e di un suo intorno significativo. Per la ricostruzione stratigrafica è stato effettuato un sondaggio geognostico a carotaggio continuo; sono altresì state reperite ed allegate al presente lavoro le stratigrafie relative a n° 3 sondaggi geognostici eseguiti dal *Dott. Geol. Fabrizio Tombolini*, in occasione di una precedente indagine. L'analisi sismica del sito è stata espletata mediante un'indagine geofisica condotta con metodologia MASW e HVSR. L'ubicazione e i risultati delle indagini, geognostiche e sismiche sono riportate in allegato.

La principale normativa di riferimento utilizzata per la stesura della presente relazione è la seguente:

- **Ordinanza del Commissario Straordinario per la ricostruzione dei territori interessati dal sisma n.19 del 07/04/2017**, Misure per il ripristino con miglioramento sismico e la ricostruzione di immobili ad uso abitativo gravemente danneggiati o distrutti dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016;

- **Decreto Legge 17 ottobre 2016, n. 189** Interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dal sisma del 24 agosto 2016;
- **Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 C.S.LL.PP.** - Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- **Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008** - Norme tecniche per le costruzioni;
- **Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003** - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- **Norme Tecniche P.R.G. del Comune di Tolentino;**
- **Norme Attuative del Piano Assetto Idrogeologico Regione Marche D.C.R. 116 del 21.04.2004;**
- **Legge Regionale n.22 novembre del 2011** - Capo II, Assetto Idrogeologico;
- **D.P.R. n.120 del 13 giugno 2017**, Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo;
- **R.D.L. 30 dicembre 1923, n. 3267** - Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani (Vincolo Idrogeologico).

Si precisa che l'area d'intervento ricade in aree soggette a vincolo idrogeologico di cui al Regio Decreto Legge n 3267 del 1923 e interferisce con un'area cartografata come frana a pericolosità P2, dal vigente Piano Stralcio per L'Assetto Idrogeologico della Regione Marche; tali problematiche verranno trattate nel Capitolo 3, dedicato all'analisi dei vincoli.

2.0 DATI ESISTENTI

Per la redazione del presente lavoro si è fatto riferimento ai dati ed informazioni contenuti nei seguenti studi e cartografie:

- Carta Topografica Foglio IGMI in scala 1:25.000, 124 I;
- Carta Tecnica della Regione Marche in scala 1:10.000 sezione 302160;
- Carta Geologica della Regione Marche in scala 1:10.000 sezione 302160;
- Carta Geologia e Geomorfologica con elementi di Idrogeologia del PRG del Comune di Tolentino in scala 1:2.000 (Geol. R. Pucciarelli e Mentoni);
- Cartografia Progetto Inventario dei Fenomeni Fransi in Italia – (IFFI, sito www.isprambiente.it);
- Piano Assetto Idrogeologico della Regione Marche, versione vigente e versione in aggiornamento (2016), Tav. RI 52;
- L'Ambiente Fisico delle Marche - Geologia-Geomorfologia-Idrologia (Regione Marche, Assessorato Urbanistica-Ambiente,1991);
- Carta inventario dei movimenti franosi della Regione Marche ed aree limitrofe - Scala 1:100.000 - Coordinatori: M. Cardinali e F. Guzzetti, CNR-IRPI, Perugia, 1993;
- Il rischio idrogeologico nella Provincia di Macerata e Carta del Rischio Idrogeologico Potenziale nella Provincia di Macerata (Marche) - scala 1:100.000(a cura di Torquato Nanni), Provincia di Macerata - Assessorato all'Ambiente (2000);
- Carta Geologica d'Italia - Catalogo delle Formazioni - Quaderni Serie III – Volume 7 – Fascicolo VI (2007);
- Indagini di Microzonazione Sismica di I livello del Comune di Tolentino (Geol. R. Pucciarelli e F. Tombolini, 2013).

I contenuti delle cartografie e studi sopra elencati verranno analizzati nei successivi paragrafi.

3.0 ANALISI VINCOLISTICA

Di seguito vengono elencati i rapporti fra l'area d'intervento e i provvedimenti che hanno un contenuto vincolistico in relazione agli aspetti di natura geologica.

Piano Regolatore Generale e Piano Paesistico Ambientale Regionale

Il P.R.G. di Tolentino è adeguato al P.P.A.R., il sito d'intervento ricade in una zona già completamente edificata. I contenuti del P.P.A.R. sono già stati assorbiti dal P.R.G. che nelle N.T.A. non contiene indicazioni specifiche di carattere geologico per l'area in esame.

Piano territoriale di Coordinamento

Il P.R.G. di Tolentino non è adeguato al P.T.C. Gli ambiti di tutela rispetto del sistema geologico-geomorfologico sono contenuti in forma passiva nella tavola EN3b. Dalle trasposizioni e verifiche effettuate risulta che il sito d'intervento è interessato dal tematismo "Piane alluvionali", normate dall'art. 27 delle N.T.A. del P.T.C.; non essendo la zona interessata da fenomeni di esondazione tale articolo non ha contenuti che interferiscono con gli interventi in progetto. Per completezza si riporta lo stralcio della norma con le prescrizioni riguardanti la "piana alluvionale del PTC", come cartografata nella zona in esame:

"27.4.- Ai fini della tutela delle acque sotterranee dall'inquinamento, è prescritta la chiusura e la messa in sicurezza dei pozzi per l'approvvigionamento idrico non più utilizzati salvo che siano attrezzati in modo da escludere comunque il suddetto inquinamento."

Nell'area attualmente non risultano presenti pozzi. Di seguito si riporta uno stralcio della tavola EN3b del PTC, riguardante gli elementi di prescrizione del sistema geologico-geomorfologico, in verde il tematismo "piana alluvionale (art. 27.4 NTA del PTC)".

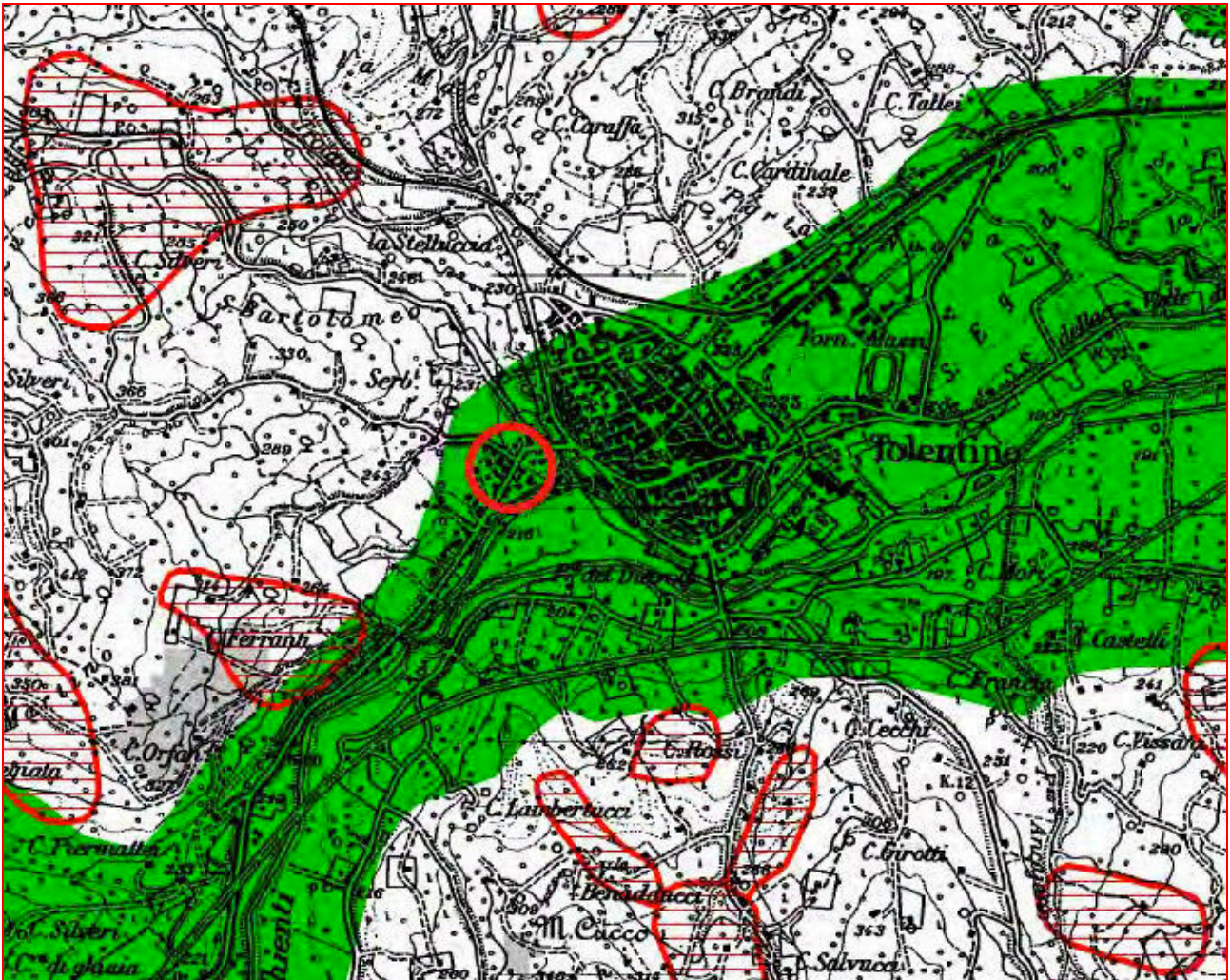


Figura 1 - Tavola EN 3 PTC

Piano Assetto Idrogeologico

Rispetto alle cartografie del Piano Assetto Idrogeologico della Regione Marche vigente (Fig. n° 6, Tav. RI 51 b) e del suo aggiornamento (Fig. n° 7, anno 2016), il sito d'intervento risulta ricadere all'interno di un'area di versante in dissesto con codice F-19-1237, grado di pericolosità P2 e grado di rischio R2 nelle cartografie del P.A.I. vigente al 07/07/2016 e grado di rischio R3 nelle cartografie dell'aggiornamento 2016 (Decreto 49 SABN 27/07/2016). Vicino all'area d'intervento si individuano altre due aree di versante in dissesto, cartografate sia dal PAI vigente che dall'aggiornamento 2016:

- la frana con codice F-19-1860 a pericolosità P3 e rischio R2 localizzata pochi metri a monte della scuola;
- la frana con codice F-19-1859 a pericolosità P3 e rischio R3 localizzata circa 250 m ad ovest della scuola.

Dal punto di vista normativo è necessario tenere conto di quanto previsto per le frane che interferiscono con l'area d'intervento, pertanto nello specifico con quella a Pericolosità P2:

Articolo 12 Disciplina delle aree di versante in dissesto

“1. Le aree in dissesto di cui al precedente Articolo 11, fatto salvo quanto previsto al successivo Articolo 23, sono sottoposte alle prescrizioni di cui ai commi successivi; è fatta salva ogni altra norma regolamentare connessa all'uso del suolo, qualora non in contrasto con le presenti disposizioni.

2. Nelle aree a pericolosità AVD_P1 e AVD_P2 sono consentite trasformazioni dello stato dei luoghi previa esecuzione di indagini nel rispetto del D.M. LL.PP. 11 marzo 1988 e nel rispetto delle vigenti normative tecniche. ...”

Articolo 13 Coordinamento con la pianificazione urbanistica

“1. In sede di formazione degli strumenti urbanistici generali o di loro varianti non sono di norma consentite nuove previsioni insediative nelle aree a pericolosità moderata (AVD_P1) e media (AVD_P2); l'eventuale inserimento è condizionato all'esito positivo di una verifica di compatibilità idrogeologica, da effettuarsi prima dell'adozione dello strumento urbanistico.

2. La verifica di compatibilità idrogeologica consiste nella valutazione della congruenza della specifica previsione urbanistica, in rapporto al livello di pericolosità riscontrato; tale verifica dovrà risultare a seguito di studio geologico di dettaglio, conforme alla normativa vigente ed esteso ad un intorno significativo del versante, redatto secondo il D.M.LL.PP. 11 marzo 1988 e coerente con le finalità ed i contenuti delle “Indagini geognostiche preliminari” di cui alla Circolare della Regione Marche n. 14 del 28 Agosto 1990, nonché delle “Indagini sulla pericolosità sismica locale” di cui all'Art.7 della Circolare della Regione Marche n. 15 del 28 Agosto 1990 (BUR n. 120 del 24 novembre 1990) come modificate ed integrate dalla Deliberazione della G.R. n. 1287 del 19 Maggio 1997 (supplemento n. 20 al BUR n. 32 del 29 maggio 1997) e dei relativi atti di recepimento.”

In relazione a quanto sopra, se l'intervento andrà approvato in variante al P.R.G., il presente lavoro costituisce anche elaborato di verifica di compatibilità idrogeologica ai sensi dell'art.13 delle norme attuative del P.A.I.

Vincolo Idrogeologico

Il sito in esame è all'interno di un'area soggetta a vincolo idrogeologico ai sensi del Regio Decreto Legge del 30 dicembre del 1923 n.3267, in particolare ricade nella Zona II del Comune di Tolentino della cartografia del vincolo in scala 1:25.000. Non vi è interferenza con elementi tutelati dalla Legge Forestale della Regione Marche del 23 febbraio 2005 n. 6. L'interferenza con le perimetrazioni del R.D.L. 3267 del 1923, impone

l'acquisizione del parere ai sensi del relativo articolo 7. La competenza è della Regione Marche, esercita dal Servizio Tutela, Gestione Assetto del Territorio - p.f. Tutela del territorio di Macerata (Macerata, via Alfieri n. 2). La presente relazione costituisce l'elaborato tecnico per l'acquisizione del parere.

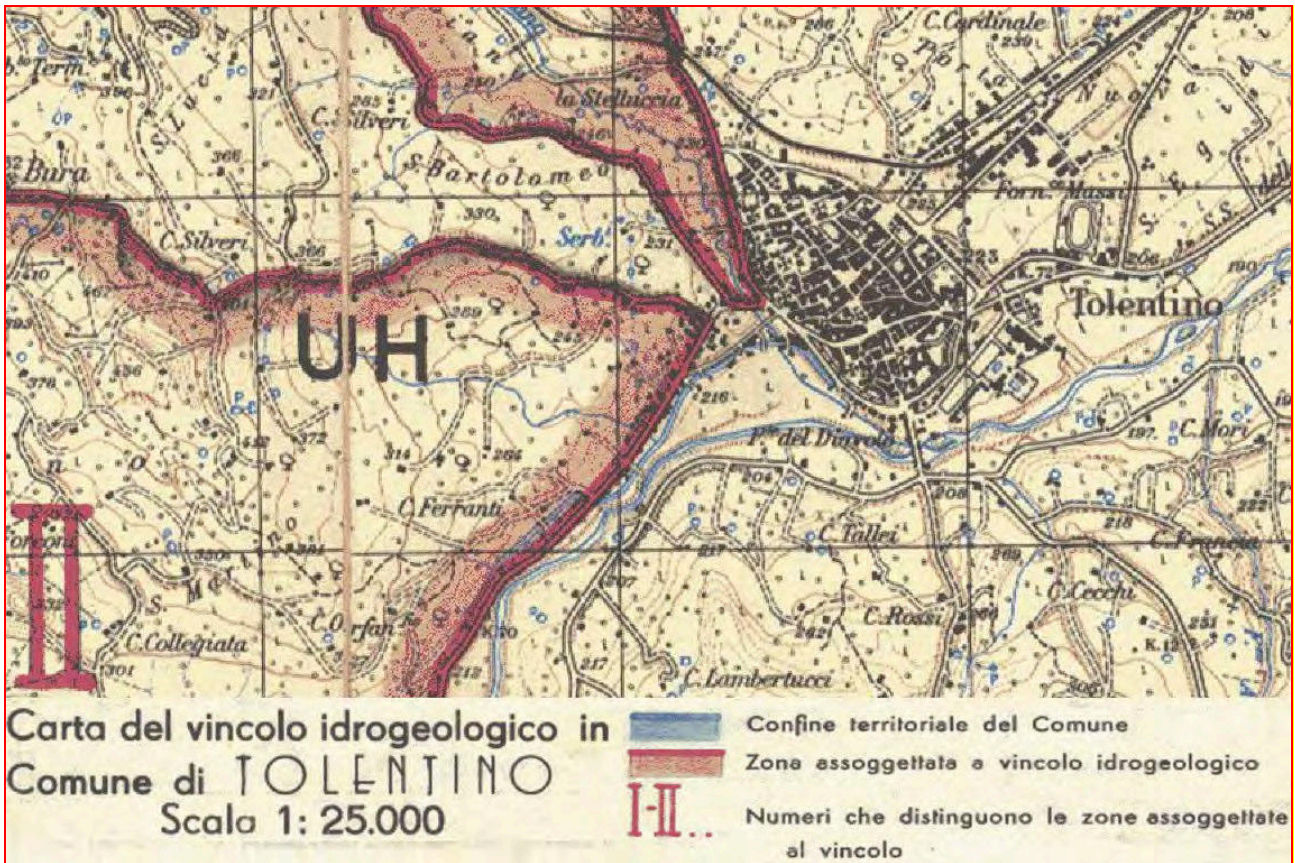


Figura 2 - Mappa Vincolo Idrogeologico

4.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TOPOGRAFICO

La zona in esame è ubicata nella Carta Topografica Regionale Foglio 124 Macerata, quadrante 124 I in scala 1:25.000 (Fig. n° 1) e nella Carta Tecnica Regionale, Foglio 302 Tolentino - Sezione 302160 Tolentino, alla scala 1:10.000 (Fig. n° 2).

Dal punto di vista topografico l'area insiste ad una quota di circa 230.0 metri s.l.m., è situata nella zona ovest dell'abitato di Tolentino, alla base del rilievo collinare denominato *Colle della Bura* (490.0 m s.l.m.). L'area d'intervento, ricade in una zona antropizzata, la cui originaria morfologia è stata modificata da riporti

e sbancamenti; l'area di pertinenza dell'attuale edificio è sub-pianeggiante, la pendenza generale della zona è intorno al 10% in direzione sud-est.

Le coordinate geografiche del sito di stretto interesse progettuale (baricentro), espresse nel sistema di riferimento WGS84, sono: Latitudine: 43.208053, Longitudine: 13.274952.

5.0 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA

5.1 Inquadramento geologico regionale

Dal punto di vista geologico regionale, l'area ricade nel bacino marchigiano esterno, caratterizzato da un substrato di sedimentazione marina, costituito da litotipi argilloso – marnosi ascrivibili alla *litofacies pelitico – arenacea* della **Formazione a Colombacci** del Miocene (*Messiniano p.p.*). Il substrato è spesso ricoperto da depositi continentali quaternari costituiti da “*Coltri eluvio colluviali?*” e da “*Depositi alluvionali terrazzati?*”.

Di seguito si riporta, con riferimento alle informazioni derivate dal sito isprambiente.gov.it e come confermate dal rilevamento geologico, la descrizione delle unità geologiche della zona:

UNITÀ DELLA COPERTURA

SINTEMA DEL FIUME MUSONE (*Olocene*)

Coltri eluvio colluviali MUSb2

Depositi limoso-argillosi, di origine colluviale, con frazione sabbiosa e con elementi marnosi o calcareo-marnosi in relazione alla natura del bacino di alimentazione.

Depositi alluvionali dei corsi d'acqua attuali MUSb

Prevalentemente ghiaiosi dell'alveo dei principali corsi d'acqua.

Depositi alluvionali terrazzati MUS bn (IV ordine)

Prevalentemente ghiaiosi: sedimenti ciottoloso-sabbiosi a stratificazione piano parallela, a luoghi incrociata.

SINTEMA DI MATELICA (*Pleistocene superiore*)

Depositi alluvionali terrazzati MTIbn (III ordine)

- a) Ghiaie prevalenti: ghiaie poligeniche prevalentemente massive raramente a stratificazione incrociata concava con intercalazioni di livelli limoso - sabbiosi. Alla base sono talora presenti sedimenti limoso-argillosi, torbosi. Al tetto si ha un suolo bruno.
- b) Sabbioso prevalenti: depositi a stratificazioni piano - parallela e/o incrociata, geometria essenzialmente lenticolare, disposti a varie altezze stratigrafiche.

UNITÀ DEL SUBSTRATO

SUCCESSIONE MARINA – DEPOSITI SILICOCLASTICI

FORMAZIONE COLOMBACCI FCO (*Messiniano p.p.*)

Successione torbiditica costituita da litofacies arenacee, arenaceo-pelitiche e pelitico - arenacee raggruppate in tre associazioni litologiche. Biozona atipica.

Litofacies pelitico-arenacea FCOe

Alternanza di arenarie medio-fini, in strati sottili, e peliti scure; il rapporto sabbia/argilla è maggiore di uno.

Litofacies arenaceo-pelitica FCOd

Alternanza di arenarie medio-grossolane, in strati sottili e medi e peliti grigio-scure. Il rapporto sabbia/argilla è maggiore di uno.

Litofacies arenacea FCOc

Arenarie a grana media e grossolana in strati medi, a volte amalgamate, con rari livelli pelitici.

Per quanto riguarda l'assetto tettonico-strutturale, il substrato torbiditico risulta interessato da fenomeni plicativi che hanno generato una serie di anticlinali e sinclinali con asse avente direzione NO-SE. Non sono stati rilevati elementi riconducibili a disturbi tettonici, quali faglie, sovrascorrimenti, ecc.

Nel sito in esame le cartografie ufficiali riportano l'affioramento dei depositi eluvio-colluviali dell'*Olocene* (MUS2), i quali si sovrappongono ai depositi alluvionali terrazzati del III ordine cronologicamente riferibili al *Pleistocene superiore* (MTIbn).

Nei paragrafi successivi verranno riportate le informazioni emerse nei sondaggi e verrà descritta in dettaglio la locale sequenza litostratigrafica.

Di seguito si riportano uno stralcio cartografico ed alcune figure tratte dal sito www.ispraambiente.gov.it: carta geologica, schema stratigrafico e schema tettonico.

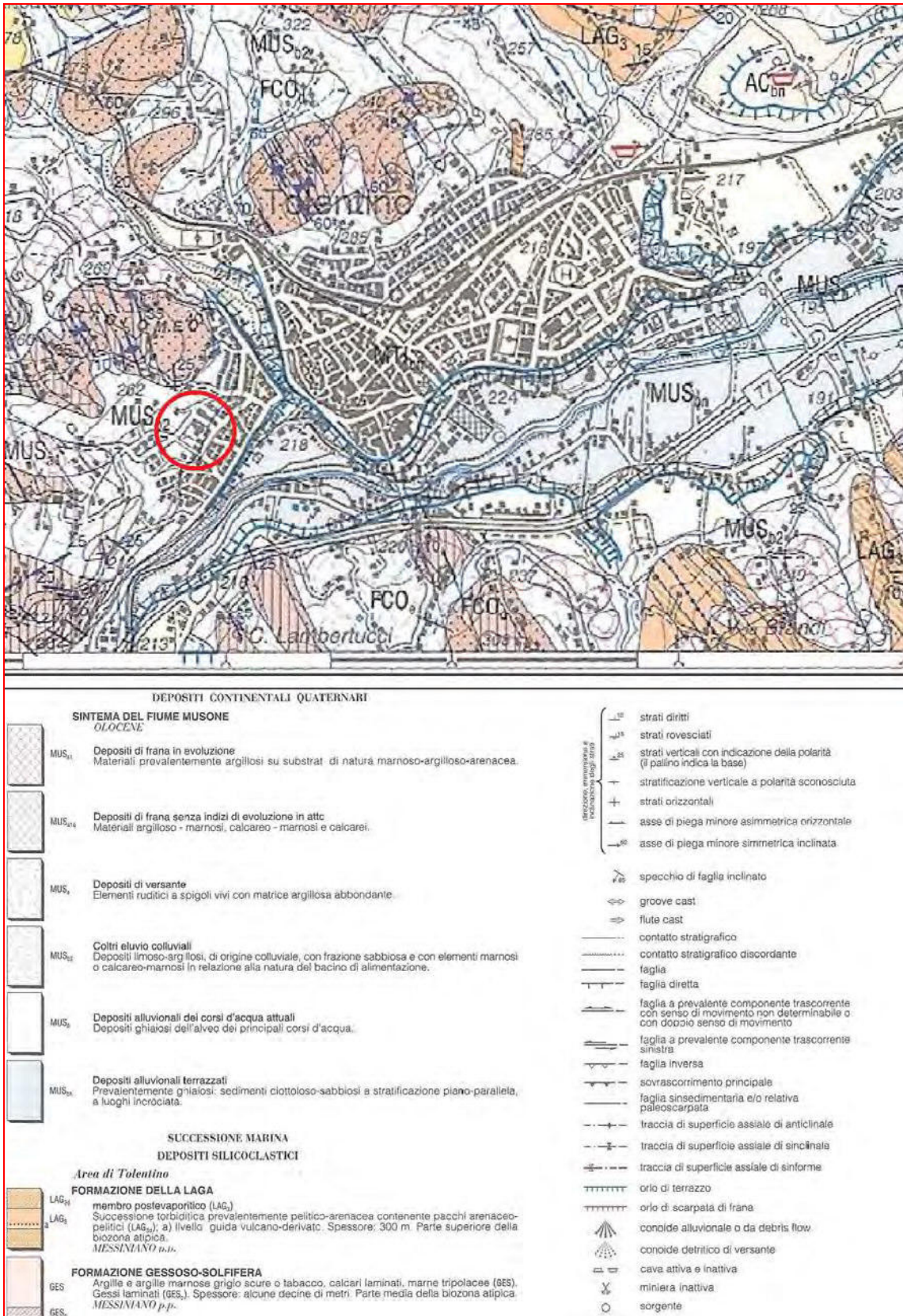


Figura 3 - ISPRA Carta geologica

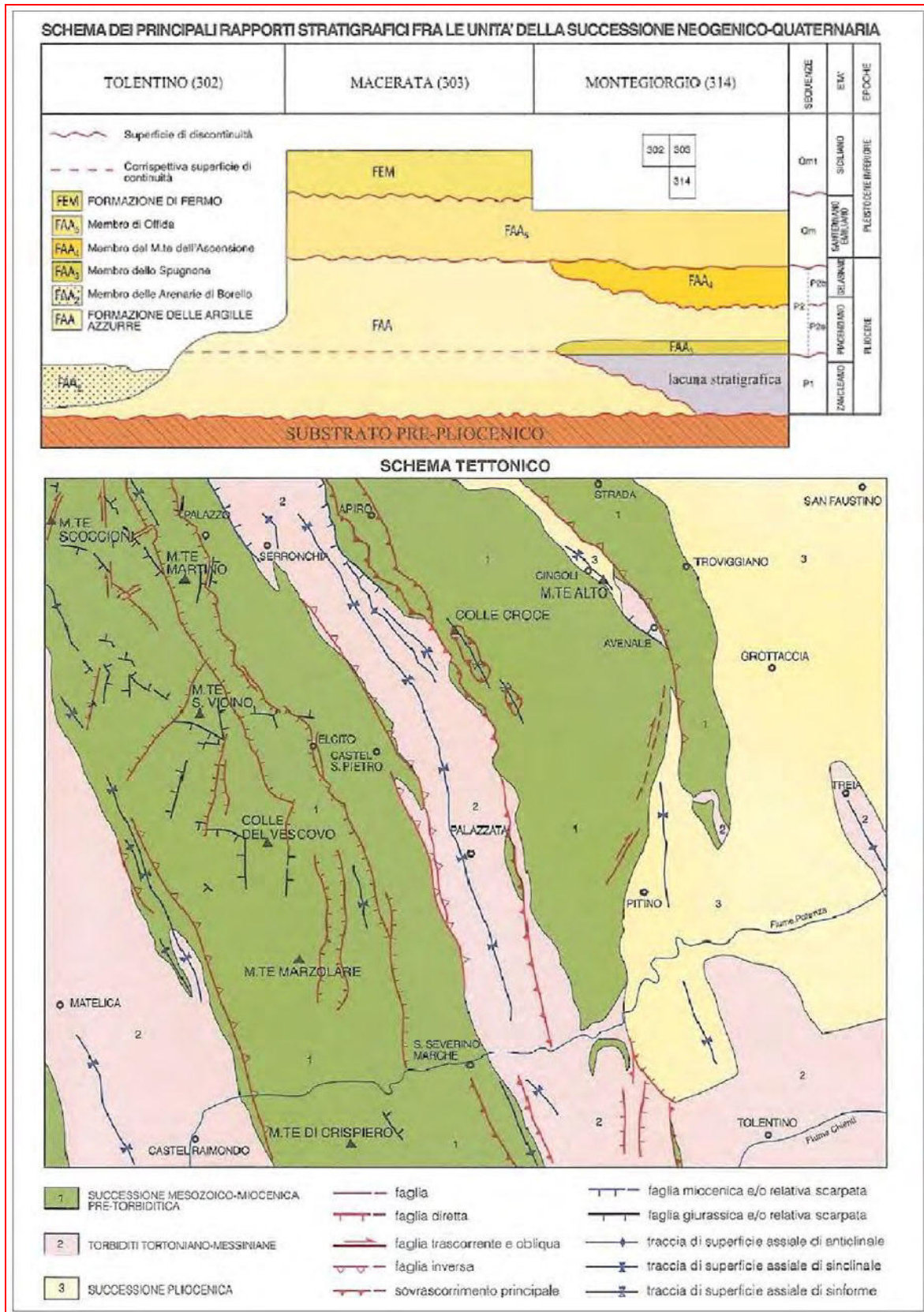


Figura 4 - ISPRA Schemi Tettonico - Stratigrafici

5.2 Caratterizzazione geomorfologica

L'area in esame è caratterizzata da una pendenza media pari a circa il 10%; il fabbricato oggetto di ampliamento è ubicato all'interno di un lotto pressoché pianeggiante.

Dal punto di vista geomorfologico ci troviamo nella zona di raccordo fra un versante collinare e la sottostante piana alluvionale del III ordine sedimentata dal fiume Chienti, in cui i depositi alluvionali sono ricoperti dalle coltri eluviali e colluviali provenienti dal versante sovrastante.

Il bordo di terrazzo relativo al passaggio con il sottostante ripiano del IV ordine è localizzato ad una distanza di oltre 200 m dal sito d'intervento.

Il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Marche, come descritto nei precedenti paragrafi, riporta l'interferenza del sito in esame con un'area di versante in dissesto con grado di pericolosità P2 (codice F-19-123); inoltre in zone limitrofe, appena a monte e lateralmente, sono presenti altre due frane con grado di pericolosità P3. I dissesti aventi pericolosità P2 nel P.A.I., non vengono ritenuti fenomeni significativi o attivi, tant'è che le relative norme attuative (art.12, comma 2), consentono l'intervento edificatorio al loro interno, previa redazione della relazione geologica. Per quanto riguarda invece i fenomeni con grado di pericolosità P3, considerati attivi, di fatto non viene consentita l'edificazione, se non per casi specifici (art.12, comma 3). Di seguito si riporta la tabella estratta dall'Elaborato a - relazione - Allegato B, del P.A.I., con indicati i criteri di assegnazione del grado di pericolosità alla frane.

| Definizione grado di Pericolosità | Indice di Pericolosità | Tipologia Frane (secondo VARNES) |
|--|-------------------------------|---|
| MOLTO ELEVATA | P4 | Crollo attivo Debris flow/Mud flow |
| ELEVATA | P3 | Crollo quiescente - Crollo inattivo Scivolamento / Colamento attivo Frana complessa attiva |
| MEDIA | P2 | Scivolamento / Colamento quiescente Colamento / Frana complessa quiescente D.G.P.V attiva Soliflusso |
| MODERATA | P1 | Scivolamento / Colamento inattivo Frana complessa inattiva D.G.P.V quiescente o inattiva Soliflusso |

Figura 5 - PAI Tabella Grado di Pericolosità

L'analisi delle cartografie relative al progetto I.F.F.I. (Fig. n° 8), confermano i medesimi dissesti cartografati dal P.A.I.; appare evidente che si tratti del loro mero recepimento all'interno dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia.

La carta geologica della regione Marche 1:10.000 (*progetto Carg*), di più recente redazione rispetto al P.A.I., non evidenzia la presenza di frane nell'area d'intervento o nelle immediate vicinanze. La medesima cartografia riporta una "frana in evoluzione", circa 350 m ad ovest, senza nessuna interferenza, anche potenziale, con il sito in esame.

La carta geologica e geomorfologica del P.R.G., estesa ad un intorno significativamente ampio, rispetto al sito di stretto interesse progettuale e realizzata sulla base dei dati raccolti nel corso del rilevamento di campagna, evidenzia che nell'area sono assenti elementi riconducibili a fenomeni di dissesto in atto o potenziali.

Il rilevamento geomorfologico di campagna non ha evidenziato la presenza di processi morfogenetici in atto e/o potenziali, imputabili alla gravità e all'azione localizzata delle acque correnti superficiali, che possano turbare la naturale stabilità dell'area. Per ciò che concerne le forme antropiche si evidenzia che l'area è urbanizzata ed intensamente edificata, su più livelli degradanti da monte verso valle. L'originaria topografia è stata modificata con sbancamenti e riporti per ricavare i lotti attualmente edificati. Non si rileva la presenza di indizi riconducibili all'instabilità gravitativa del versante, né sui fabbricati, né sui muri di sostegno, né sulla viabilità o sull'area a verde adiacente la scuola. Anche il vicino campo sportivo, pur essendo costituito da terreni di riporto, risulta perfettamente orizzontale senza indizi di cedimenti.

In sintesi, allo stato attuale, all'interno del sito di interesse progettuale, non sono presenti fenomeni morfogenetici in atto e/o potenziali che possano comprometterne la naturale stabilità. Si sottolinea fin d'ora che l'ampliamento del fabbricato scolastico dovrà essere eseguito mediante fondazioni adeguatamente ammorsate in terreni geotecnicamente idonei; tale condizione permetterà di escludere qualsiasi possibilità di innesco di dissesti relazionati alla nuova edificazione.

Le analisi relative alla stabilità dell'area (paragrafo 7.11.3.5 delle NTC) non vengono effettuate in quanto l'area di sedime del fabbricato è pressoché pianeggiante, intensamente urbanizzata e, come già espresso, non interessata da fenomeni di dissesto in atto o potenziali.

L'assenza di fenomeni di dissesto e d'indizi di potenziale instabilità gravitativa unitamente agli accorgimenti progettuali sopra accennati, consentono di esprimere la compatibilità idrogeomorfologica dell'intervento, anche rispetto ai contenuti del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico delle Marche.

5.3 Caratterizzazione idrogeologica

Il sito indagato non è direttamente attraversato da vie preferenziali di scorrimento idrico superficiale. Dal punto di vista idrografico è posizionato in sinistra rispetto al fiume Chienti, a più di 300 m dal suo alveo e ad una quota circa 30.0 m più elevata.

Come già esposto, l'area in esame è intensamente urbanizzata, in parte impermeabilizzata e con opere di lottizzazione finalizzate al controllo delle acque meteoriche.

Per ciò che concerne le caratteristiche di permeabilità dei terreni, dalla locale stratigrafia emerge quanto segue:

- i litotipi ascrivibili alle eluvio - colluviali possono essere classificati come terreni a permeabilità variabile, generalmente bassa (anche con $K_s < 10^{-7}$ cm/s) ;
- i litotipi appartenenti ai depositi alluvionali sono classificabili come terreni a permeabilità variabile; le porzioni costituite da limi sabbioso-argillosi in generale presentano bassi valori di permeabilità primaria ($K_s = 10^{-6} \div 10^{-7}$ cm/s); le frazioni ghiaiose sono dotate di elevata permeabilità primaria per porosità ($K_s = 10^{-2} \div 10^{-4}$ cm/s);
- il substrato pelitico è caratterizzato da una permeabilità molto bassa ($K_s = 10^{-8} \div 10^{-9}$ cm/s).

Tale situazione stratigrafica può determinare le condizioni potenzialmente favorevoli allo sviluppo di una circolazione idrica sotterranea, all'interfaccia fra alluvioni grossolane ed i litotipi a maggiore componente argillosa, compreso il substrato.

5.4 Caratterizzazione litostratigrafica e parametri geotecnici

I dati ottenuti in seguito all'esecuzione del rilevamento geologico di e del sondaggio geognostico, hanno consentito di ricostruire la successione stratigrafica dei terreni presenti:

- **Terreno vegetale/terreni di riporto (Litotipo A)**
- **Coltri eluvio-colluviali (Litotipo B)**
- **Depositi alluvionali:**
 - a grana fine (Litotipo C)
 - a grana grossa (Litotipo D)
- **Substrato (Litotipo E)**

Unitamente alla descrizione dei litotipi, di seguito si riportano anche alcuni valori dei parametri geotecnici medi derivati da altre indagini eseguite dal sottoscritto, nonché i risultati delle prove di laboratorio effettuate sul campione prelevato nel corso della perforazione di sondaggio. Si precisa comunque che il presente elaborato non costituisce la relazione geotecnica di cui al paragrafo 6.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008, pertanto per quanto riguarda i valori dei parametri caratteristici si rimanda alla caratterizzazione geotecnica da parte del progettista strutturale.

Litotipo A

E' costituito da limi argillosi di colore marrone scuro con resti vegetali recenti e frammenti di laterizi; è stato rinvenuto fino alla profondità di circa 0,80 m.

Si tratta di terreni non facilmente caratterizzabili dal punto di vista geotecnico, si può comunque assumere il seguente valore del peso di volume (γ) = 1.7 ÷ 1.80 g/cm³.

Litotipo B

E' stato rinvenuto fino alla profondità di 8.25 m ed è costituito da:

- 1) limi argillosi di colore marrone scuro con resti vegetali e concrezioni carbonatiche; si tratta di un terreno a grana fine e finissima, coesivo, consistente, debolmente plastico, normalmente consolidato. E' stato rinvenuto a profondità comprese tra 0.80 m e 2.90 m.
- 2) limi sabbioso-argillosi di colore marrone chiaro con macchie grigiastre, abbondanti concrezioni carbonatiche biancastre, inclusi calcarei millimetrici e resti vegetali carboniosi nerastri. Terreno a

grana fine, sciolto o debolmente coesivo, mediamente addensato, normalmente consolidato. E' stato rinvenuto a profondità comprese tra 2.90 m e 8.25 m.

I parametri geotecnici medi dei terreni rinvenuti fino alla profondità di 2.90 m sono stati ricavati dalle prove di laboratorio effettuate sul campione indisturbato prelevato a profondità comprese tra 1.50 m e 2.10 m:

| | | | | | |
|--|---|---------------------------|---|--------|------------------|
| γ | = | peso specifico | = | 2.70 | g/cm^3 |
| γ_n | = | densità naturale | = | 1.841 | g/cm^3 |
| γ_d | = | densità secca | = | 1.674 | g/cm^3 |
| γ_{sat} | = | densità satura | = | 2.054 | g/cm^3 |
| W_l | = | limite liquido | = | 32.26 | % |
| W_p | = | limite plastico | = | 16.82 | % |
| n | = | porosità | = | 0.38 | % |
| I_p | = | indice di plasticità | = | 15.44 | |
| I_c | = | indice di consistenza | = | 1.444 | |
| A | = | indice di attività | = | 0.643 | |
| e | = | indice dei vuoti | = | 0.613 | |
| contenuto naturale acqua | | | = | 9.96 | % |
| grado di saturazione | | | = | 43.88 | % |
| classificazione granulometrica USCS | | | = | CL | |
| ϕ | = | angolo di attrito interno | = | 28.14 | ° |
| c' | = | coesione drenata | = | 0.02 | Kg/cm^2 |
| E_d (2 Kg/cm²) | = | modulo edometrico | = | 61.978 | Kg/cm^2 |

Per i terreni rinvenuti a profondità comprese tra 2.90 m e 8.25 m, possono essere assunti i seguenti parametri geotecnici medi:

| | | | | | |
|-----------|---|----------------------------|---|-------------|------------------|
| γ | = | peso di volume del terreno | = | 1.85 ÷ 1.90 | g/cm^3 |
| ϕ | = | angolo di attrito interno | = | 26° ÷ 30° | |
| c' | = | coesione drenata | = | 0.00 ÷ 0.02 | Kg/cm^2 |
| E' | = | modulo elastico | = | 50 ÷ 70 | Kg/cm^2 |

Litotipo C

Questo litotipo è costituito da:

- lenti di limi sabbiosi e sabbie limose di colore marrone chiaro-giallastro con macchie grigiastre ed ocracee; rinvenuti a profondità comprese tra 8.25 m e 12.95 m dal p.c. Terreni sciolti, a grana fine, ad addensamento variabile, normalmente consolidati.
- sottili lenti di limi argillosi e limi sabbioso-argillosi di colore grigio con intercalazioni sabbioso – limose di colore marrone chiaro; rinvenuti a profondità comprese tra 12.95 m e -13.50 m e tra - 15.20 m e 16.65 m dal p.c. Terreni a grana fine e finissima, coesivi, plastici, compressibili, scarsamente consistenti, normalmente consolidati.
- lenti di argille limose grigie con zonature sabbiose ocracee; rinvenute a profondità comprese tra 18.20 m e 23.90 m dal p.c. Terreni a grana fine e finissima, coesivi, scarsamente plastici, consistenti, normalmente consolidati.

I parametri geotecnici medi, derivanti da letteratura, che caratterizzano tale litotipo sono:

| | | | | | |
|-----------|---|----------------------------|---|-------------|--------------------|
| γ | = | peso di volume del terreno | = | 1.90 ÷ 1.98 | g/cm ³ |
| ϕ | = | angolo di attrito interno | = | 23° ÷ 28° | |
| c' | = | coesione drenata | = | 0.00 ÷ 0.12 | Kg/cm ² |
| Cu | = | coesione non drenata | = | 0.50 ÷ 2.00 | Kg/cm ² |
| Ed | = | modulo edometrico | = | 50 ÷ 80 | Kg/cm ² |

Litotipo D

Si tratta di lenti di ghiaie calcaree eterometriche, costituite da clasti di dimensione max di 2 cm, in matrice limoso-sabbiosa, a luoghi presenza di ciottoli; sono state rinvenute ai seguenti intervalli di profondità: 13.50 m e 15.20 m, 16.65 m e 18.20 m, 23.90 m e -26.65 m. Si tratta di terreni sciolti, a grana grossa, incoerenti, mediamente addensati, scarsamente compressibili.

I parametri geotecnici medi, derivanti da letteratura, che caratterizzano tale litotipo sono:

| | | | | | |
|-----------|---|----------------------------|---|-------------|--------------------|
| γ | = | peso di volume del terreno | = | 1.80 ÷ 1.85 | g/cm ³ |
| ϕ | = | angolo di attrito interno | = | 32° ÷ 36° | |
| D | = | densità relativa | > | 85 | % |
| E' | = | modulo elastico | = | 50 ÷ 70 | Kg/cm ² |

Litotipo E

Argille siltoso-marnose di colore grigio plumbeo, stratificate, a frattura prismatica, con sottili intercalazioni sabbiose ed arenacee grigie. Si tratta di terreni a grana fine e finissima, coesivi, molto consistenti, scarsamente plastici, sovraconsolidati. E' stato rinvenuto alla profondità di 26.70 m. I parametri geotecnici medi, derivanti da letteratura, che caratterizzano tale litotipo sono:

| | | | | | |
|----------|---|----------------------------|---|-------------|--------------------|
| γ | = | peso di volume del terreno | = | 2.05 ÷ 2.10 | g/cm ³ |
| ϕ | = | angolo di attrito interno | = | 27° ÷ 28° | |
| c' | = | coesione drenata | = | 0.25 ÷ 0.30 | Kg/cm ² |
| C_u | = | coesione non drenata | = | 2.50 ÷ 4.00 | Kg/cm ² |
| E_d | = | modulo edometrico | = | 150 ÷ 250 | Kg/cm ² |

6.0 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

6.1 Introduzione

Di seguito vengono fornite alcune indicazioni sulla classificazione sismica nazionale, i contenuti della microzonazione sismica di 1° livello del Comune di Tolentino rispetto all'area in esame, i risultati delle indagini sismiche effettuate, le considerazioni sulle caratteristiche sismiche del sito d'intervento e la condizione topografica. In allegato si riportano gli stralci della cartografia della microzonazione sismica del comune di Tolentino, le informazioni sulla storia sismica di Tolentino (derivate dal Database Macrosismico Italiano - 2015 Emidius, dell'I.N.G.V.), i report delle indagini sismiche e a titolo esemplificativo i coefficienti sismici calcolati dal sito www.geostru.com.

L'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 23.03.2003 ha riclassificato, da un punto di vista sismico, l'intero territorio nazionale. In tale quadro il territorio comunale di Tolentino (MC) è stato inserito in **zona sismica 2**.

Di seguito si riporta la tabella ove ciascuna zona è classificata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (**ag**), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

| Zona Sismica | Acc. orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g) | Acc. orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (ag/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 |

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 Gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio “**sito dipendente**” e non più tramite un criterio “**zona dipendente**”. L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi Stati Limite presi in considerazione viene definita partendo dalla “**pericolosità di base**” del sito, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

6.2 Microzonazione sismica comunale di 1° livello

L'edificio in esame ricade in una zona al bordo di una piana alluvionale. La sequenza sismica iniziata il 24 agosto 2016 ha comportato in tali zone danni differenziati, non infrequentemente rilevanti, anche in relazione alla tipologia costruttiva. Nello studio di Microzonazione Sismica del Comune di Tolentino (Geol. R. Pucciarelli e F. Tombolini, 2013), tale area è stata perimetrata come suscettibile di amplificazione sismica (Zona 10 Fig. n° 9).

6.3 Indagini eseguite e risultati

Si premette che al paragrafo 3.2.2 le NTC del 2008 indicano che ai fini dell'azione sismica si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi per la definizione dell'azione sismica si può far riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione della categoria di sottosuolo di cui alla tabella 3.II. Viene inoltre fortemente raccomandata la misura diretta delle velocità delle onde di taglio. Nel caso in esame si è deciso di seguire un approccio semplificato, con indagini che hanno stimato in maniera indiretta le velocità delle onde di taglio.

E' stata effettuata una prospezione sismica MASW e un'analisi dei microtremori a stazione singola HVSR. Interpretando i dati con il supporto delle informazioni stratigrafiche derivanti da un sondaggio a carotaggio continuo, spinto fino a 30 m di profondità dal piano campagna all'interno del substrato litologico, si è ottenuto un modello sismostratigrafico ragionevolmente attendibile.

Dall'indagine MASW e HVSR, in sintesi è risultato quanto segue:

- una stima della $V_{30} = 313$ m/sec, se riferita al suolo e $V_{30} = 343$ m/sec, se riferita alla profondità di 3,00 m dal piano campagna;
- valori crescenti delle velocità delle onde di taglio (V_s) con la profondità;
- a profondità maggiori di 40 m dal piano campagna, pertanto all'interno del substrato litologico, sono state stimate velocità delle onde di taglio (V_s) di poco maggiori di 350 m/sec;
- non è stato rilevato il substrato sismico ($V_s=800$ m/sec), entro i primi 40 m di profondità dal piano campagna;
- non sono stati rilevati significativi contrasti d'impedenza sismica, in particolare fra i terreni del substrato e quelli di copertura;
- con l'analisi HVSR, in relazione all'intervallo di frequenze considerato (0.5 ÷ 25 Hz), si è evidenziato un picco di frequenza a $f_0 = 2.67$ Hz con ampiezza $A_0 = 3.77(H/V)$.

I dati emersi con le analisi non hanno evidenziato la stretta necessità di effettuare uno specifico studio di Risposta Sismica Locale.

Tenuto conto di quanto sopra, si ritiene che si possa far riferimento all'approccio semplificato, indicato dal D.M. 14 gennaio 2008, **pertanto per il sito in esame si può assegnare la categoria di sottosuolo C.**

Si fa presente che per quanto riguarda l'analisi HVSR, la curva individua un picco d'interesse intorno alla frequenza di circa 2.67 Hz, che dovrà essere tenuto in considerazione in quanto ricadente all'interno delle comuni frequenze d'interesse ingegneristico.

6.4 Categoria topografica

L'area d'intervento dal punto di vista topografico ha debole pendenza, con angolo d'inclinazione inferiore ai 15°, pertanto con riferimento alla tabella 3.2.IV del D.M. 14 gennaio 2008 la condizione topografica corrisponde alla **Categoria T1** = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica | St |
|-----------|---|-----|
| T1 | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ | 1.0 |
| T2 | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ | 1.2 |
| T3 | Rilievi con lunghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ | 1.2 |
| T4 | Rilievi con lunghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ | 1.4 |

Tabella 3.2.IV NTC 2008

7.0 TERRE E ROCCE DA SCAVO

Per quanto riguarda eventuali terre e rocce risultanti dagli scavi è necessario fare riferimento ai contenuti del D.P.R. 13 giugno 2017 n.120. I materiali di riporto derivanti da manufatti dovranno essere tratti ai sensi del D. Legislativo 3 aprile del 2006 n. 152.

Per le terre naturali di scavo e gli eventuali materiali di riporto contenuti in quantità inferiore al 20% in peso, si dovranno applicare le previsioni di cui all'art.24 del D.P.R. n 120 del 2017. Prima dei lavori dovrà essere effettuato il campionamento dei terreni per la loro caratterizzazione, al fine di accertarne la non contaminazione ai fini dell'utilizzo allo stato naturale, in conformità con quanto pianificato in fase di autorizzazione.

8.0 INVARIANZA IDRAULICA

In relazione al mantenimento del principio d'invarianza idraulica, indicato dall'articolo 10 della L.R. n. 22 del 2011 e dalla D.G.R. n. 53 del 2014, si precisa che gli interventi allo stato attuale della progettazione, il sottoscritto non è a conoscenza delle superfici oggetto di variazione della permeabilità, comunque in base alla citata D.G.R., si tratta di un intervento di trascurabile impermeabilizzazione. Si rammenta che per impermeabilizzazioni inferiori ai 100 m non sono previsti volumi di laminazione. In ogni caso qualora siano necessarie opere di compensazione, in relazione alla locale situazione geologico-geomorfologica e idrogeologica si suggerisce un sovradimensionamento delle opere di smaltimento delle acque chiare e/o un sistema di laminazione a tenuta impermeabile.

9.0 ATTENDIBILITA' DEL MODELLO GEOLOGICO E SISMICO

Facendo seguito alle indicazioni del Consiglio Nazionale dei Geologi – Commissione Standard Relazione Geologica, nell'ambito del Progetto Qualità 2010 – Relazione geologica: standard metodologici e di lavoro, si fornisce una valutazione sull'attendibilità del modello geologico descritto nei precedenti paragrafi.

L'analisi delle informazioni a carattere geologico reperite, delle indagini eseguite (sondaggio, prove sismiche e prove di laboratorio), unitamente alla buona conoscenza delle locali caratteristiche geologiche, in una scala di attendibilità a cinque valori:

- 1 = scarso
- 2 = mediocre
- 3 = sufficiente
- 4 = buono
- 5 = ottimo

permette di valutare l'attendibilità del modello geologico definito con la presente relazione con la **classe 4) = buono.**

10.0 CONCLUSIONI

L'esecuzione del presente lavoro ha consentito di determinare le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, litostratigrafiche e sismiche, del sito ove si intende realizzare l'ampliamento dell'edificio scolastico di Via Grandi.

Non si sono evidenziate condizioni di pericolosità geologico-geomorfologica che impediscano l'intervento, gli studi effettuati hanno dimostrato la compatibilità idrogeomorfologica dell'area, necessaria ai sensi delle N.T.A. del P.A.I. Si attesta inoltre che i lavori previsti non sono in contrasto con i contenuti del R.D.L. 3267 del 1923 a tutela del vincolo idrogeologico.

Sono comunque emersi elementi di attenzione di cui tener conto in sede di progettazione degli interventi, in particolare nella progettazione geotecnica.

Di seguito vengono sintetizzate le caratteristiche del modello geologico e sismostratigrafico.

Modello geologico:

- il sito indagato ed un suo intorno significativo, non è interessato da processi morfogenetici in atto;
- la sequenza litostratigrafica del sito, osservata nel sondaggio S1, è caratterizzata dalla presenza di coltri eluvio-colluviali fino alla profondità di circa 8.25 m dal p.c., quindi da depositi alluvionali prevalentemente fini con lenti di ghiaie di spessore variabile. Il substrato di origine marina è costituito dai litotipi argilloso – marnosi, sovraconsolidati, appartenente alla Formazione a Colombacci ed è rinvenibile dalla profondità di circa 26.65 m dal p.c.;
- le lenti di limi argillosi, rinvenute a profondità variabili, risultano spesso plastiche e compressibili;
- i sedimenti rilevati nel sondaggio non hanno una distribuzione granulometrica che possa rientrare nelle figure 7.11.1 del paragrafo 7.11.3.4.1 del D.M. 14 gennaio 2008;
- la locale situazione idrogeologica determina le condizioni potenzialmente favorevoli allo sviluppo di una circolazione idrica sotterranea, all'interfaccia fra alluvioni grossolane ed alluvioni fini (limoso – argillose) e fra alluvioni grossolane e substrato;
- si esclude al possibilità di una falda idrica con una profondità media stagionale inferiore a 15.0 m dal piano campagna.

Modello sismico:

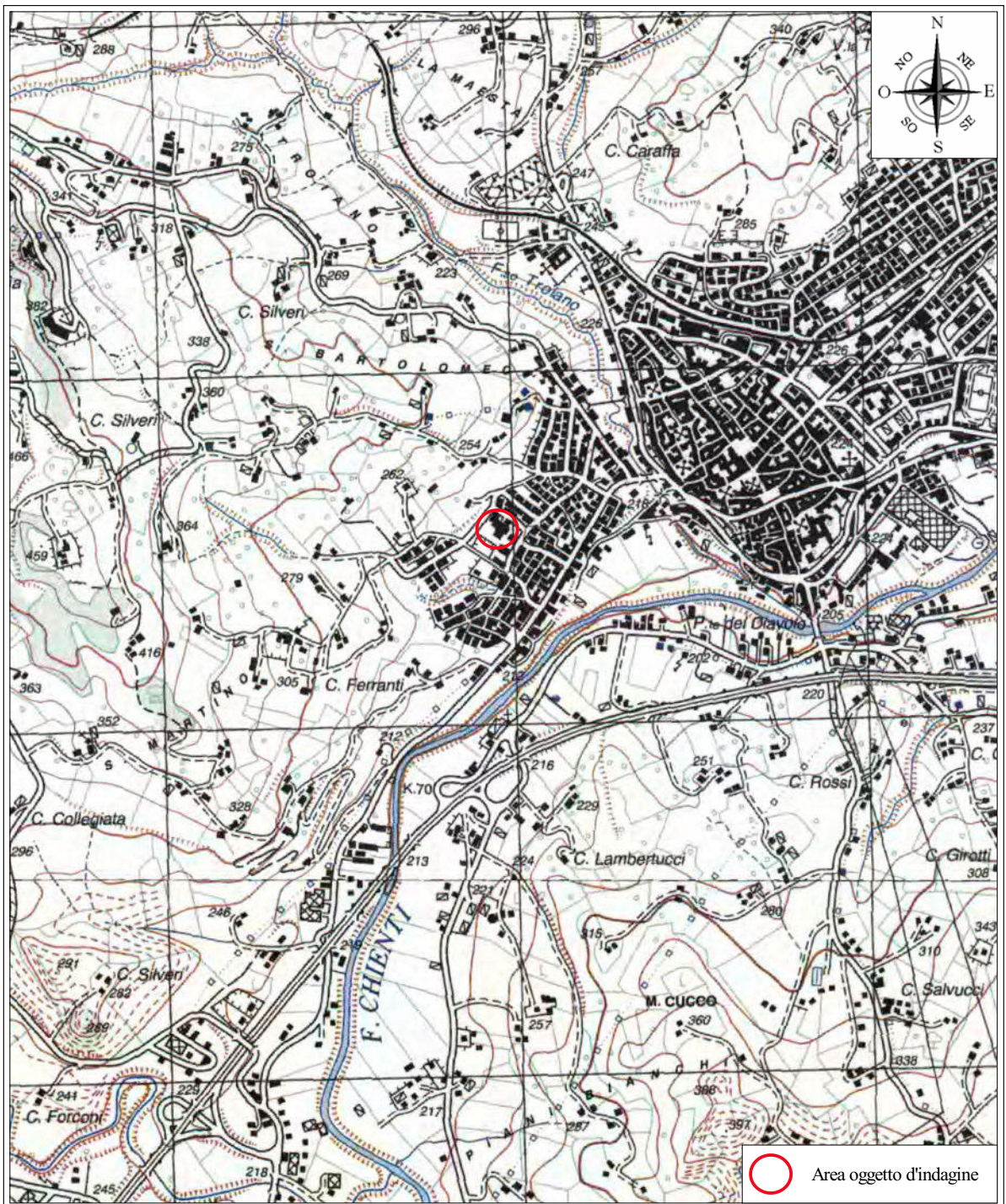
- sono state effettuate analisi MASW ed HVSR, non è stata effettuata la misura diretta delle onde di taglio;
- nelle indagini eseguite non è stato individuato il substrato sismico ($V_s=800$ m/sec) entro i primi 30.0 m di profondità dal piano campagna;
- non sono stati rilevati contrasti d'impedenza sismica fra i terreni di copertura ed il substrato; sono state stimati valori crescenti delle velocità delle onde di taglio (V_s) con la profondità;
- la modellazione sismica effettuata non ha evidenziato la necessità di effettuare uno specifico studio di Risposta Sismica Locale, i dati acquisiti rendono plausibile l'utilizzo della categoria di sottosuolo per il calcolo dell'azione sismica (Tabella 3.2 delle D.M. 14 gennaio 2008);
- con le analisi sismiche è stata stimata una $V_{30} = 313$ m/sec, riferita al piano campagna, quindi corrispondente alla **categoria di sottosuolo C** (tab. 3.2.II D.M. 14 gennaio 2008);
- con l'analisi HVSR è stato individuato un picco d'interesse intorno alla frequenza di 2.67 Hz;
- I terreni rinvenuti nel corso della perforazione di sondaggio fanno escludere la possibilità di fenomeni di liquefazione;
- **la condizione topografica corrisponde alla categoria T1** di cui alla Tabella 3.2.IV del D.M.14 gennaio 2008).


Sulla base delle analisi eseguite si fornisco le seguenti indicazioni per la successive fasi di progettazione:

- a profondità variabili è stata individuata la presenza di terreni plastici; qualora interessati da opere fondali, possono potenzialmente dare luogo a fenomeni di cedimenti;
- al fine di evitare lo scadimento delle proprietà geotecniche dei terreni alluvionali fini, dovranno essere realizzate le necessarie opere di regimazione ed allontanamento delle acque meteoriche;
- l'analisi HVSR individua un picco d'interesse intorno alla frequenza di circa 2.7 Hz, da valutare in quanto ricadente all'interno delle comuni frequenze d'interesse ingegneristico;
- è possibile escludere la necessità di verifica a liquefazione in quanto non sussistono le condizioni di cui al paragrafo 7.11.3.4.2 del D.M. 14 gennaio 2008;
- si ritiene che le opere fondali debbano essere ammorsate in corrispondenza delle coltri eluvio – colluviali rinvenute a profondità comprese tra 0.80 m e 2.90 m.

Tolentino, 01 febbraio 2018

Dott. Geol. Roberto Pucciarelli



 Area oggetto d'indagine

**CARTA TOPOGRAFICA REGIONALE
FOGLIO 124 - QUADRANTE 124 I**

COROGRAFIA

Fig. n° 1

Scala 1:25.000

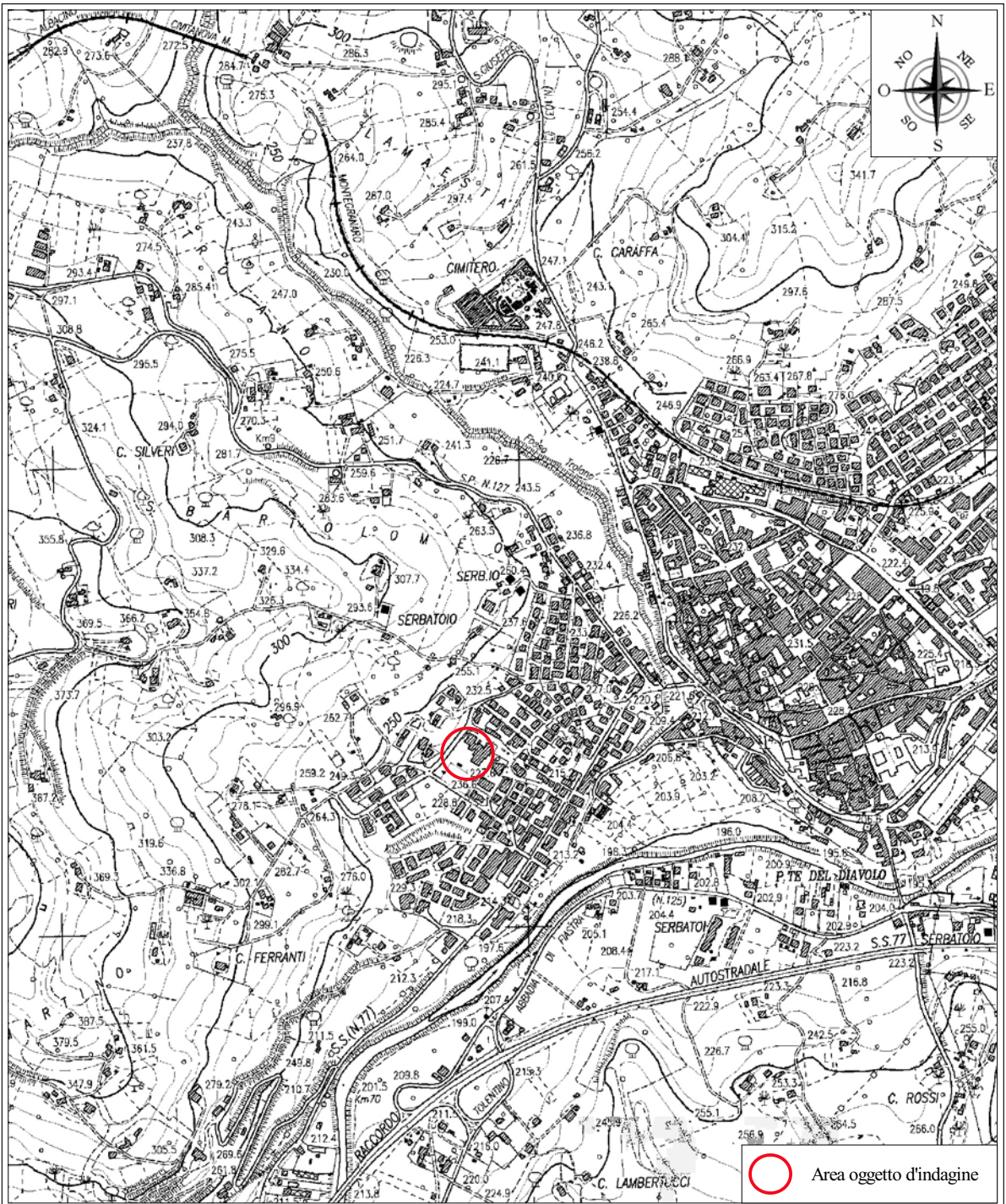
Studio di geologia ambientale




Dott. Geol.

Roberto Pucciarelli

Piazza Togliatti - 62029 Tolentino (MC)
Tel. 392/3899196
C.F. PCC RRT 89P18 L191Q
P.I. 01280050434



 Area oggetto d'indagine

CARTA TECNICA REGIONALE
Foglio 302 TOLENTINO
Sezione 302160 Tolentino

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Fig. n° 2

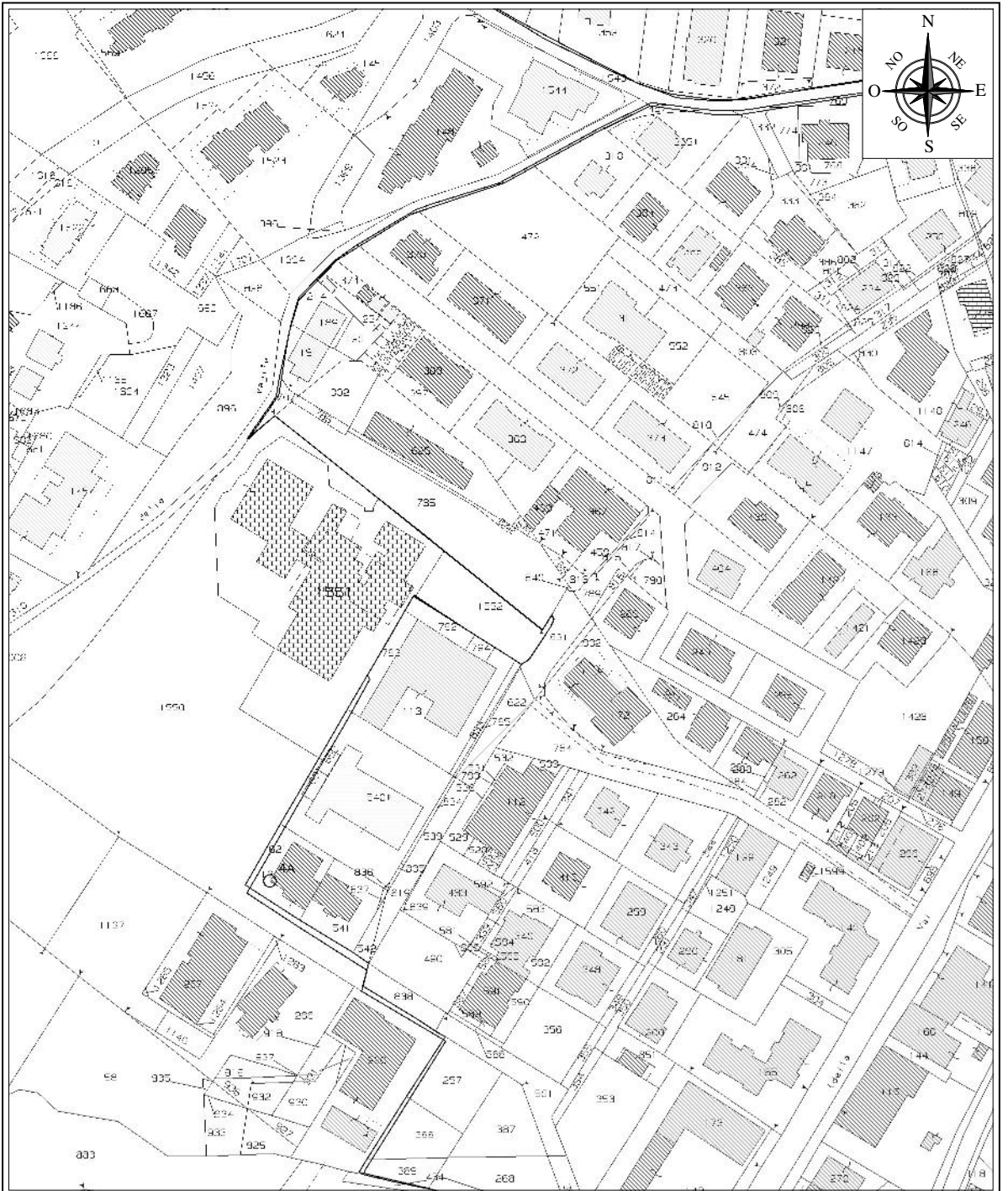
Scala 1:10.000

Studio di geologia ambientale



Dott. Geol.
Roberto Pucciarelli

Piazza Togliatti - 62029 Tolentino (MC)
 Tel. 392/3899196
 C.F. PCC RRT 89P18 L191Q
 P.I. 01280050434



Comune di Tolentino (MC)
Foglio n° 63, particella n° 1551

PLANIMETRIA CATASTALE

Fig. n° 3

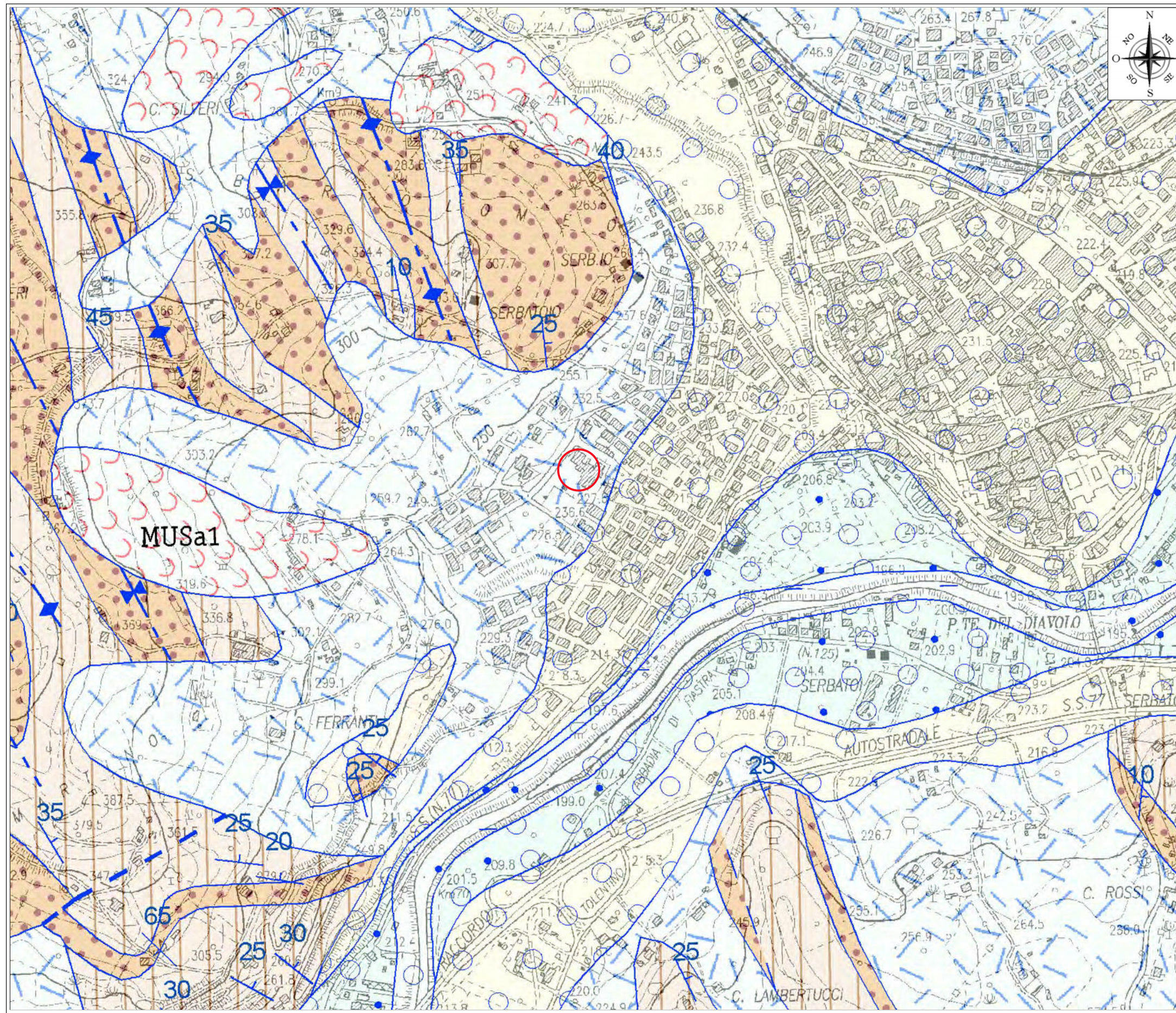
Scala 1 : 2.000

Studio di geologia ambientale



Dott. Geol.
Roberto Pucciarelli

Piazza Togliatti - 62029 Tolentino (MC)
Tel./fax 0733/960504 – 392/3899196
C.F. PCC RRT 68P18 L191Q
P.I. 01280050434



LEGENDA GEOLOGICA

**DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI
VERSANTE MARCHIGIANO**

- SISTEMA DEL MUSONE
(OLOCENE)**
- MUSa1 Frane in evoluzione
 - MUSa1q Frane senza indizi di evoluzione
 - MUSb2 Depositi eluvio-cotuviali
 - MUSb Depositi alluvionali attuali (ghiaia, sabbia, limo)
 - MUSbn Depositi alluvionali terrazzati (ghiaia, sabbia, limo)

**SISTEMA DI MATELICA
(PLEISTOCENE SUPERIORE)**

- MTIbn Depositi alluvionali terrazzati (ghiaia, sabbia, limo)

**SUPERSISTEMA DI COLLE ULIVO-COLONIA MONTANI
(PLEISTOCENE MEDIO SOMMITALE)**

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

**SUPERSISTEMA DI URBISAGLIA
(PLEISTOCENE INFERIORE MEDIO-MEDIO)**

- URSBn Depositi alluvionali terrazzati (ghiaia, sabbia, limo)
- URSBs Depositi di glacis antichi

SUCCESSIONE UMBRO-MARCHIGIANO-ROMAGNOLA

SUCCESSIONE MIOCENICA

- FCO FORMAZIONE A COLOMBACCI Messiniano sup.
- FCOc FORMAZIONE A COLOMBACCI Molasses arenacea Messiniano p.p.
- FCOd FORMAZIONE A COLOMBACCI Molasses arenaceo-pellica Messiniano sup.
- FCOe FORMAZIONE A COLOMBACCI Molasses pellico-arenacea Messiniano sup.

- Livello guida (a)
- Contatto stratigrafico e/o litologico
- Contatto stratigrafico inconfine
- Faglia
- Faglia diretta
- Faglia inversa
- Sovrascomimento principale
- Stratificazione dritta
- Stratificazione rovesciata
- Elemento lineare primario
- Traccia di superficie assiale di anticlinale
- Traccia di superficie assiale di sinclinale

- Area oggetto d'indagine

CARTA GEOLOGICA REGIONALE
Sezione 302160

Fig. n° 4

Scala 1 : 10.000

Studio di geologia ambientale
Dott. Geol. Roberto Pucciarelli
Piazza Togliatti - 62029 Tolentino (MC) Tel. 392/3899196
C.F. PCC RRT 68P18 L191Q P.I. 01280050434



LEGENDA

DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

- Coltri eluvio-colluviali di spessore > 2,0 m (Età: Olocene) **PERMEABILITA'** Variabile, generalmente bassa
- Depositi alluvionali attuali e recenti (età: Olocene) Variabile, generalmente alta
- Depositi alluvionali terrazzati del III ordine (età: Pleistocene superiore) Variabile, generalmente alta

SUCCESSIONE MARINA – DEPOSITI SILICOCLASTICI

- FORMAZIONE A COLOMBACCI Litofacies pelitico-arenacea (Età: Messiniano p.p.) Molto bassa
- FORMAZIONE A COLOMBACCI Litofacies arenaceo-pelitica (Età: Messiniano p.p.) Bassa

Contatto stratigrafico

Stratificazione inclinata (con inclinazione in gradi)

Faglia probabile

FORME DI VERSANTE DOVUTE ALLA GRAVITA'

| Inattivo | Quiescente | Attivo | |
|----------|------------|--------|----------------------------------|
| | | | Nicchia di frana |
| | | | Corpo di frana di scorrimento |
| | | | Corpo di frana di tipo complesso |
| | | | Deformazioni plastiche |

FORME FLUVIALI E DI VERSANTE DOVUTE AL DILAVAMENTO

| Inattivo | Quiescente | Attivo | |
|----------|------------|--------|---------------------------------------|
| | | | Orlo di scarpata di erosione fluviale |
| | | | Fosso con alveo in erosione lineare |

FORME ANTROPICHE

- Scarpata

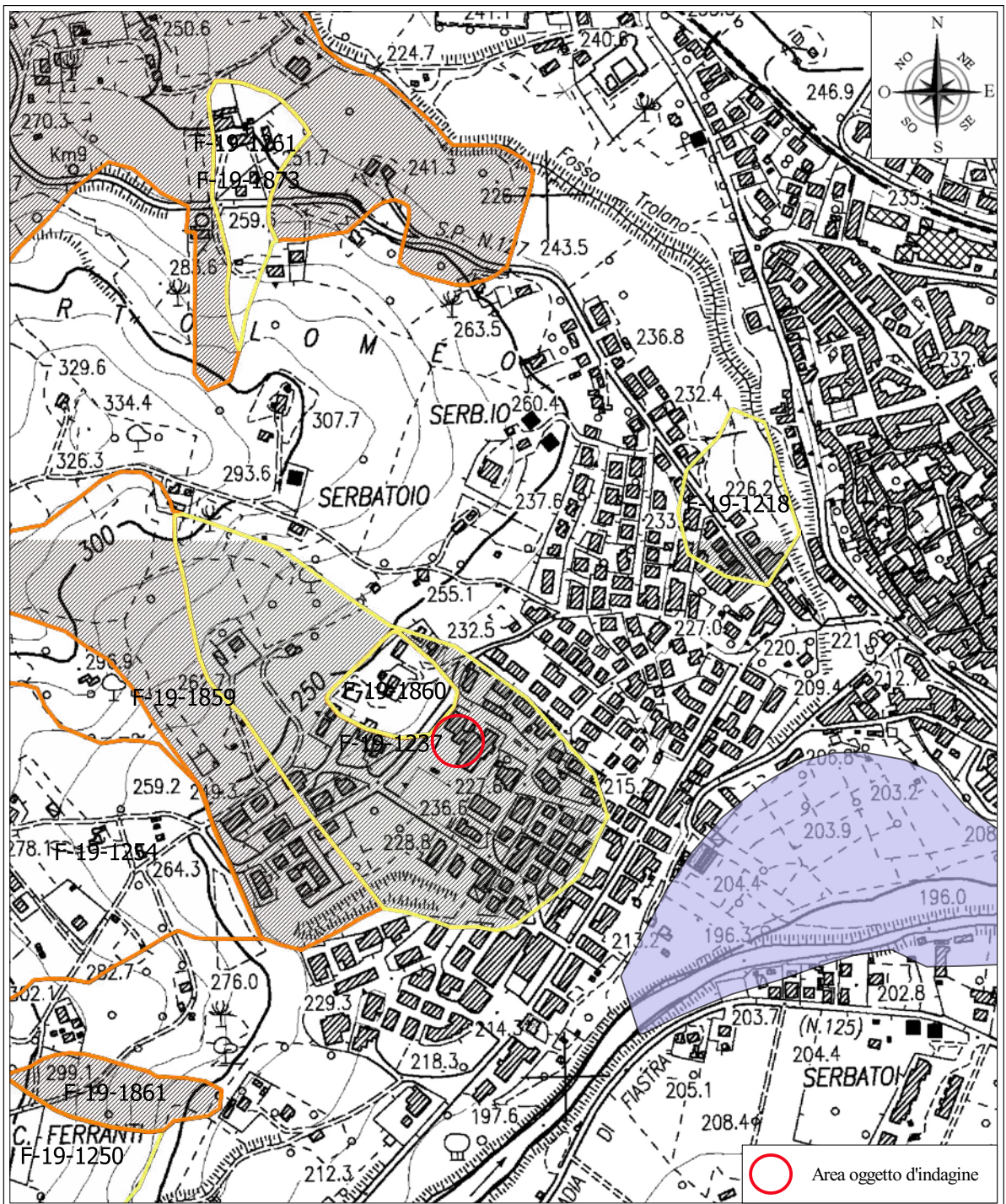
IDROGRAFIA

- Emergenze idriche diffuse
- Area oggetto di indagine

**CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA
CON ELEMENTI DI IDROGEOLOGIA**

Fig. n° 5 Scala 1 : 5.000


Studio di geologia ambientale
 Dott. Geol. Roberto Pucciarelli
 Piazza Togliatti - 62029 Tolentino (MC) Tel. 392/3899196
 C.F. PCC RRT 68P18 L191Q P.I. 01280050434




Legenda


Aree di versante in dissesto AVD

Aree esondabili

 Pericolosità P2

 Pericolosità R3

 Pericolosità P3

 Area oggetto d'indagine

**PIANO STRALCIO DI BACINO
PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA REGIONE MARCHE**

Fig. n° 6

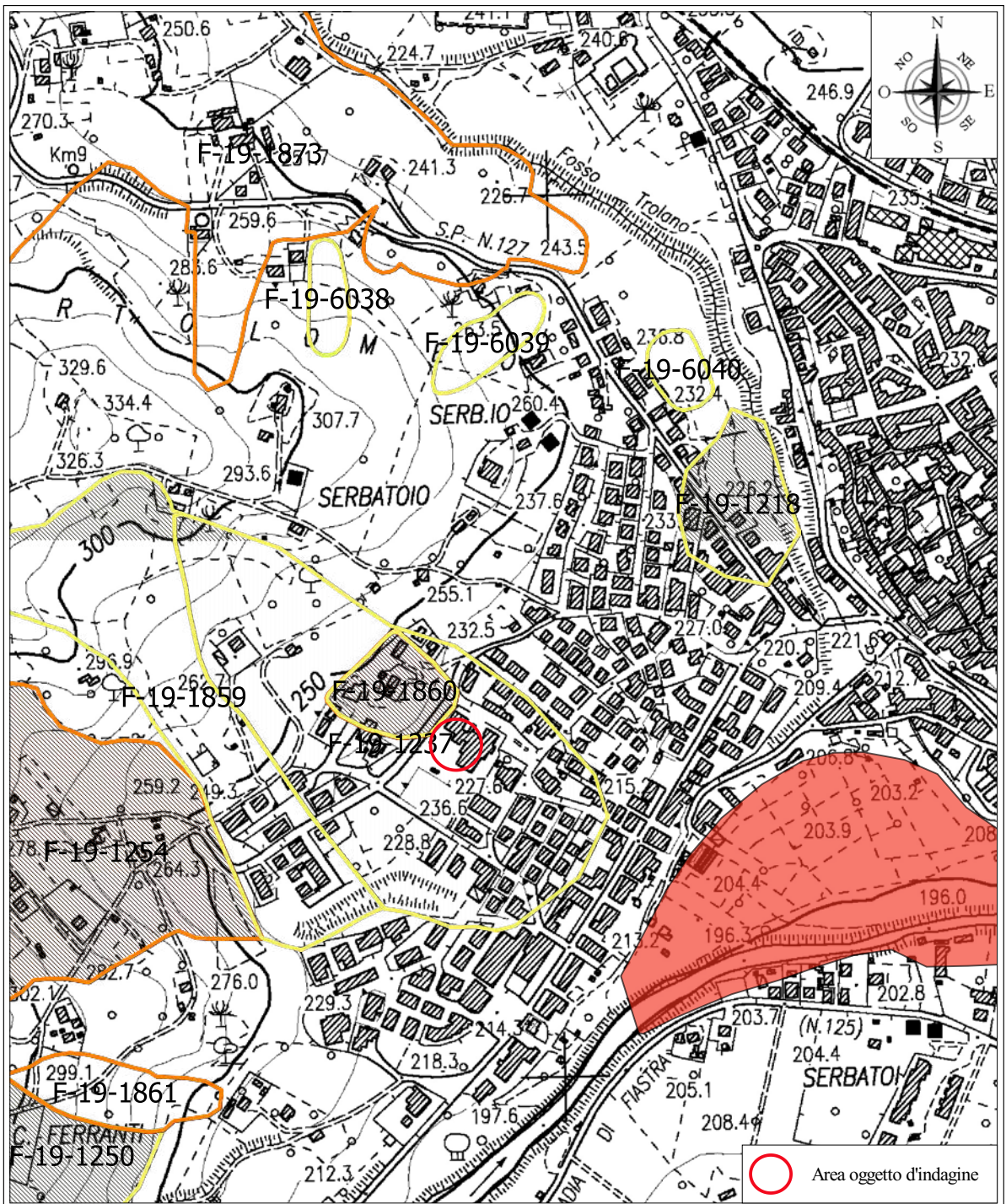
Scala 1:10.000

Studio di geologia ambientale



*Dott. Geol.
Roberto Pucciarelli*


Piazza Togliatti - 62029 Tolentino (MC)
Tel. 392/3899196
C.F. PCC RRT 89P18 L1910
P.I. 01280050434



Legenda

Aree di versante in dissesto AVD

Aree esondabili

 Pericolosità P2

 Pericolosità R4

 Pericolosità P3

 Area oggetto d'indagine

**PIANO STRALCIO DI BACINO
PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA REGIONE MARCHE
Aggiornamento 2016**

Studio di geologia ambientale

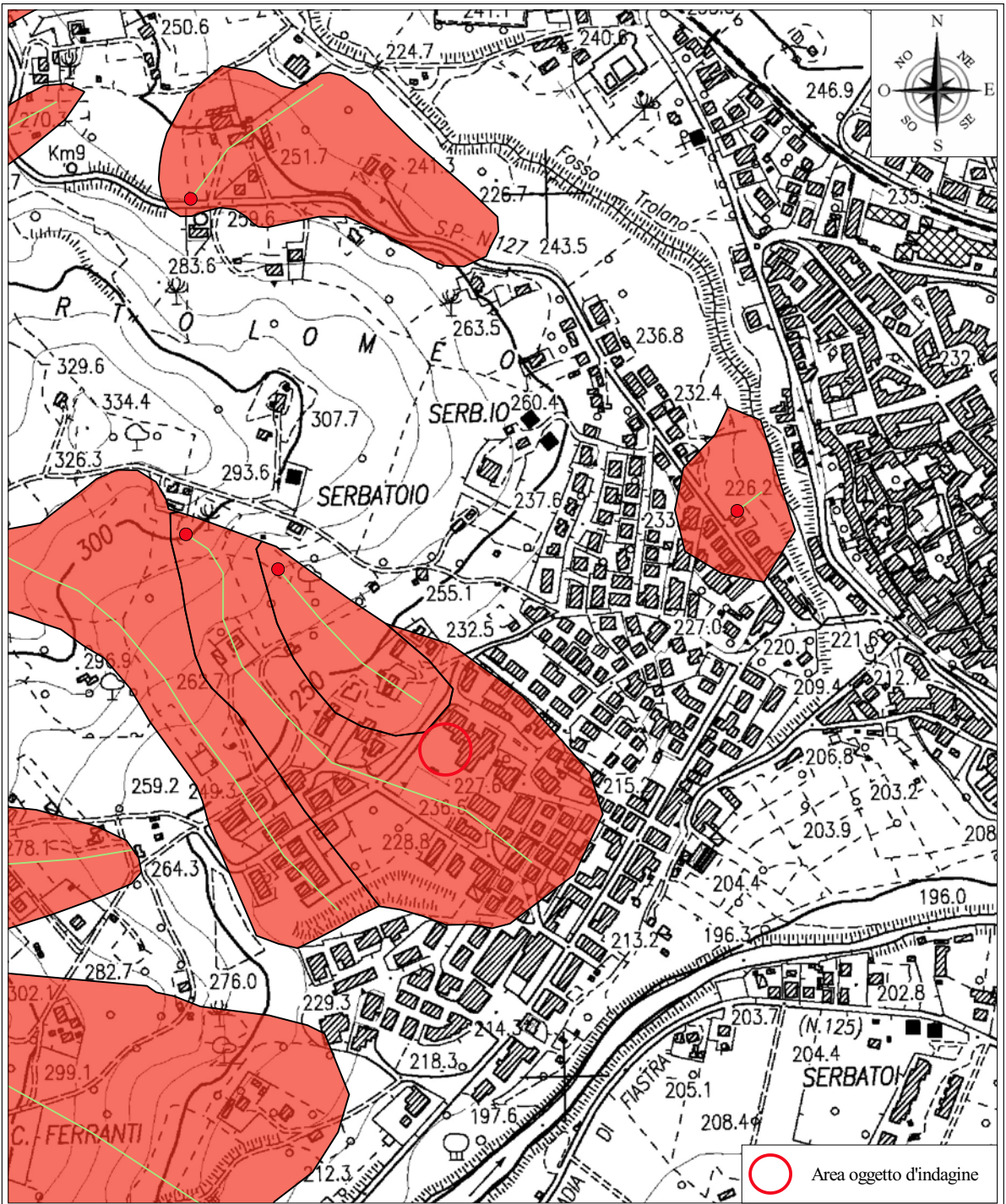


*Dott. Geol.
Roberto Pucciarelli*

Fig. n° 7


Scala 1:10.000

Piazza Togliatti - 62029 Tolentino (MC)
Tel. 392/3899196
C.F. PCC RRT 89P18 L1910
P.I. 01280050434



Legenda

 **Dissesto IFFI**

 Area oggetto d'indagine

*INVENTARIO FENOMENI FRANOSI IN ITALIA
progetto IFFI*

Studio di geologia ambientale

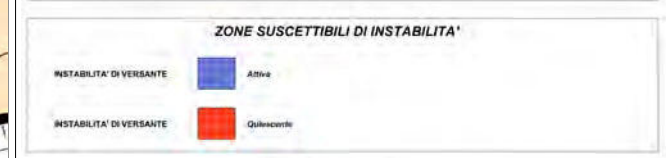
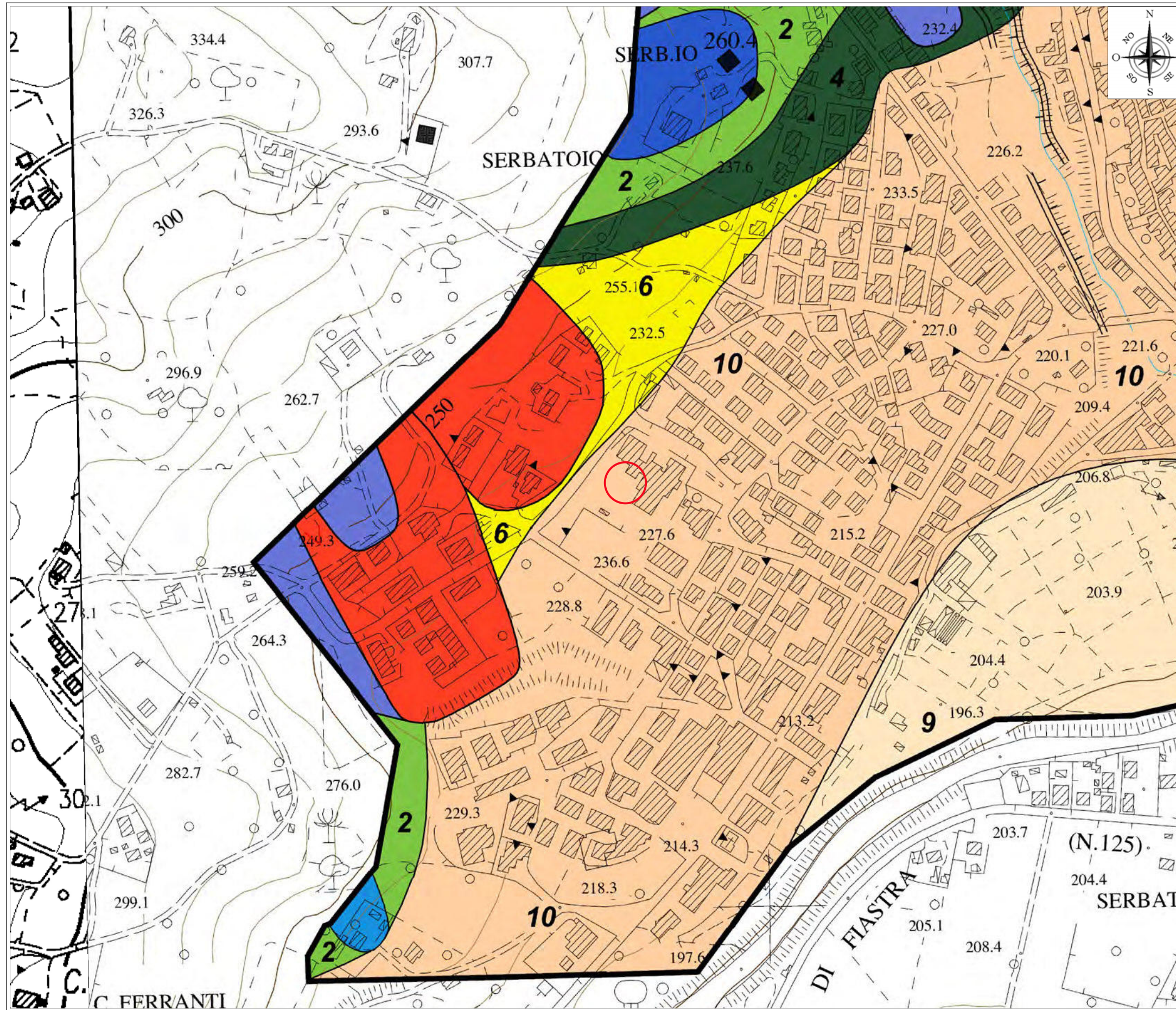


*Dott. Geol.
Roberto Pucciarelli*

Fig. n° 8

Scala 1:10.000

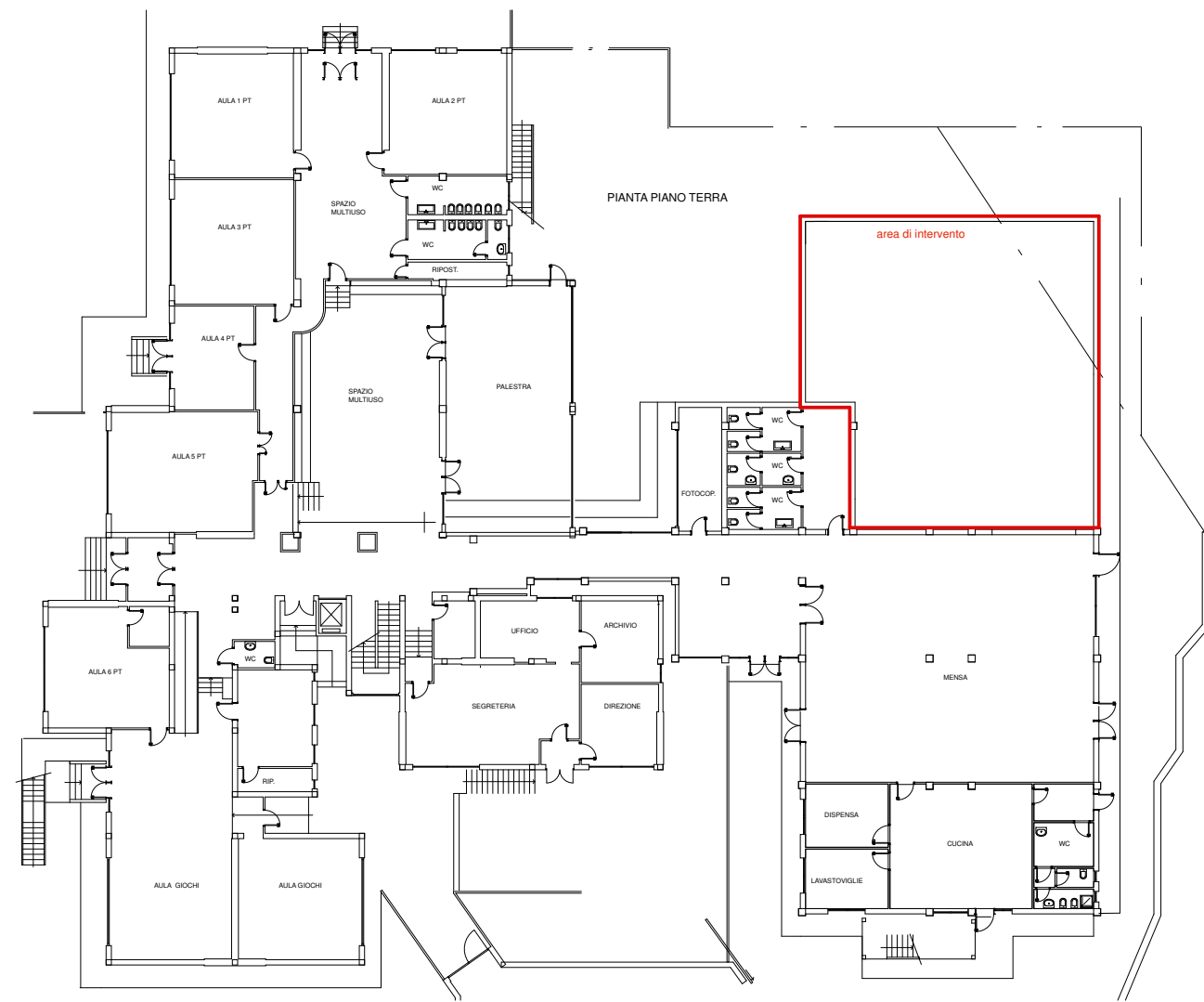
Piazza Togliatti - 62029 Tolentino (MC)
Tel. 392/3899196
C.F. PCC RRT 89P18 L1910
P.I. 01280050434



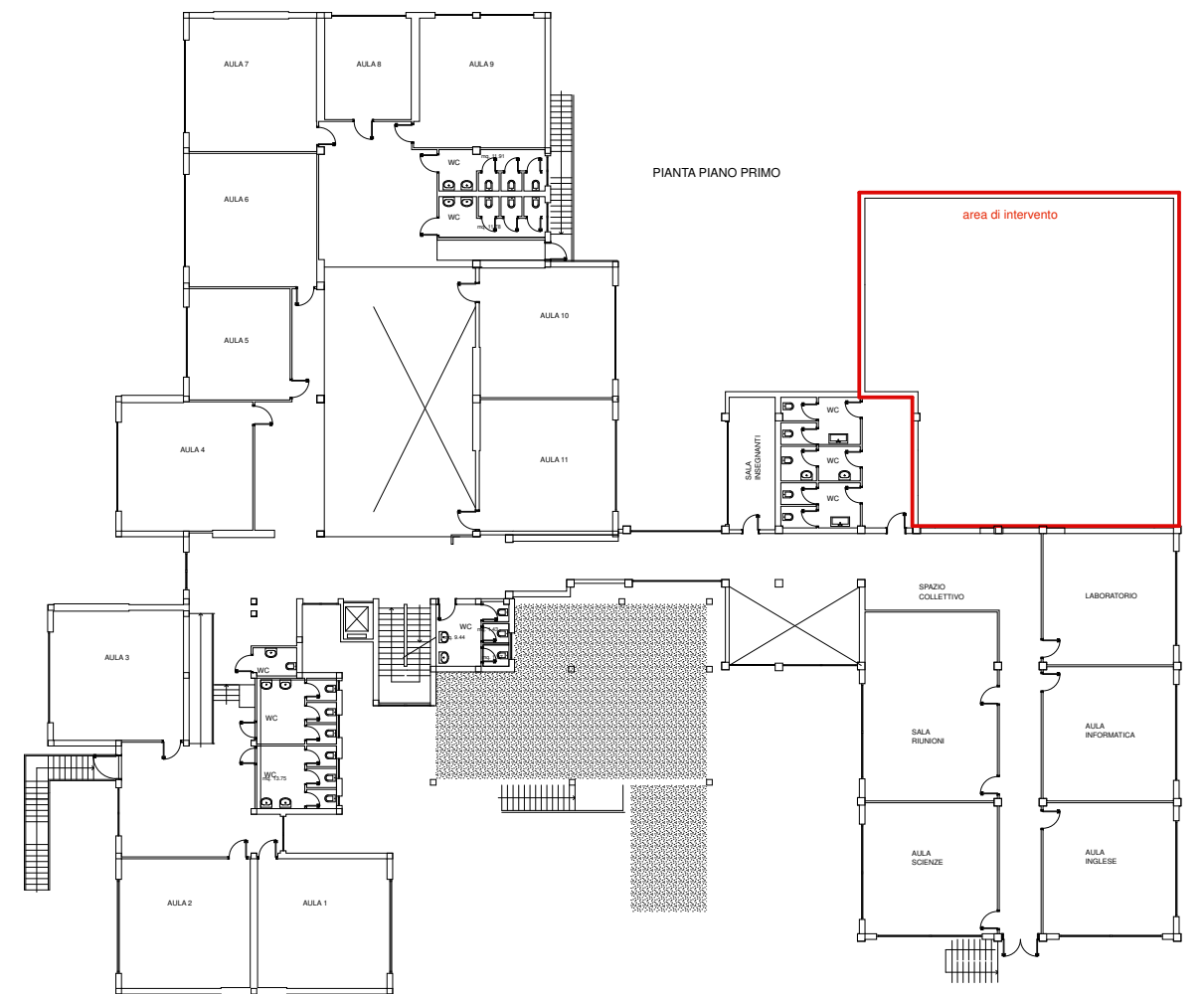
CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SIMSICA

Fig. n° 9

Scala 1 : 5.000



PIANTA PIANO TERRA



PIANTA PIANO PRIMO

PIANTE STATO REALIZZATO

Fig. n° 10

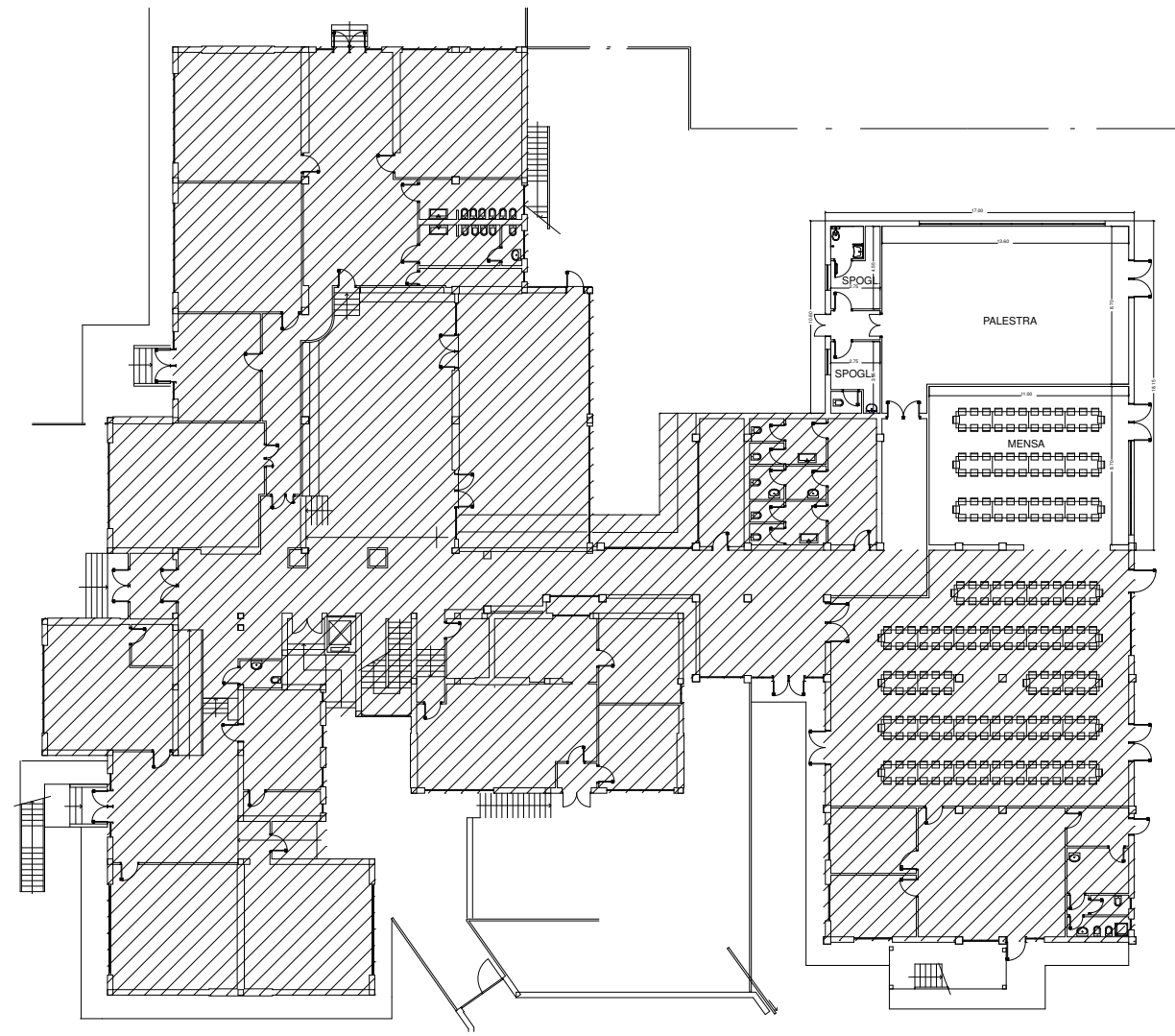
Scala 1 : 400



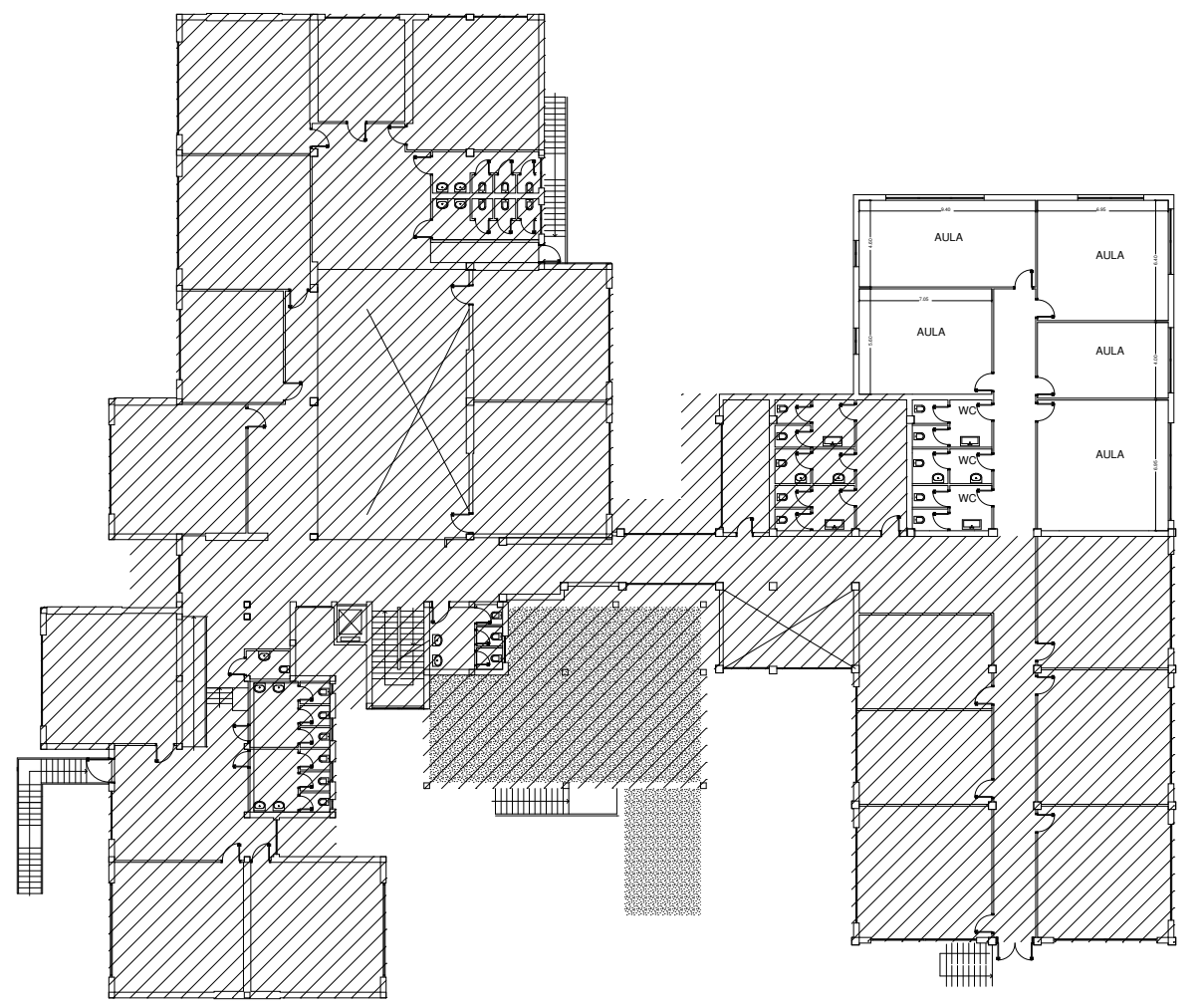
Studio di geologia ambientale

Dott. Geol. Roberto Pucciarelli

Piazza Togliatti - 62029 Tolentino (MC) Tel. 392/3899196
C.F. PCC RRT 68P18 L191Q P.I. 01280050434



PIANTA PIANO TERRA



PIANTA PIANO PRIMO

PIANTE STATO DI PROGETTO

Fig. n° 11

Scala 1 : 400

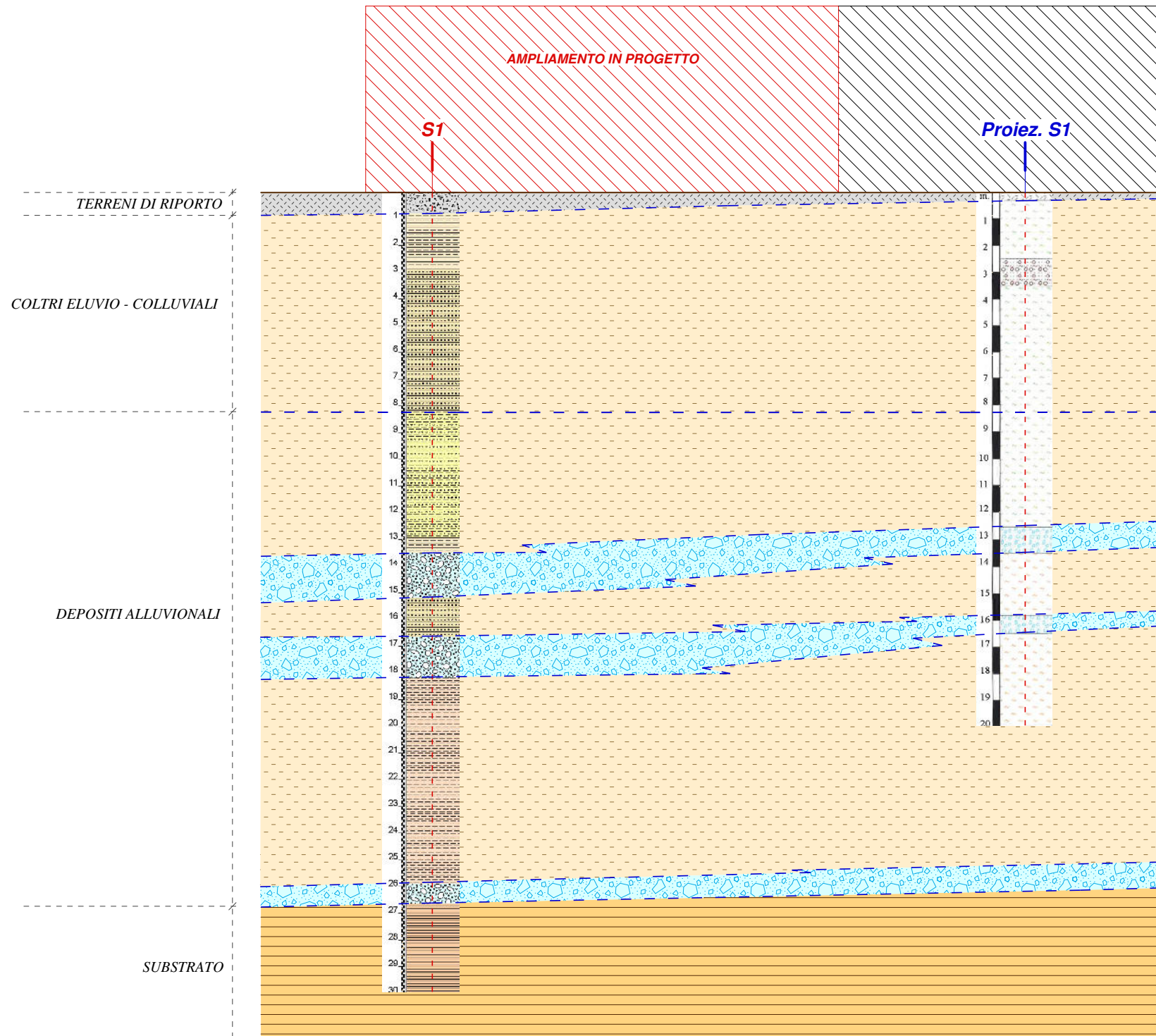


Studio di geologia ambientale

Dott. Geol. Roberto Pucciarelli

Piazza Togliatti - 62029 Tolentino (MC) Tel. 392/3899196
C.F. PCC RRT 68P18 L191Q P.I. 01280050434

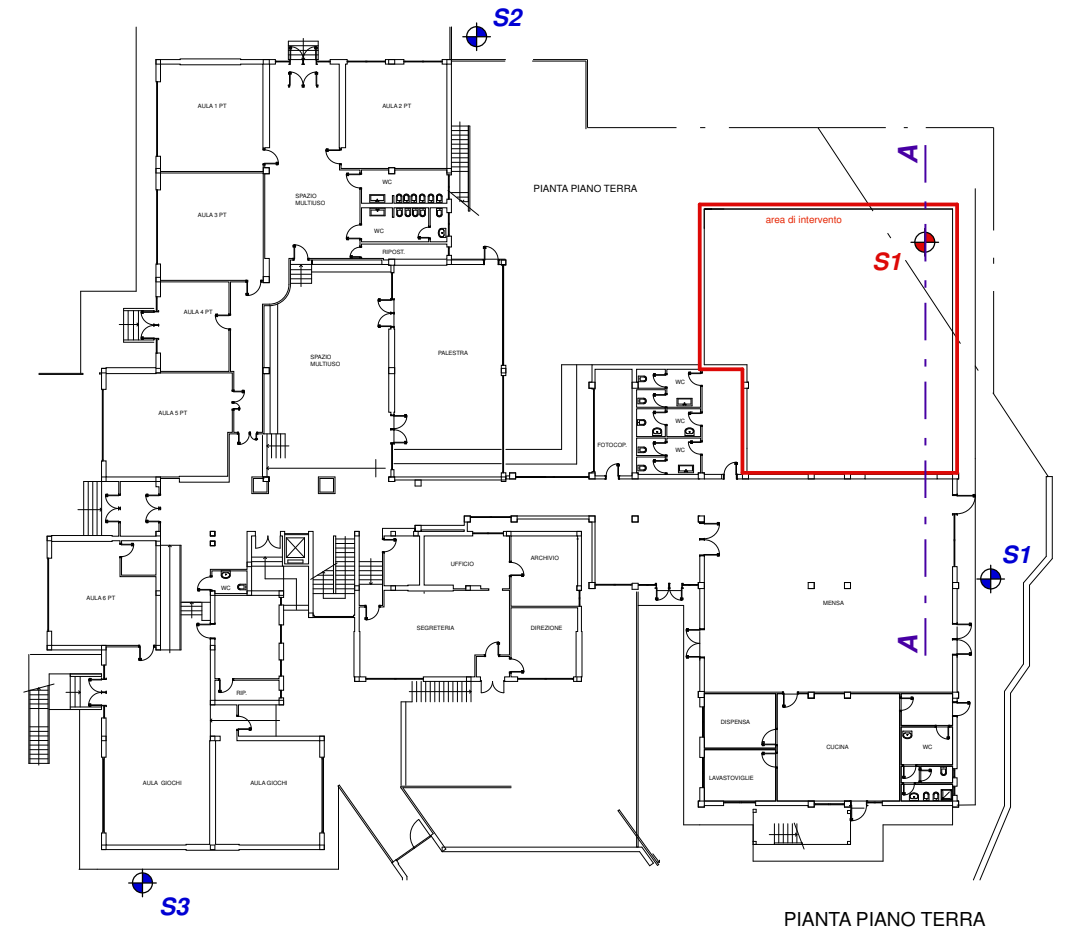
SEZIONE A - A



Legenda

- | | | | |
|--|--|---|--|
| | Limi argillosi di colore marrone scuro con resti vegetali recenti e frammenti di laterizi | — | TERRENI DI RIporto |
| | Limi sabbiosi e/o sabbie limose di colore marrone - giallastro, limi argillosi e/o sabbioso - argillosi di colore marrone, argille limose di colore marrone - grigiastro | — | COLTRI ELUVIO - COLLUVIALI E DEPOSITI ALLUVIONALI A GRANA FINE |
| | Ghiaie calcaree eterometriche in matrice limoso - sabbiosa | — | DEPOSITI ALLUVIONALI A GRANA GROSSA |
| | Argille marnose e/o siltoso - marnose di colore grigio plumbeo, a frattura prismatica, con veli sabbiosi grigiastri | — | SUBSTRATO |

- S1**
Ubicazione sondaggio geognostico a carotaggio continuo
- Proiez. S1**
Proiezione sondaggio geognostico a rotazione, reperito (Eseguito da Geol. Fabrizio Tombolini)



- Legenda**
- S1** Sondaggio geognostico realizzato
 - S1** Sondaggio geognostico reperito (eseguito da Geol. Fabrizio Tombolini)
 - A** Traccia di sezione

Scala 1 : 500

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA SCHEMATICA A - A
- ubicazione indagini geognostiche -

Fig. n° 12

Scala 1 : 200/ 1 : 500



Studio di geologia ambientale

Dott. Geol. Roberto Pucciarelli

Piazza Togliatti - 62029 Tolentino (MC) Tel. 392/3899196
C.F. PCC RRT 68P18 L191Q P.I. 01280050434

ALLEGATO A

Stratigrafia sondaggio geognostico

ALLEGATO B

Stratigrafie sondaggi geognostici reperiti

STUDIO GEOLOGICO-TECNICO

dr. geol. Fabrizio Tombolini

Via Traversa Filelfo, 20/22 - 62029 Tolentino

tel./fax 0733/961154 - 347/1778017

SONDAGGIO S1 verticale

DATA: 18.12.2002

Perforazione: Rotary a secco

Comune: Tolentino (MC)

Cantiere: Via A. Grandi

Committente: Comune di Tolentino

| STRATIGRAFIA | QUOTE | | TIPO LITOLOGICO | Campioni | | Pocket pen. Rp Kg/cm ² | Falda acquifera profondità in metri | OSSERVAZIONI |
|--------------|-------|-------|--|----------|------|---|---|---|
| | p.c. | parz. | | ■ | □ | | | |
| | | | | Ind. | Rim. | | | |
| | | N. | Quote | | | | | |
| m. | | | Ghiaie sabbiose (massicciata). | | | | | |
| 1 | 0.25 | 0.25 | Limi sabbiosi ed argilloso-sabbiosi avana-giallastri, con macule brune, inclusioni calcaree millimetriche e concrezioni carbonatiche nodulari. Essi inglobano localmente sottili livelli prettamente sabbiosi o prevalentemente argillosi. | | | 2.50 | | |
| 2 | | | Da 1.80 m a 2.50 m limi argillosi bruni molto consistenti. | | | 4.50 | | |
| 3 | 2.50 | 2.25 | | | | 4.50 | | |
| 4 | 3.50 | 1.00 | Limi sabbiosi e sabbie limose avana con abbondanti ghiaie sparse. | | | 1.50 | | |
| 5 | | | Limi sabbiosi beige e avana con livelli prevalentemente limoso-argillosi e prettamente sabbiosi. | | | 2.50 | | |
| 6 | | | | | | 2.75 | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | | | a 9.50 m limi sabbiosi debolmente argillosi grigi poco addensati. | | | | 9.50 | Notevole difficoltà di avanzamento per presenza di acqua. Installazione di carotiere a distruzione. |
| 11 | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | |
| 13 | 12.50 | 9.50 | Ghiaie con clasti prevalentemente calcarei biancastri e rosati, subordinatamente selciosi, eterometrici, a spigoli arrotondati, in matrice sabbiosa e limoso-sabbiosa beige. | | | | | |
| 14 | 13.50 | 1.00 | Limi argillosi talora debolmente sabbiosi di colore grigio, plastici. | | | | | Plasticità |
| 15 | | | | | | | | |
| 16 | 15.80 | 2.30 | Ghiaie sabbiose e limoso-sabbiose. | | | | | |
| 17 | 16.50 | 0.70 | Limi argillosi grigi, plastici. | | | | | Plasticità |
| 18 | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | - 20.00 m fine sondaggio |

STUDIO GEOLOGICO-TECNICO

dr. geol. Fabrizio Tombolini

Via Traversa Filelfo, 20/22 - 62029 Tolentino

tel./fax 0733/961154 - 347/1778017

SONDAGGIO S2 verticale

DATA: 18/19.12.2002

Perforazione: Rotary a secco a distruzione

Comune: Tolentino (MC)

Cantiere: Via A. Grandi

Committente: Comune di Tolentino

| STRATIGRAFIA | QUOTE | | TIPO LITOLOGICO | Campioni | | Pocket pen. Rp Kg/cm ² | Falda acquifera profondità in metri | OSSERVAZIONI |
|--------------|-------|-------|--|----------|--------|---|---|--------------------------|
| | p.c. | parz. | | ■ Ind. | □ Rim. | | | |
| | | | | N. | Quote | | | |
| m. | | | | | | | | |
| 1 | 0.25 | 0.25 | Pietrisco (massicciata). Limi argilloso-sabbiosi avana-giallastri, con concrezioni carbonatiche nodulari. Essi inglobano talora sottili livelli prettamente sabbiosi o prevalentemente argillosi. | | | 2.50 | | |
| 2 | 2.00 | 1.75 | Da 1,40 m a 2,00 m limi argillosi bruni molto consistenti. | | | 4.50 | | |
| | 2.30 | 0.30 | | | | 4.50 | | |
| 3 | 3.00 | 0.70 | Limi sabbiosi con ghiaie sparse. | | | | | |
| 4 | | | Sabbie e ghiaie. | | | 1.50 | | |
| | | | Limi argilloso-sabbiosi avana. | | | 2.50 | | |
| 5 | | | | | | 2.50 | | |
| 6 | 5.70 | 2.70 | Sabbie e ghiaie. | | | 2.75 | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | 7.20 | 1.50 | Limi sabbiosi e limi argilloso-sabbiosi avana. | | | 1.75 | | |
| 9 | | | | | | | 9.30 | |
| 10 | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | |
| 12 | 12.00 | 4.80 | Ghiaie con clasti prevalentemente calcarei biancastri e rosati, subordinatamente selciosi, eterometrici, a spigoli arrotondati, in matrice sabbiosa e limoso-sabbiosa beige. | | | | | |
| 13 | | | | | | | | |
| 14 | 13.30 | 1.30 | Limi sabbiosi, talora debolmente argillosi grigi e azzurri. | | | | | |
| 15 | | | | | | | | |
| 16 | 15.50 | 2.20 | Ghiaie sabbiose. | | | | | Plasticità |
| 17 | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | |
| 19 | 18.30 | 2.80 | Limi argillosi di colore marrone e azzurro. | | | | | |
| 20 | | | | | | | | - 20.00 m fine sondaggio |

STUDIO GEOLOGICO-TECNICO

dr. geol. Fabrizio Tombolini

Via Traversa Filelfo, 20/22 - 62029 Tolentino

tel./fax 0733/961154 - 347/1778017

SONDAGGIO S3 verticale

DATA: 18/19.12.2002

Perforazione: Rotary a secco a distruzione

Comune: Tolentino (MC)

Cantiere: Via A. Grandi

Committente: Comune di Tolentino

| STRATIGRAFIA | QUOTE | | TIPO LITOLOGICO | Campioni | | Pocket pen. Rp Kg/cm ² | Falda acquifera profondità in metri | OSSERVAZIONI |
|--------------|-------|-------|--|----------|--------|---|---|--------------------------|
| | p.c. | parz. | | ■ Ind. | □ Rim. | | | |
| | | | | N. | Quote | | | |
| m. | | | Pietrisco e ghiaia (massicciata). | | | | | |
| 1 | 1.10 | 1.10 | Limi argilloso-sabbiosi avana e grigi, con livelli di limi sabbiosi e sabbie di colore avana-giallastro. | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | 9.50 | 8.40 | Ghiaie sabbiose. | | | | | |
| | 10.20 | 0.70 | Limi argillosi avana-grigiastri. | | | | | |
| 11 | 10.90 | 0.70 | Limi sabbiosi e sabbie limose beige e giallastri. | | | | | |
| 12 | 11.50 | 0.60 | Ghiaie sabbiose. | | | | 12.00 | |
| 13 | 12.70 | 1.20 | Limi argilloso-sabbiosi grigi e azzurri. | | | | | |
| 14 | | | | | | | | |
| 15 | 14.70 | 2.00 | Ghiaie con clasti prevalentemente calcarei biancastri e rosati, subordinatamente selciosi, eterometrici, a spigoli arrotondati, in matrice sabbiosa e limoso-sabbiosa beige. | | | | | |
| 16 | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | - 20.00 m fine sondaggio |

ALLEGATO C

Certificati prove geotecniche di laboratorio

Data: 08/01/2018
Certificato: 4560118

| RIFERIMENTI COMMESSA | | |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------|
| Il Richiedente: | Terra Drilling Technology Srl | |
| Verbale di Accettazione N°: | 781217 | Data: 27/12/2017 |
| Riferimento Ordine N°: | | Data: |

| INFORMAZIONI GENERALI SUL CAMPIONE IN INGRESSO | | |
|--|--------------------------|-------------------------------|
| Alterazioni Esterne: | <input type="checkbox"/> | Tipologia Campionatore SHELBY |
| Ditta che ha effettuato il prelievo | | Data Prelievo 12/12/2017 |
| Terra Drilling Technology Srl | | |

| INTESTAZIONE CERTIFICATO ED IDENTIFICAZIONE CAMPIONE | | | |
|--|-------------------------------|-----------------------|-----------|
| Committente: | Terra Drilling Technology Srl | | |
| Cantiere: | Scuola A. Grandi | | |
| Sondaggio: 1 | Campione: 1 | Profondità da m: 1,50 | a m: 2,10 |

| TRACCIABILITA' | |
|--------------------|------------|
| Codice Campione: | AG11 |
| Consegna Campione: | 13/12/2017 |
| Apertura: | 13/12/2017 |
| Inizio Prove: | 13/12/2017 |
| Fine Prove: | 22/12/2017 |

| ESCLUSIONI / ANOMALIE / DIFFORMITA' / NOTE |
|--|
| Non Riscrontrate |

| PROVE ESEGUITE | ID PROVA | PAG. | NORMATIVE DI RIFERIMENTO |
|--|--------------------|------|---|
| Descrizione Macroscopica e Caratteristiche Fisiche | AG11DeMaCaFi | 2 | Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio - AGI,1994 Classificazione delle terre: ASTM D 2487-85 D3282-83 |
| Granulometria Secca+Umida | AG11Aeo | 3 | Raccomandazioni AGI 1997 |
| Limiti di Atterberg | AG11LL/LP | 4 | ASTM D4318-00 |
| Taglio Diretto | AG11TD | 5-6 | Raccomandazioni AGI 1997 |
| Edometrica | AG11Edo | 7-10 | Raccomandazioni AGI 1997 |
| | Totale Pag. | 10 | |

 Lo Sperimentatore
 Dott.Geol. Legnini Manila

 Il Direttore
 Dott. Geol. Luca Di Matteo



| | | | |
|----------------------------|--|--------------------------|--------------|
| N° Certificato: 4560118 | Committente: Terra Drilling Technology Srl | Consegna: 13/12/2017 | Sondaggio: 1 |
| Data: 08/01/2018 | Cantiere: Scuola A. Grandi | Apertura: 13/12/2017 | Campione: 1 |
| | | Inizio Prova: 13/12/2017 | da mt: 1,50 |
| | | Fine Prova: 22/12/2017 | a mt: 2,10 |

DESCRIZIONE CAMPIONE

Lunghezza: 32 cm. Diametro: 8,5 cm. Classe di Qualità: Non Dichiarata

Descrizione Macroscopica: Limo argilloso debolmente sabbioso marrone chiaro giallastro con venature marrone scuro.
 Presenta alcuni piccoli clasti e concrezioni carbonatiche

CARATTERISTICHE FISICHE DEL CAMPIONE

| | | |
|---|--------------------------|----------------------------------|
| Peso Specifico (*): 2,7 g/cm ³ | Limite del ritiro: - % | Contenuto Naturale Acqua: 9,96 % |
| Densità Naturale: 1,841 g/cm ³ | Limite Liquido: 32,26 % | Grado di Saturazione: 43,88 % |
| Densità secca: 1,674 g/cm ³ | Limite Plastico: 16,82 % | Indice di Attività: 0,643 |
| Densità satura: 2,054 g/cm ³ | Porosità: 0,38 % | Indice dei Vuoti: 0,613 |

Indice di Plasticità IP: 15,44

Indice di Consistenza IC: 1,444

Grado di Plasticità: Plastico

Stato: Solido

Class. Granulometrica (M.I.T.)
 Limo con Sabbia Argillosa

Class. Granulometrica (USCS):
 CL

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA


| cm. | Resistenza Pocket Kg/cm ² | Resist. Vanettest Kg/cm ² | Consistenza | Collocazione Prove Meccaniche |
|-----|---|---|---------------------------|-------------------------------|
| 10 | 0,8-0,9 | | MODERATAMENTE CONSISTENTE | |
| 20 | 6,2-6,3 | | ESTREMAMENTE CONSISTENTE | Edometrica |
| 30 | 6-6,1 | | ESTREMAMENTE CONSISTENTE | Taglio Diretto |
| 40 | - | | | |
| 50 | - | | | |
| 60 | - | | | |

(*)Ove non specificatamente richiesto, viene assegnato un peso specifico di 2,7 g/cm³

| | | | |
|----------------------------|--|--------------------------|--------------|
| N° Certificato: 4560118 | Committente: Terra Drilling Technology Srl | Consegna: 13/12/2017 | Sondaggio: 1 |
| Data: 08/01/2018 | Cantiere: Scuola A. Grandi | Apertura: 13/12/2017 | Campione: 1 |
| | | Inizio Prova: 13/12/2017 | da mt: 1,50 |
| | | Fine Prova: 22/12/2017 | a mt: 2,10 |

ANALISI GRANULOMETRICA

Raccomandazioni AGI 1997

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE

| | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------|----------|------------------------|----------|--------|----------|-------------------|----------------------|------|
| Ciottoli % | 0 | Ghiaia % | 1 | Sabbia % | 33 | Limo % | 42 | Argilla % | 24 |
| D10 (mm) | - | D30 (mm) | 0,0029 | D50 (mm) | 0,0158 | D60 (mm) | 0,0427 | Coeff. di Uniformità | - |
| Passante Setaccio 200 (%): | 72,950 | | Peso Netto Totale (g): | | 250 | | Diametro Max (mm) | | 4,76 |

CLASSIFICAZIONE

USCS: CL - Argille inorganiche di media plasticità.

AGI / ASTM: Limo con Sabbia Argillosa

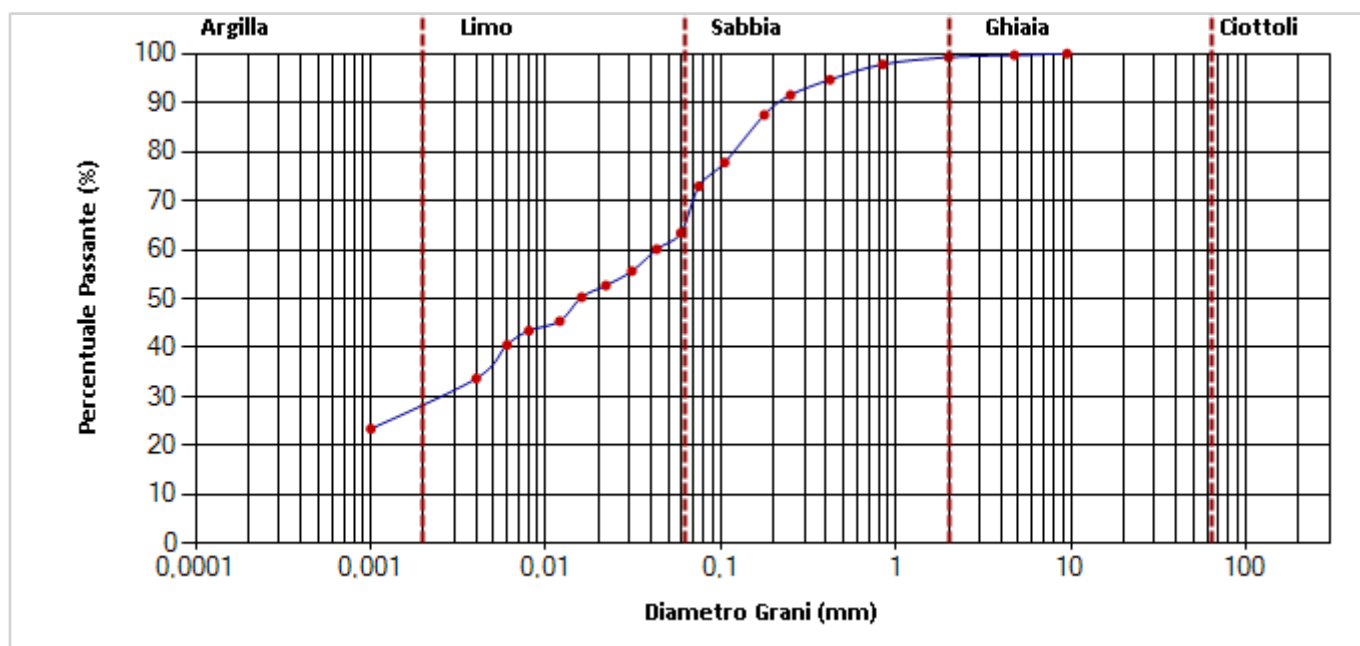
VAGLIATURA

| Setac. ASTM | Diam. (mm) | Peso (g) | Parz. P/S (%) | Passante (%) | Setac. ASTM | Diam. (mm) | Peso (g) | Parz. P/S (%) | Passante (%) |
|-------------|------------|----------|---------------|--------------|-------------|------------|----------|---------------|--------------|
| 4" | 101,5 | | | | 20 | 0,84 | 3,66 | 1,46 | 97,81 |
| 2" | 50,5 | | | | 35 | 0,5 | | | |
| 1" | 25,4 | | | | 40 | 0,42 | 7,79 | 3,12 | 94,69 |
| 1/2" | 12,7 | | | | 60 | 0,25 | 7,88 | 3,15 | 91,54 |
| 3/8" | 9,5 | | | | 80 | 0,177 | 10,11 | 4,04 | 87,5 |
| 4 | 4,76 | 0,78 | 0,31 | 99,69 | 140 | 0,105 | 24,33 | 9,73 | 77,77 |
| 10 | 2 | 1,06 | 0,42 | 99,27 | 200 | 0,075 | 12,05 | 4,82 | 72,95 |
| 18 | 1 | | | | 230 | 0,063 | | | |

SEDIMENTAZIONE

| Diametro (mm) | Passante (%) | Diametro (mm) | Passante (%) |
|---------------|--------------|---------------|--------------|
| 0,059 | 63,419 | 0,012 | 45,411 |
| 0,043 | 60,101 | 0,008 | 43,461 |
| 0,031 | 55,614 | 0,006 | 40,535 |
| 0,022 | 52,688 | 0,004 | 33,707 |
| 0,016 | 50,289 | 0,001 | 23,428 |

CURVA GRANULOMETRICA



| | | | |
|----------------------------|--|--------------------------|--------------|
| N° Certificato: 4560118 | Committente: Terra Drilling Technology Srl | Consegna: 13/12/2017 | Sondaggio: 1 |
| Data: 08/01/2018 | Cantiere: Scuola A. Grandi | Apertura: 13/12/2017 | Campione: 1 |
| | | Inizio Prova: 13/12/2017 | da mt: 1,50 |
| | | Fine Prova: 22/12/2017 | a mt: 2,10 |

LIMITI DI ATTERBERG

ASTM D4318-00

DATI SPERIMENTALI E RISULTATI (Limite Liquido)

| PLU (g) | PLS (g) | TARA (g) | UMIDITA' (%) | N.COLPI |
|---------|---------|----------|--------------|---------|
| 43,08 | 35,23 | 12,78 | 34,97 | 12 |
| 46,8 | 38,39 | 13,02 | 33,15 | 20 |
| 44,03 | 36,47 | 12,63 | 31,71 | 28 |

DATI SPERIMENTALI E RISULTATI (Limite Plastico)

| PLU (g) | PLS (g) | TARA (g) | UMIDITA' (%) |
|---------|---------|----------|--------------|
| 16,72 | 16,26 | 13,55 | 16,97 |
| 16,04 | 15,66 | 13,38 | 16,67 |

DIAGRAMMA N° COLPI / CONTENUTO ACQUA

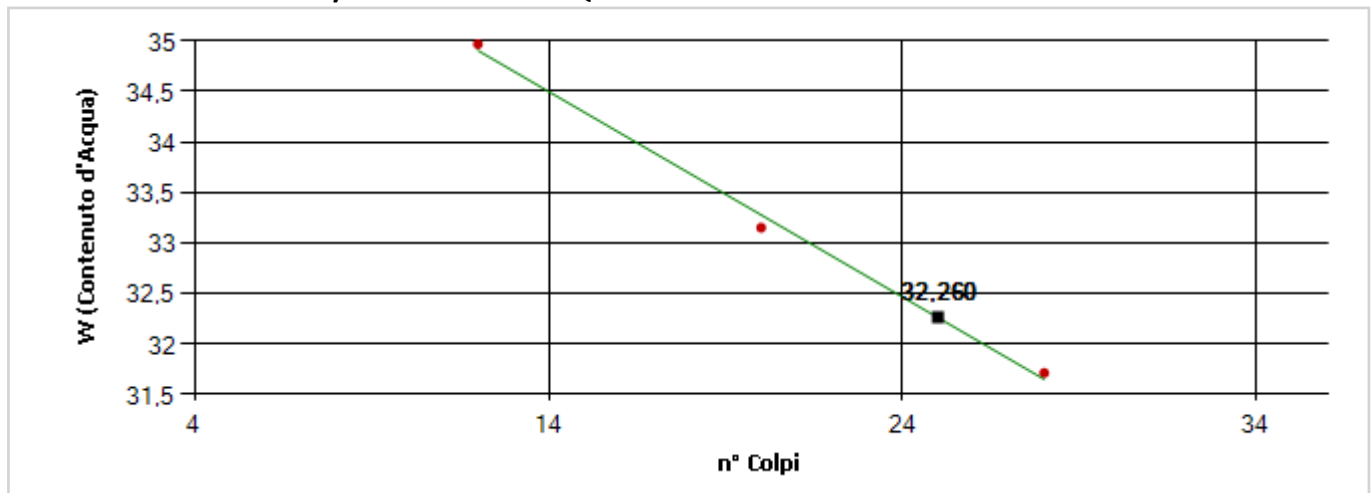
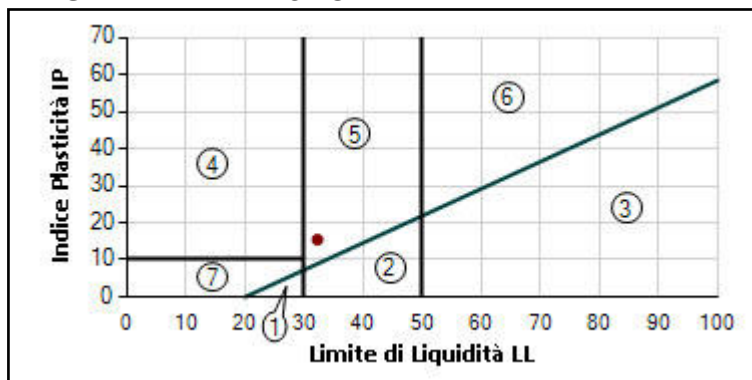


DIAGRAMMA DI PLASTICITA'



1. Limi Inorganici di Bassa Compressibilità
2. Limi Inorganici di Media Compressibilità
3. Limi Inorganici di Alta Compressibilità e Argille Organiche
4. Argille Inorganiche di Bassa Plasticità
5. Argille Inorganiche di Media Plasticità
6. Argille Inorganiche di Alta Plasticità
7. Terreni Incoerenti

| | | | | | | |
|------------------------------------|------|--|---|----------------------------------|------|-------|
| Limite di Liquidità | (LL) | 32,26 | % | Indice di Plasticità | (IP) | 15,44 |
| Limite di Plasticità | (LP) | 16,82 | % | Indice di Consistenza | (IC) | 1,444 |
| Limite di Ritiro | (LR) | - | % | Attività [IP / (% Peso Argilla)] | | 0,643 |
| Carta di Plasticità di Casagrande: | | Argille Inorganiche di Media Plasticità. | | | | |

| | | | |
|----------------------------|--|--------------------------|--------------|
| N° Certificato: 4560118 | Committente: Terra Drilling Technology Srl | Consegna: 13/12/2017 | Sondaggio: 1 |
| Data: 08/01/2018 | Cantiere: Scuola A. Grandi | Apertura: 13/12/2017 | Campione: 1 |
| | | Inizio Prova: 13/12/2017 | da mt: 1,50 |
| | | Fine Prova: 22/12/2017 | a mt: 2,10 |

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Raccomandazioni AGI 1997

CONDIZIONI INIZIALI E DATI RELATIVI ALLA CONSOLIDAZIONE ED ALLA FASE DI ROTTURA

| Prov. N. | Altezza H (cm) | Sezione A (cm ²) | Cont. Acq. W (%) | Densità Nat. Yn (g/cm ³) | CONSOLIDAZIONE 24H | | Velocità Def. (micron/min) | CARATTERISTICHE A ROTTURA | | | |
|----------|----------------|------------------------------|------------------|--------------------------------------|--------------------|-----------------|----------------------------|---------------------------|-----------------|--------------|----------------|
| | | | | | σ_v (Kpa) | δh (mm) | | σ_v (Kpa) | ϵ (mm) | τ (Kpa) | δT (h) |
| 1 | 2,00 | 36,51 | 11,02 | 1,794 | 100,00 | 0,38 | 4,00 | 100,00 | 1,78 | 54,29 | 7,41 |
| 2 | 2,00 | 36,51 | 9,16 | 1,831 | 200,00 | 0,45 | 4,00 | 200,00 | 3,52 | 111,70 | 14,67 |
| 3 | 2,00 | 36,51 | 10,50 | 1,795 | 300,00 | 0,90 | 4,00 | 300,00 | 4,49 | 161,70 | 18,71 |

DIAGRAMMA SFORZO DI TAGLIO - SCORRIMENTO ORIZZONTALE

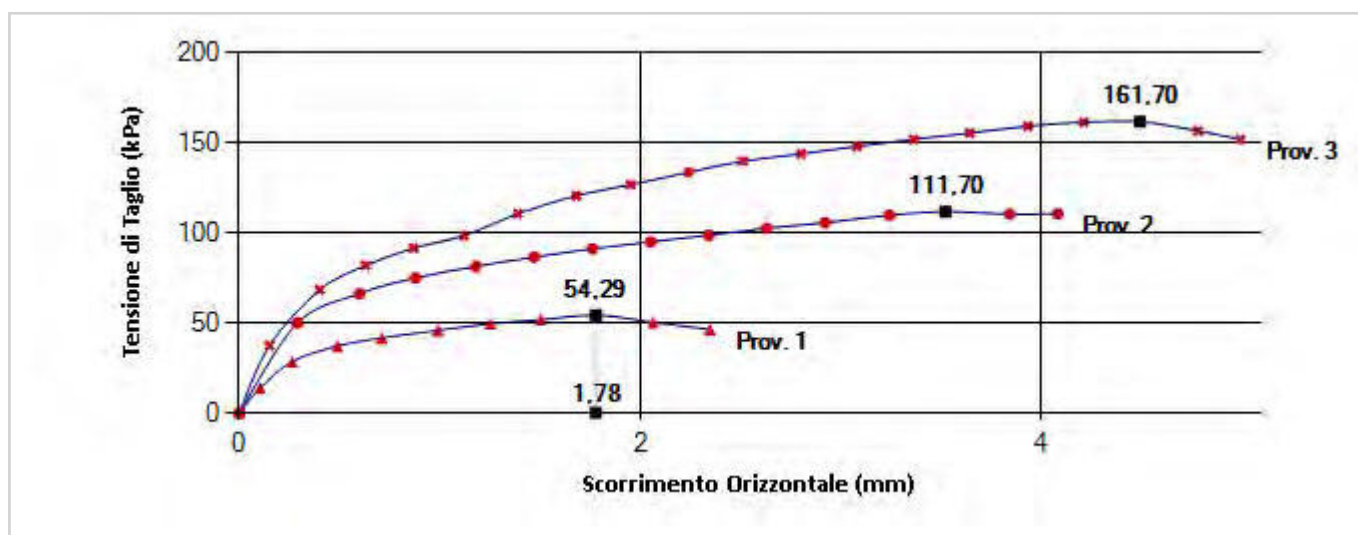
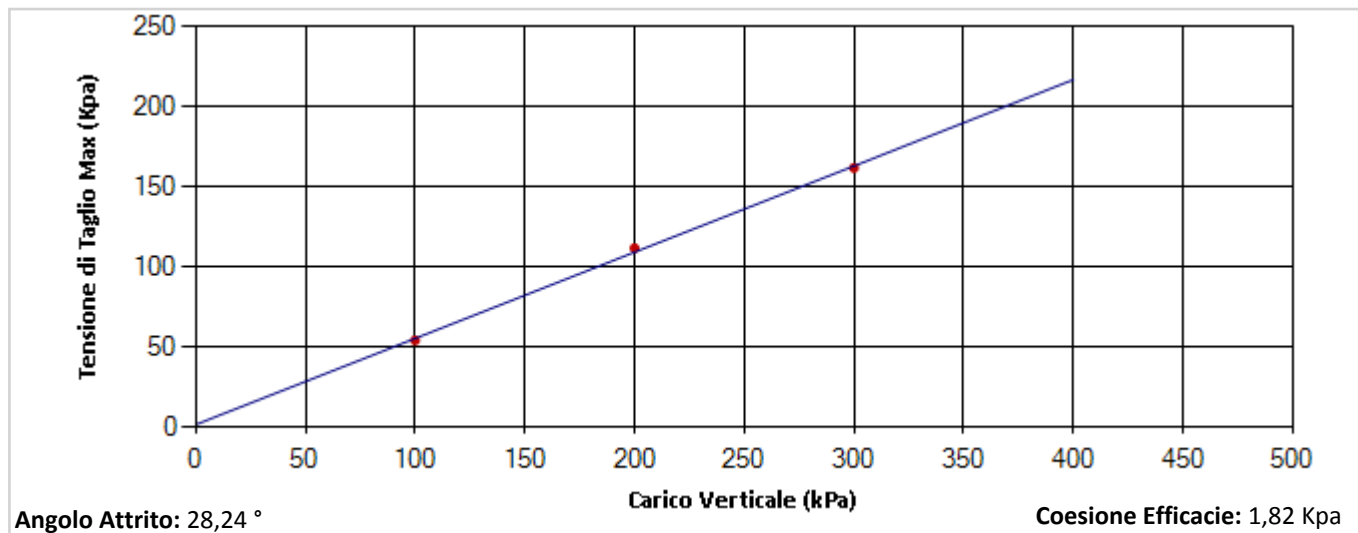


DIAGRAMMA SFORZO DI TAGLIO - CARICO VERTICALE



| | | | |
|----------------------------|--|--------------------------|--------------|
| N° Certificato: 4560118 | Committente: Terra Drilling Technology Srl | Consegna: 13/12/2017 | Sondaggio: 1 |
| Data: 08/01/2018 | Cantiere: Scuola A. Grandi | Apertura: 13/12/2017 | Campione: 1 |
| | | Inizio Prova: 13/12/2017 | da mt: 1,50 |
| | | Fine Prova: 22/12/2017 | a mt: 2,10 |

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Raccomandazioni AGI 1997

DATI SPERIMENTALI

PROVINO 1

| Tempo δT (h) | Deformaz. Verticale δh (mm) | Deformaz. Orizzont. ϵ (mm) | Sforzo di Taglio τ (Kpa) |
|-------------------------|---|---|-------------------------------------|
| 0,00 | 0,38 | 0 | 0,000 |
| 1,00 | - | 0,104 | 13,826 |
| 2,00 | - | 0,265 | 28,477 |
| 3,00 | - | 0,489 | 37,121 |
| 4,00 | - | 0,71 | 41,561 |
| 5,00 | - | 0,988 | 45,763 |
| 6,00 | - | 1,252 | 49,485 |
| 7,00 | - | 1,503 | 51,646 |
| 8,00 | - | 1,778 | 54,286 |
| 9,00 | - | 2,062 | 50,205 |
| 10,00 | - | 2,346 | 46,352 |

PROVINO 2

| Tempo δT (h) | Deformaz. Verticale δh (mm) | Deformaz. Orizzont. ϵ (mm) | Sforzo di Taglio τ (Kpa) |
|-------------------------|---|---|-------------------------------------|
| 0,00 | 0,45 | 0 | 0,000 |
| 1,00 | - | 0,29 | 49,926 |
| 2,00 | - | 0,6 | 66,217 |
| 3,00 | - | 0,88 | 75,010 |
| 4,00 | - | 1,18 | 81,320 |
| 5,00 | - | 1,47 | 86,491 |
| 6,00 | - | 1,76 | 91,120 |
| 7,00 | - | 2,05 | 94,922 |
| 8,00 | - | 2,34 | 98,620 |
| 9,00 | - | 2,63 | 102,525 |
| 10,00 | - | 2,92 | 105,577 |
| 11,00 | - | 3,24 | 109,773 |
| 12,00 | - | 3,52 | 111,695 |
| 13,00 | - | 3,84 | 110,386 |
| 13,75 | - | 4,08 | 110,567 |

PROVINO 3

| Tempo δT (h) | Deformaz. Verticale δh (mm) | Deformaz. Orizzont. ϵ (mm) | Sforzo di Taglio τ (Kpa) |
|-------------------------|---|---|-------------------------------------|
| 0,00 | 0,90 | 0 | 0,000 |
| 1,00 | - | 0,15 | 37,308 |
| 2,00 | - | 0,4 | 68,261 |
| 3,00 | - | 0,63 | 81,884 |
| 4,00 | - | 0,87 | 91,509 |
| 5,00 | - | 1,12 | 98,439 |
| 6,00 | - | 1,39 | 110,668 |
| 7,00 | - | 1,68 | 120,559 |
| 8,00 | - | 1,95 | 126,661 |
| 9,00 | - | 2,24 | 133,648 |
| 10,00 | - | 2,51 | 139,721 |
| 11,00 | - | 2,8 | 143,867 |
| 12,00 | - | 3,08 | 148,042 |
| 13,00 | - | 3,36 | 151,893 |
| 14,00 | - | 3,64 | 155,388 |
| 15,00 | - | 3,93 | 159,206 |
| 16,00 | - | 4,21 | 161,427 |
| 17,00 | - | 4,49 | 161,695 |
| 18,00 | - | 4,78 | 156,546 |
| 19,00 | - | 4,99 | 151,802 |

| | | | |
|----------------------------|--|--------------------------|--------------|
| N° Certificato: 4560118 | Committente: Terra Drilling Technology Srl | Consegna: 13/12/2017 | Sondaggio: 1 |
| Data: 08/01/2018 | Cantiere: Scuola A. Grandi | Apertura: 13/12/2017 | Campione: 1 |
| | | Inizio Prova: 13/12/2017 | da mt: 1,50 |
| | | Fine Prova: 22/12/2017 | a mt: 2,10 |

PROVA DI COMPRESIONE EDOMETRICA

Raccomandazioni AGI 1997

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

| | | | | | | | |
|------------------------|----------------------|-------|--------------------|-----------------------|----------------------|-------|----------------------|
| Sezione | A | 20,10 | (cm ²) | Peso di Volume | Y_n | 1,876 | (g/cm ³) |
| Altezza Iniziale | H | 2,00 | (cm) | Peso Specifico | Y_s | 2,7 | (g/cm ³) |
| Umidità Naturale Iniz. | W_n | 9,69 | (%) | Umidità Naturale Fin. | W_f | 13,82 | (%) |
| Indice Vuoti Iniziale | e₀ | 0,579 | (-) | Grado di Saturazione | S_r | 45,19 | (%) |

DATI SPERIMENTALI E RISULTATI

| Passo | Pressione Imposta | Tempo | Deformazione Assiale | Indice Vuoti | Modulo Edometrico | Coefficiente Compressibilità | Coefficiente Consolidazione | Coefficiente Permeabilità | Consolidaz. Secondaria |
|-----------|----------------------------|--------------|----------------------|--------------|-----------------------------|------------------------------|---|---------------------------|--------------------------|
| N. | σ₁ (kPa) | t (h) | δ (mm) | e (-) | E_{ed} (MPa) | m_v (1/MPa) | C_v (cm²/sec) | k (cm/sec) | C_α (%) |
| 1 | 36,58 | 24 | 0,34 | 0,574 | 10,760 | 0,093 | - | - | - |
| 2 | 48,78 | 24 | 0,465 | 0,572 | 9,756 | 0,103 | - | - | - |
| 3 | 97,56 | 24 | 1,135 | 0,561 | 7,280 | 0,137 | - | - | - |
| 4 | 195,12 | 24 | 2,74 | 0,536 | 6,078 | 0,165 | - | - | - |
| 5 | 390,23 | 24 | 5,025 | 0,5 | 8,539 | 0,117 | - | - | - |
| 6 | 780,46 | 24 | 8,7 | 0,442 | 10,618 | 0,094 | - | - | - |
| 7 | 1.560,92 | 24 | 12,375 | 0,384 | 21,237 | 0,047 | - | - | - |
| 8 | 390,23 | 24 | 11,695 | 0,394 | - | - | - | - | - |
| 9 | 97,56 | 24 | 10,475 | 0,414 | - | - | - | - | - |
| 10 | 36,58 | 24 | 9,775 | 0,425 | - | - | - | - | - |

| | | | |
|---------------------------|--|--------------------------|--------------|
| N° Certiicato: 4560118 | Committente: Terra Drilling Technology Srl | Consegna: 13/12/2017 | Sondaggio: 1 |
| Data: 08/01/2018 | Cantiere: Scuola A. Grandi | Apertura: 13/12/2017 | Campione: 1 |
| | | Inizio Prova: 13/12/2017 | da mt: 1,50 |
| | | Fine Prova: 22/12/2017 | a mt: 2,10 |

PROVA DI COMPRESIONE EDOMETRICA

Raccomandazioni AGI 1997

DIAGRAMMA CARICHI - DEFORMAZIONE

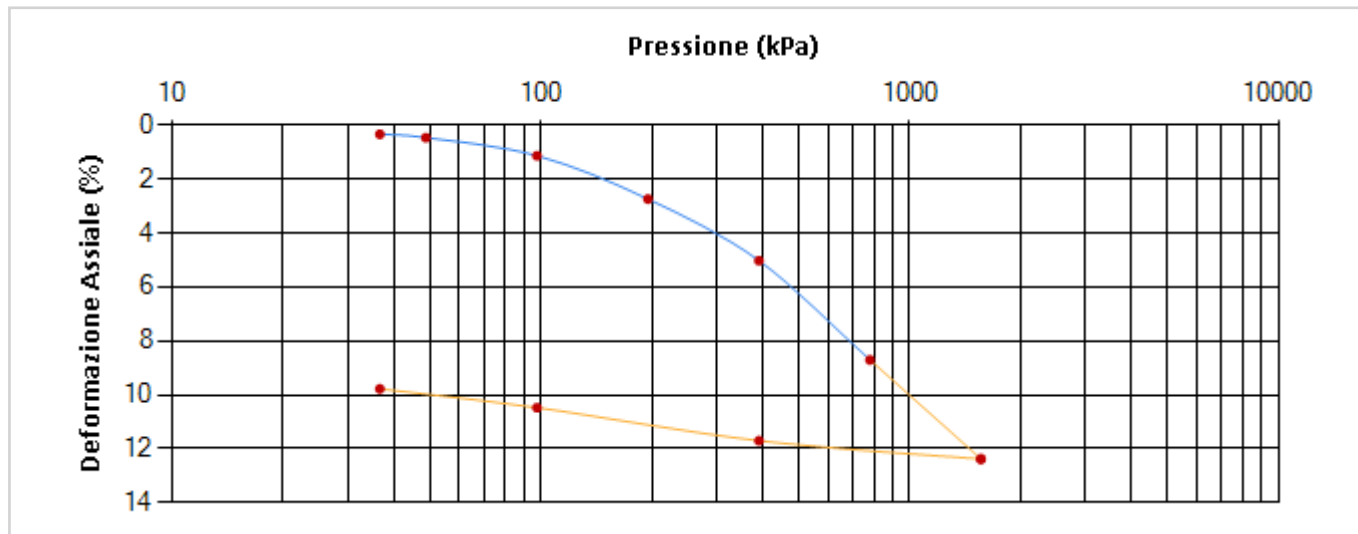
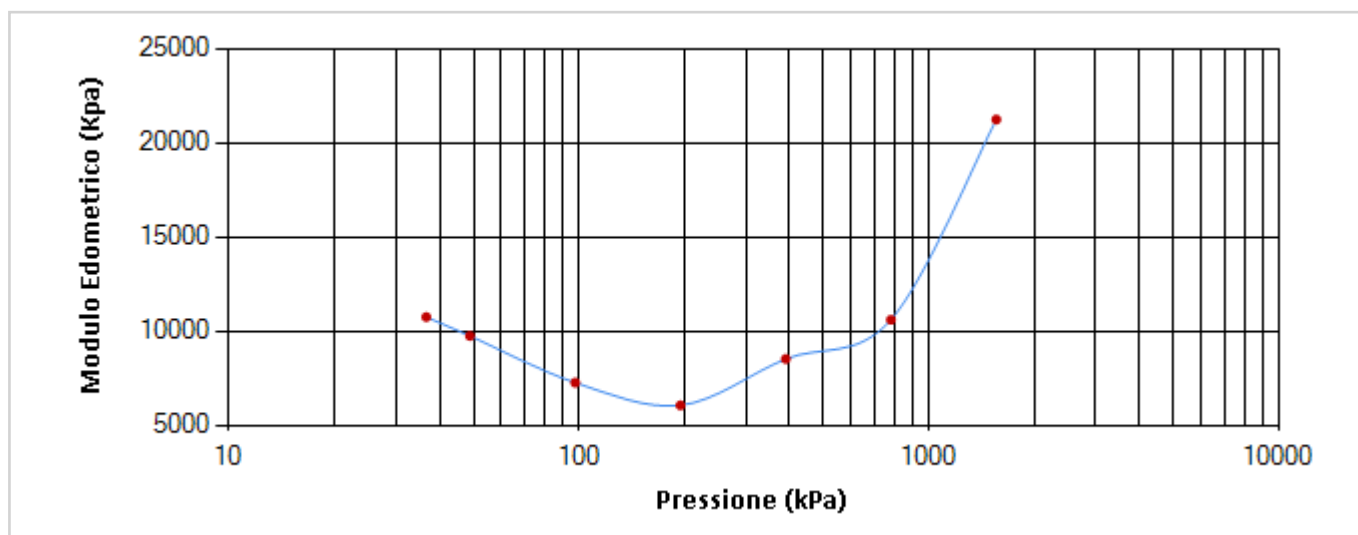


DIAGRAMMA CARICHI - MODULO EDOMETRICO

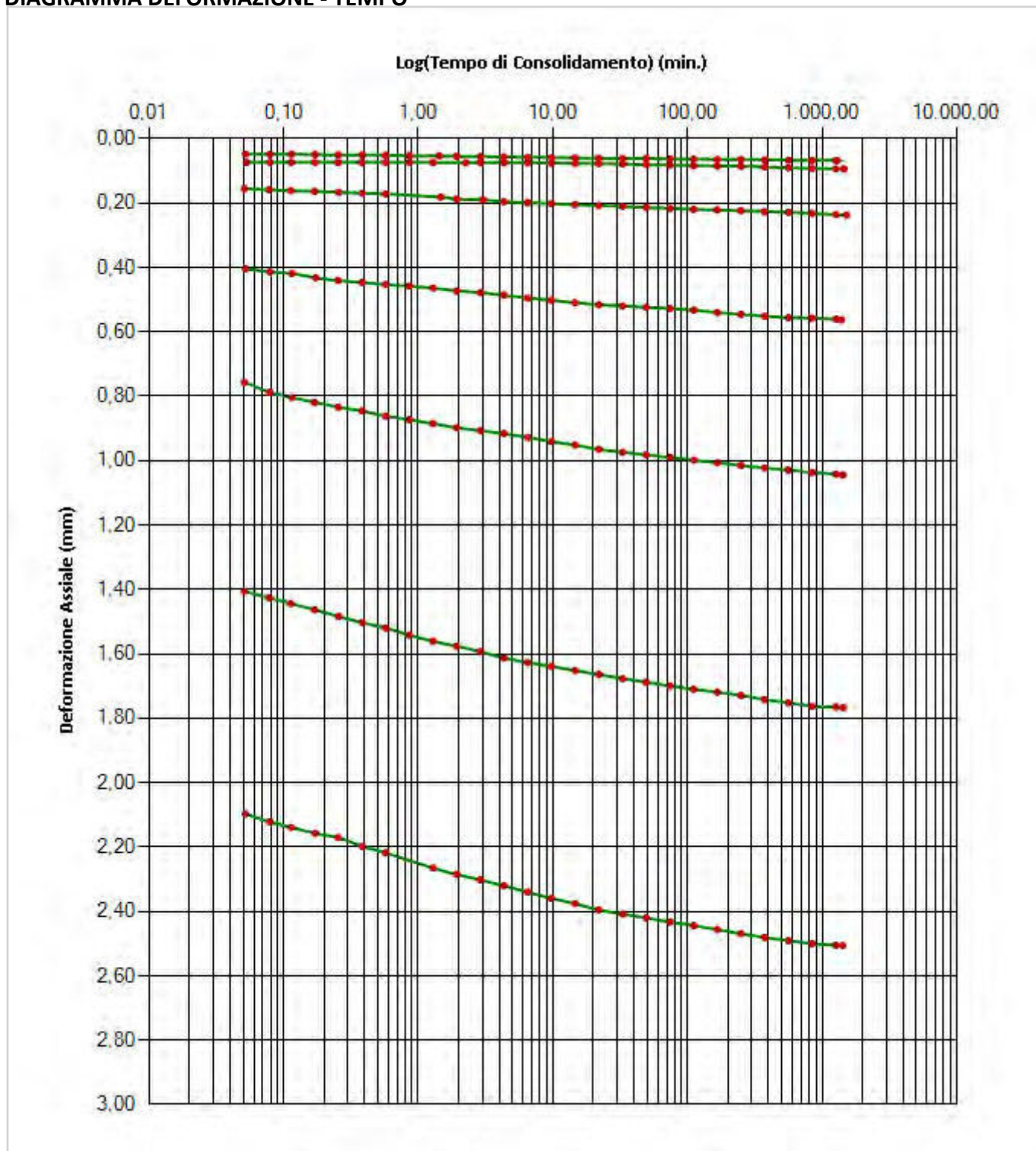


| | | | |
|----------------------------|--|--------------------------|--------------|
| N° Certificato: 4560118 | Committente: Terra Drilling Technology Srl | Consegna: 13/12/2017 | Sondaggio: 1 |
| Data: 08/01/2018 | Cantiere: Scuola A. Grandi | Apertura: 13/12/2017 | Campione: 1 |
| | | Inizio Prova: 13/12/2017 | da mt: 1,50 |
| | | Fine Prova: 22/12/2017 | a mt: 2,10 |

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Raccomandazioni AGI 1997

DIAGRAMMA DEFORMAZIONE - TEMPO



| | | | |
|----------------------------|--|--------------------------|--------------|
| N° Certificato: 4560118 | Committente: Terra Drilling Technology Srl | Consegna: 13/12/2017 | Sondaggio: 1 |
| Data: 08/01/2018 | Cantiere: Scuola A. Grandi | Apertura: 13/12/2017 | Campione: 1 |
| | | Inizio Prova: 13/12/2017 | da mt: 1,50 |
| | | Fine Prova: 22/12/2017 | a mt: 2,10 |

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Raccomandazioni AGI 1997

PASSO: 1 Metodo Usato: Casagrande

| Tempo (min) | Cedimento(mm) | Tempo (min) | Cedimento | Tempo (min) | Cedimento | Tempo (min) | Cedimento | Tempo (min) | Cedimento |
|-------------|---------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| 0,052 | 0,048 | 0,57 | 0,052 | 6,488 | 0,058 | 73,896 | 0,063 | 841,706 | 0,068 |
| 0,079 | 0,049 | 0,858 | 0,053 | 9,735 | 0,059 | 110,846 | 0,064 | 1262,559 | 0,068 |
| 0,114 | 0,049 | 1,433 | 0,054 | 14,599 | 0,06 | 166,264 | 0,065 | 1290,715 | 0,068 |
| 0,171 | 0,05 | 1,923 | 0,055 | 21,896 | 0,061 | 249,396 | 0,065 | | |
| 0,254 | 0,051 | 2,886 | 0,056 | 32,844 | 0,062 | 374,093 | 0,066 | | |
| 0,382 | 0,051 | 4,326 | 0,057 | 49,267 | 0,062 | 561,14 | 0,067 | | |

PASSO: 2 Metodo Usato: Casagrande

| Tempo (min) | Cedimento(mm) | Tempo (min) | Cedimento | Tempo (min) | Cedimento | Tempo (min) | Cedimento | Tempo (min) | Cedimento |
|-------------|---------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| 0,053 | 0,074 | 0,573 | 0,074 | 6,489 | 0,075 | 73,898 | 0,082 | 841,706 | 0,093 |
| 0,079 | 0,074 | 0,857 | 0,074 | 9,736 | 0,076 | 110,843 | 0,084 | 1262,559 | 0,094 |
| 0,114 | 0,074 | 1,284 | 0,074 | 14,6 | 0,077 | 166,264 | 0,085 | 1450,533 | 0,094 |
| 0,171 | 0,074 | 2,244 | 0,075 | 21,895 | 0,078 | 249,395 | 0,086 | | |
| 0,254 | 0,074 | 2,886 | 0,075 | 32,846 | 0,079 | 374,094 | 0,088 | | |
| 0,38 | 0,074 | 4,328 | 0,075 | 49,265 | 0,081 | 561,141 | 0,091 | | |

PASSO: 3 Metodo Usato: Casagrande

| Tempo (min) | Cedimento(mm) | Tempo (min) | Cedimento | Tempo (min) | Cedimento | Tempo (min) | Cedimento | Tempo (min) | Cedimento |
|-------------|---------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| 0,051 | 0,156 | 0,571 | 0,172 | 9,735 | 0,202 | 110,842 | 0,22 | 1262,562 | 0,236 |
| 0,078 | 0,159 | 1,473 | 0,182 | 14,6 | 0,205 | 166,265 | 0,222 | 1513,741 | 0,238 |
| 0,113 | 0,162 | 1,922 | 0,188 | 21,897 | 0,208 | 249,398 | 0,224 | | |
| 0,17 | 0,164 | 3,017 | 0,19 | 32,846 | 0,211 | 374,094 | 0,227 | | |
| 0,257 | 0,167 | 4,329 | 0,196 | 49,264 | 0,214 | 561,14 | 0,229 | | |
| 0,383 | 0,17 | 6,488 | 0,199 | 73,896 | 0,217 | 841,709 | 0,232 | | |

PASSO: 4 Metodo Usato: Casagrande

| Tempo (min) | Cedimento(mm) | Tempo (min) | Cedimento | Tempo (min) | Cedimento | Tempo (min) | Cedimento | Tempo (min) | Cedimento |
|-------------|---------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| 0,052 | 0,404 | 0,571 | 0,453 | 6,489 | 0,495 | 73,898 | 0,528 | 841,707 | 0,558 |
| 0,079 | 0,414 | 0,854 | 0,458 | 9,732 | 0,502 | 110,846 | 0,533 | 1262,56 | 0,561 |
| 0,115 | 0,419 | 1,285 | 0,464 | 14,597 | 0,51 | 166,265 | 0,54 | 1383,75 | 0,563 |
| 0,173 | 0,432 | 1,924 | 0,473 | 21,899 | 0,516 | 249,398 | 0,546 | | |
| 0,253 | 0,441 | 2,886 | 0,478 | 32,843 | 0,52 | 374,095 | 0,552 | | |
| 0,383 | 0,447 | 4,329 | 0,487 | 49,265 | 0,524 | 561,138 | 0,556 | | |

PASSO: 5 Metodo Usato: Casagrande

| Tempo (min) | Cedimento(mm) | Tempo (min) | Cedimento | Tempo (min) | Cedimento | Tempo (min) | Cedimento | Tempo (min) | Cedimento |
|-------------|---------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| 0,051 | 0,756 | 0,574 | 0,862 | 6,488 | 0,928 | 73,898 | 0,99 | 841,706 | 1,037 |
| 0,079 | 0,788 | 0,858 | 0,873 | 9,732 | 0,941 | 110,844 | 0,999 | 1262,561 | 1,042 |
| 0,115 | 0,804 | 1,285 | 0,885 | 14,597 | 0,952 | 166,267 | 1,007 | 1422,478 | 1,045 |
| 0,169 | 0,819 | 1,925 | 0,898 | 21,899 | 0,965 | 249,397 | 1,015 | | |
| 0,254 | 0,834 | 2,887 | 0,907 | 32,846 | 0,974 | 374,093 | 1,023 | | |
| 0,383 | 0,846 | 4,325 | 0,916 | 49,266 | 0,982 | 561,138 | 1,029 | | |

PASSO: 6 Metodo Usato: Casagrande

| Tempo (min) | Cedimento(mm) | Tempo (min) | Cedimento | Tempo (min) | Cedimento | Tempo (min) | Cedimento | Tempo (min) | Cedimento |
|-------------|---------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| 0,051 | 1,406 | 0,57 | 1,52 | 6,491 | 1,627 | 73,895 | 1,7 | 841,71 | 1,763 |
| 0,078 | 1,426 | 0,857 | 1,542 | 9,734 | 1,639 | 110,845 | 1,71 | 1262,563 | 1,765 |
| 0,113 | 1,444 | 1,282 | 1,561 | 14,598 | 1,652 | 166,267 | 1,719 | 1427,54 | 1,767 |
| 0,17 | 1,463 | 1,923 | 1,576 | 21,897 | 1,664 | 249,396 | 1,729 | | |
| 0,257 | 1,484 | 2,885 | 1,593 | 32,844 | 1,677 | 374,093 | 1,742 | | |
| 0,383 | 1,503 | 4,325 | 1,613 | 49,266 | 1,688 | 561,14 | 1,752 | | |

PASSO: 7 Metodo Usato: Casagrande

| Tempo (min) | Cedimento(mm) | Tempo (min) | Cedimento | Tempo (min) | Cedimento | Tempo (min) | Cedimento | Tempo (min) | Cedimento |
|-------------|---------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| 0,052 | 2,097 | 0,571 | 2,218 | 9,735 | 2,359 | 110,844 | 2,444 | 1262,561 | 2,505 |
| 0,079 | 2,122 | 1,284 | 2,265 | 14,6 | 2,376 | 166,263 | 2,456 | 1417,585 | 2,506 |
| 0,114 | 2,139 | 1,927 | 2,285 | 21,895 | 2,395 | 249,395 | 2,469 | | |
| 0,171 | 2,157 | 2,885 | 2,302 | 32,843 | 2,408 | 374,094 | 2,481 | | |
| 0,254 | 2,171 | 4,327 | 2,32 | 49,266 | 2,42 | 561,138 | 2,491 | | |
| 0,384 | 2,198 | 6,491 | 2,34 | 73,895 | 2,433 | 841,709 | 2,5 | | |

ALLEGATO D

Report indagini geofisiche – MASW e HVSR

ANALISI MICROTREMORIA STAZIONE SINGOLA HVSR
Scuola via Vaglia - Tolentino (MC)

| | |
|---------------|--|
| Dicembre 2017 | |
|---------------|--|

RAPPORTO MICROTREMORI HVSR

Le vibrazioni sismiche ambientali (rumore sismico) sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-2} mm (Okada, 2003). Le misure puntuali di rumore sismico possono essere utilizzate per la stima degli effetti di sito (funzione di amplificazione),

Tra i diversi metodi per l'analisi delle misure di rumore sismico quello che sembra fornire i risultati migliori - quello dei Rapporti spettrali H/V noto anche come metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) o metodo di Nakamura.

La tecnica H/V consiste nel calcolo del rapporto degli spettri di Fourier del rumore nel piano orizzontale H (generalmente lo spettro H viene calcolato come media degli spettri di Fourier delle componenti orizzontali NS ed EW) e della componente verticale V. Si calcola in questo modo la frequenza di risonanza del sito. La risonanza - dovuta all'intrappolamento delle onde tra due superfici in cui si verifica una variazione di impedenza acustica (\neq) (Castellaro 2008).



Fig. 1 - Postazione

Strumentazione:

Le misure di microtremore ambientale sono state effettuate per mezzo di un tromografo digitale portatile progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (Sara electronics SR04S3, 10 x 7 x 14 cm per 1 kg di peso) · dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticale.

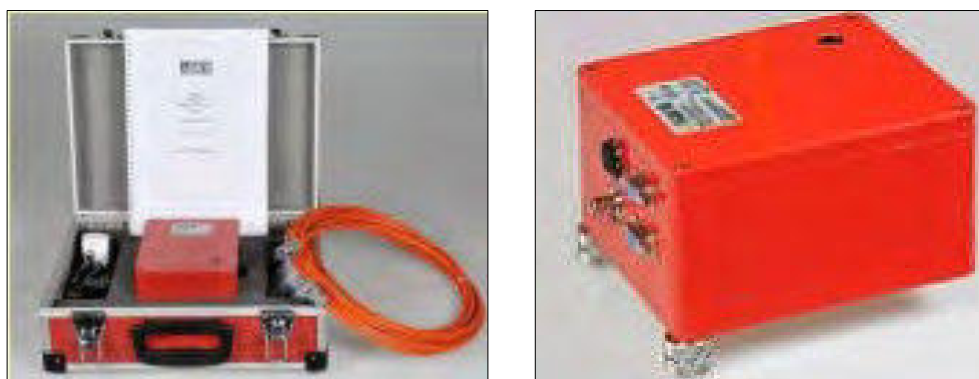


Fig.2 - Strumento

Caratteristiche tecniche dello strumento:

| | |
|--------------------------|---|
| Alimentazione | 10 - 16 Vdc o dabatteria interna < 1W |
| Numero canali | 3 da 24 bit |
| Range dinamico | 124 dB (144 dB, 24 bit effettivi tra 0,1 e 10 Hz) |
| Campionamento | Simultaneo sui 3 canali |
| Sampling rates | 10 - 600 Hz |
| Interfaccia dati sismici | RS232, cavo USB in dotazione |
| Formato dati | Protocollo binario SADC20HS |
| Velocità | 115200 baud |
| Temperatura operativa | Da - 30 a + 60 °C |
| Dimensioni | 155 x 140 x 110 mm |
| Peso | 3.1 Kg |
| Sensori | 4.5 Hz |
| Conformità | CE (EN55022, EN55011) |

Acquisizione dati

Dati Rilevati:

Le registrazioni del rumore sismico ambientale sono state registrate nel territorio Comunale di Tolentino (MC), il giorno 20/12/2017. Sono stati registrati n. 1 set di dati da 30 minuti.

In fase di acquisizione dati sono state prese in considerazione le raccomandazioni delle linee guida SESAME (Site EffectS assessment using AMbient Excitations) European research project, del 2005.

| Type of parameter | Main recommendations | |
|---------------------------------|--|--|
| Recording duration | Minimum expected f_0 [Hz] | Recommended minimum recording duration [min] |
| | 0.2 | 30' |
| | 0.5 | 20' |
| | 1 | 10' |
| | 2 | 5' |
| | 5 | 3' |
| | 10 | 2' |
| Measurement spacing | → <u>Microzonation</u> : start with a large spacing (for example a 500 m grid) and, in case of lateral variation of the results, densify the grid point spacing, down to 250 m, for example. → <u>Single site response</u> : never use a single measurement point to derive an f_0 value, make at least three measurement points. | |
| Recording parameters | → level the sensor as recommended by the manufacturer. → fix the gain level at the maximum possible without signal saturation. | |
| In situ soil-sensor coupling | → set the sensor down directly on the ground, whenever possible. → avoid setting the sensor on "soft grounds" (mud, ploughed soil, tall grass, etc.), or soil saturated after rain. | |
| Artificial soil-sensor coupling | → avoid plates from "soft" materials such as foam rubber, cardboard, etc. → on steep slopes that do not allow correct sensor levelling, install the sensor in a sand pile or in a container filled with sand. → on snow or ice, install a metallic or wooden plate or a container filled with sand to avoid sensor tilting due to local melting. | |
| Nearby structures | → Avoid recording near structures such as buildings, trees, etc. in case of wind blowing (faster than approx. 5 m/s). It may strongly influence H/V results by introducing some low frequencies in the curves → Avoid measuring above underground structures such as car parks, pipes, sewer lids, etc. | |
| Weather conditions | → <u>Wind</u> : Protect the sensor from the wind (faster than approx. 5 m/s). This only helps if there are no nearby structures. → <u>Rain</u> : avoid measurements under heavy rain. Slight rain has no noticeable influence. → <u>Temperature</u> : check sensor and recorder manufacturer's instructions. → <u>Meteorological perturbations</u> : indicate on the field sheet whether the measurements are performed during a low-pressure meteorological event. | |
| Disturbances | → <u>Monochromatic sources</u> : avoid measurements near construction machines, industrial machines, pumps, generators, etc. → <u>Transients</u> : In case of transients (steps, cars,...), increase the recording duration to allow for enough windows for the analysis, after transient removal. | |

Criteria SESAME

I rapporti HV sono stati ricavati secondo la procedura descritta in Castellaro et al. (2005). L'elaborazione dei dati di campagna è stata effettuata con software Geopsy versione 2.9. Tutte le registrazioni sono state elaborate e confrontate tra loro sia nei rapporti H/V che nei rapporti spettrali. Dalle comparazioni non sono state rilevate differenze sostanziali nei risultati. Il processing dei dati è stato il medesimo per tutte le registrazioni, tenendo conto delle raccomandazioni delle linee guida SESAME (Site EffectS assessment using AMbient Excitations) European research project, del 2005. Di seguito si riportano i <<Criteria for a reliable HV SR curve>> ossia i criteri da tener conto al fine di ottenere una curva affidabile.

| | |
|--|---|
| <p>Criteria for a reliable H/V curve</p> <p>i) $f_0 > 10 / l_w$ and</p> <p>ii) $n_c(f_0) > 200$ and</p> <p>iii) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ or $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$</p> | <ul style="list-style-type: none"> • l_w = window length • n_w = number of windows selected for the average H/V curve • $n_c = l_w \cdot n_w \cdot f_0$ = number of significant cycles • f = current frequency • f_{sensor} = sensor cut-off frequency • f_0 = H/V peak frequency • σ_f = standard deviation of H/V peak frequency ($f_0 \pm \sigma_f$) • $\epsilon(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_f < \epsilon(f_0)$ • A_0 = H/V peak amplitude at frequency f_0 • $A_{H/V}(f)$ = H/V curve amplitude at frequency f • f^- = frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ • f^+ = frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ • $\sigma_A(f)$ = "standard deviation" of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided • $\sigma_{\log H/V}(f)$ = standard deviation of the $\log A_{H/V}(f)$ curve, $\sigma_{\log H/V}(f)$ is an absolute value which should be added to or subtracted from the mean $\log A_{H/V}(f)$ curve • $\theta(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ • $V_{s,av}$ = average S-wave velocity of the total deposits • $V_{s,surf}$ = S-wave velocity of the surface layer • h = depth to bedrock • h_{min} = lower-bound estimate of h |
| <p>Criteria for a clear H/V peak (at least 5 out of 6 criteria fulfilled)</p> <p>i) $\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$</p> <p>ii) $\exists f^+ \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$</p> <p>iii) $A_0 > 2$</p> <p>iv) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$</p> <p>v) $\sigma_f < \epsilon(f_0)$</p> <p>vi) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$</p> | |

| Threshold Values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$ | | | | | |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|
| Frequency range [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
| $\epsilon(f_0)$ [Hz] | $0.25 f_0$ | $0.20 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| $\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

SESAME HV User Guidelines (2005) - (2. DIAGRAMS FOR INTERPRETATION OF HV RESULTS -2.1 Criteria for reliability of results_pag.10)

Affinchè sia possibile ottenere una curva affidabile è necessario tener conto del valore minimo della lunghezza delle finestre che si vanno a considerare nel processing (l_w) e del numero minimo di finestre, in modo tale da non ottenere una curva che sia al di sotto della minima durata del segnale utile, cosicchè da non processare un segnale in aliasing temporale.

| f_0 [Hz] | Minimum value for l_w [s] | Minimum number of significant cycles (n_s) | Minimum number of windows | Minimum useful signal duration [s] | Recommended minimum record duration [min] |
|------------|-----------------------------|--|---------------------------|------------------------------------|---|
| 0.2 | 50 | 200 | 10 | 1000 | 30' |
| 0.5 | 20 | 200 | 10 | 400 | 20' |
| 1 | 10 | 200 | 10 | 200 | 10' |
| 2 | 5 | 200 | 10 | 100 | 5' |
| 5 | 5 | 200 | 10 | 40 | 3' |
| 10 | 5 | 200 | 10 | 20 | 2' |

SESAME H/V User Guidelines (2005) - (1.2 Experimental conditions_pag.18)

Di seguito si riportano i termini considerati nella scelta dell'elaborazioni al fine di ottenere uno spettro H/V affidabile:

| Codice della stazione microtremore a stazione singola | Valore della larghezza delle finestre l_w [s] | Numero di finestre selezionate n_w | Lunghezza temporale della durata del segnale utile [s] (depauperato del 5%) |
|---|---|--------------------------------------|---|
| T1 | 20 | 31 | 589 > 400 |

| Codice della stazione microtremore a stazione singola | f_0 [Hz] | I Condizione $f_0 > 10/l_w$ | II Condizione N_c (numero significativo di cicli) $N_c(f_0) > 200$ con $N_c = l_w \cdot \Delta n_w \cdot f_0$ |
|---|------------|-----------------------------|---|
| T1 | 2.67 | $F_0 > 0.5$ | $N_c > 200$ |

Sono state effettuate le seguenti scelte in fase di processing, per avere uno spettro H/V poco scatterato, per tutte le elaborazioni delle registrazioni:

- Tipologia di smoothing function dello spettro di Fourier

Konno - Ohmachi (raccomandata dalle linee guida SESAME)

$$\left(\frac{\sin(b \log_{10}(\frac{f}{f_c}))}{b \log_{10}(\frac{f}{f_c})} \right)^4$$

dove :

f · la frequenza,

f_c · la frequenza centrata,

$b = 40$ ed \cdot il coefficiente di bandwidth (scelta dell'operatore)

- Utilizzando un `cosine taper` sullo spettro di Fourier pari al 15%

Frequenza di campionamento pari a 300 Hz per ogni curva generata in una scala logaritmica tra 0,5 Hz e 25 Hz.

Elaborazione

| Name | Component | Time reference | Start time | End time | Sampling frequency | dt | N samples | Duration | Rec x | Rec y | Rec z | Type |
|-------------------------------------|-----------|---------------------|------------|----------|--------------------|----------------|-----------|--------------|-------|-------|-------|----------|
| tolentino scuola via vaglia_2012201 | Vertical | 20/12/2017 00:00:00 | 9h1m | 9h31m | 300 | 0.003333333333 | 540000 | 30m0.000000s | 0 | 0 | 0 | Waveform |
| tolentino scuola via vaglia_2012201 | North | 20/12/2017 00:00:00 | 9h1m | 9h31m | 300 | 0.003333333333 | 540000 | 30m0.000000s | 0 | 0 | 0 | Waveform |
| tolentino scuola via vaglia_2012201 | East | 20/12/2017 00:00:00 | 9h1m | 9h31m | 300 | 0.003333333333 | 540000 | 30m0.000000s | 0 | 0 | 0 | Waveform |

Tab. 1 - durata registrazione 30 minuti

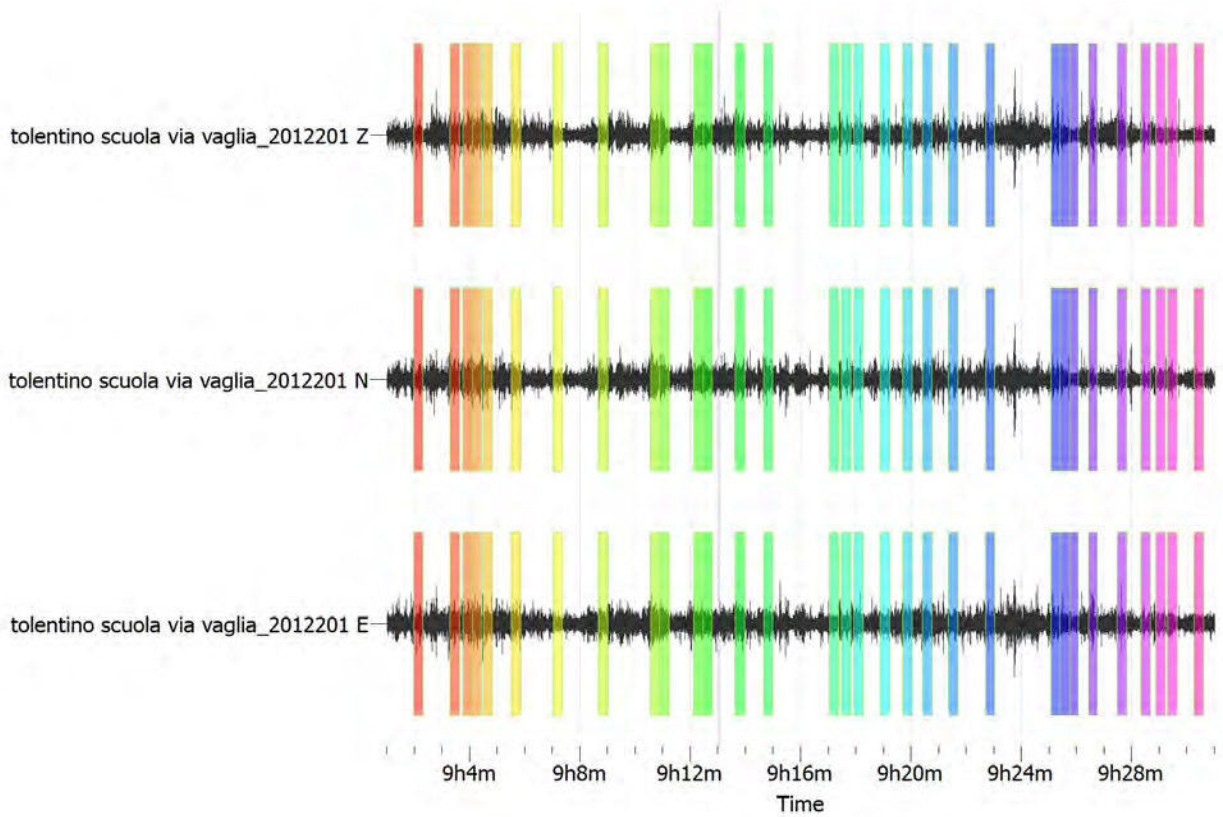


Figura 3 - segnale acquisito e relativa selezione delle finestre.

GRAFICO RAPPORTO HVSR

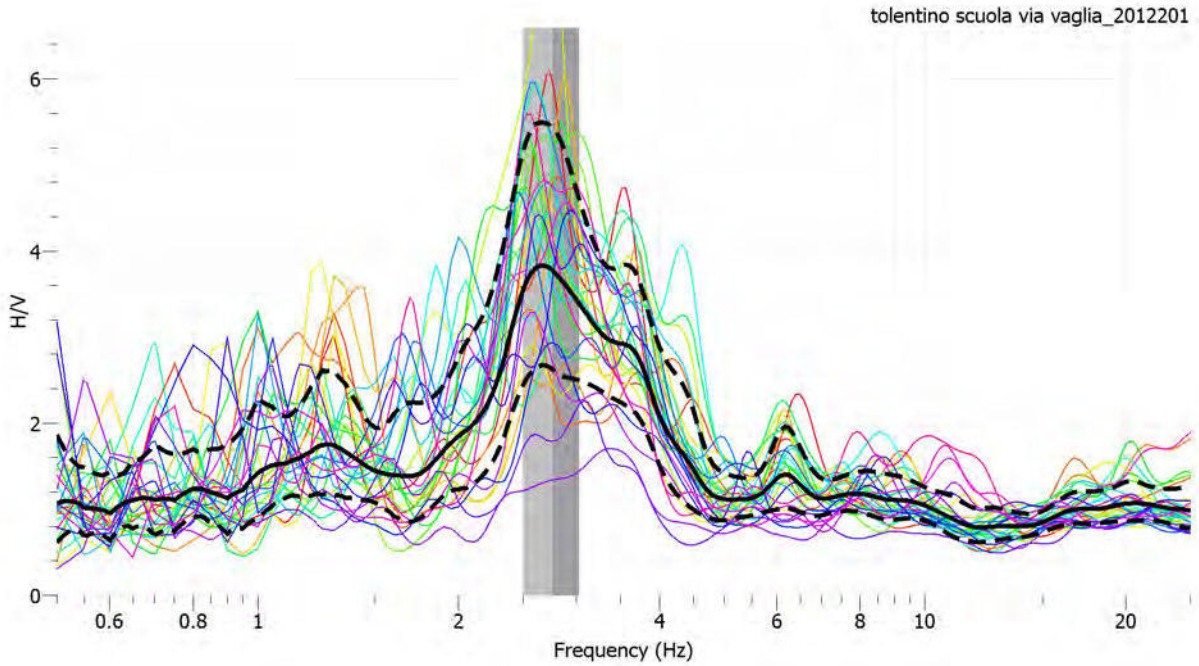


Figura 4 - Rapporto H/V

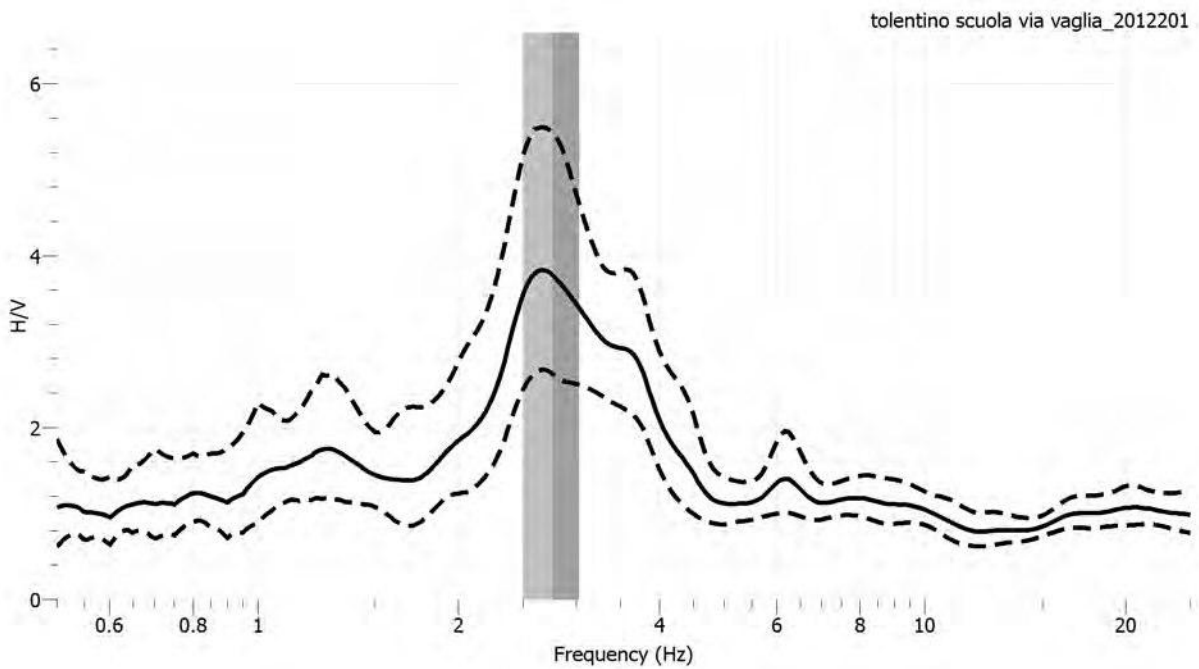


Figura 5 - Deviazione standard (linea tratteggiata), media (linea continua).

In relazione all'intervallo di frequenze considerato (0.5-25Hz), si è evidenziato un picco di frequenza a $f_0=2.67\text{Hz}$ con ampiezza $A_0= 3,77(H/V)$.

Valutazione della stazionarietà e della direzionalità del rapporto H/V.

La valutazione della stazionarietà e della direzionalità del rapporto H/V permette di capire se la curva H/V calcolata è generata da un segnale che proviene in modo uniforme da tutte le direzioni e se si mantiene stabile nel corso di tutta la durata dell'indagine.

Nella verificare la stabilità del rapporto H/V lungo tutta la durata dell'indagine, i singoli rapporti H/V correlati ciascuno ad una finestra temporale dovrebbero essere più simili possibile, specie per quanto riguarda la frequenza a cui si manifesta il picco, o i picchi, di ampiezza del rapporto.

La direzionalità del rapporto H/V è invece l'informazione riguardante la direzione di provenienza del segnale sul semipiano orizzontale, che può aiutare a rilevare l'eventuale situazione non desiderabile in cui si ha la polarizzazione del segnale lungo una certa direttrice.

Il risultato finale è un grafico (fig.6), ottenuto dalla produzione di un rapporto H/V per ogni 10° di rotazione, che riporta sulle ascisse la frequenza, sulle ordinate la rotazione e in cui il colore rappresenta l'ampiezza del rapporto.

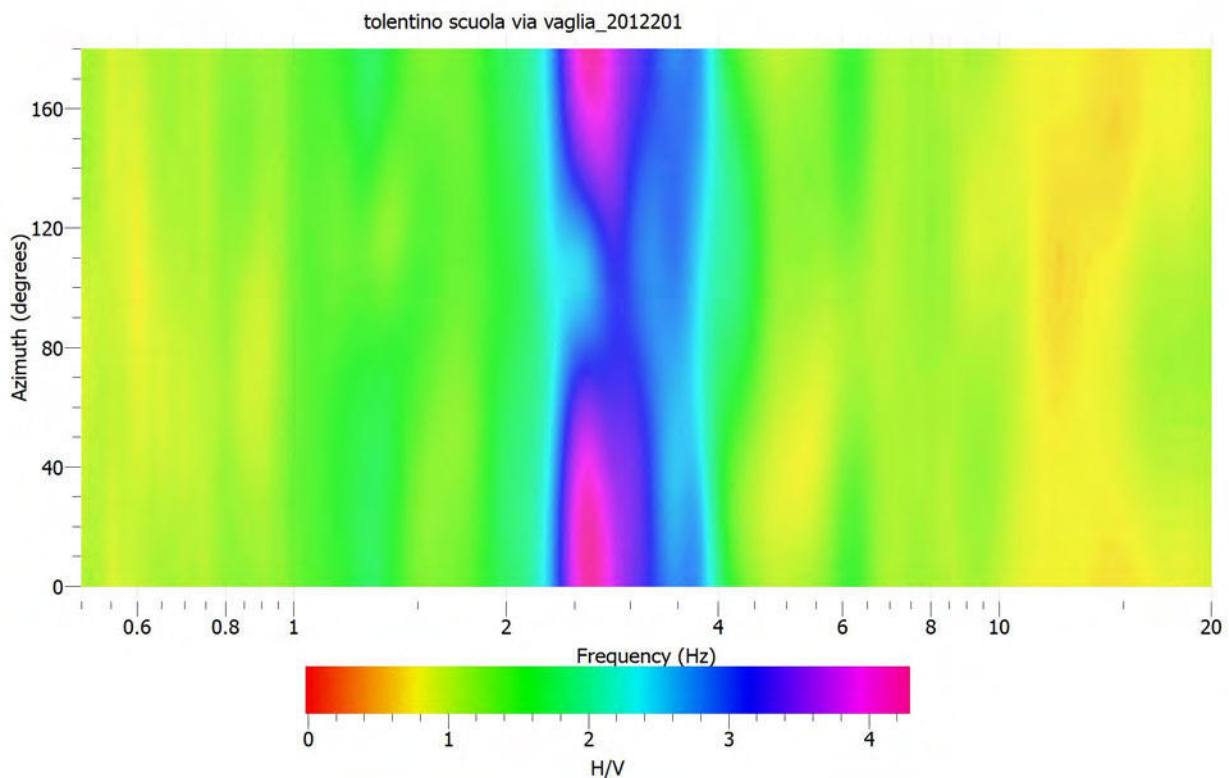


Fig. 6 - Rotazione del rapporto H/V.

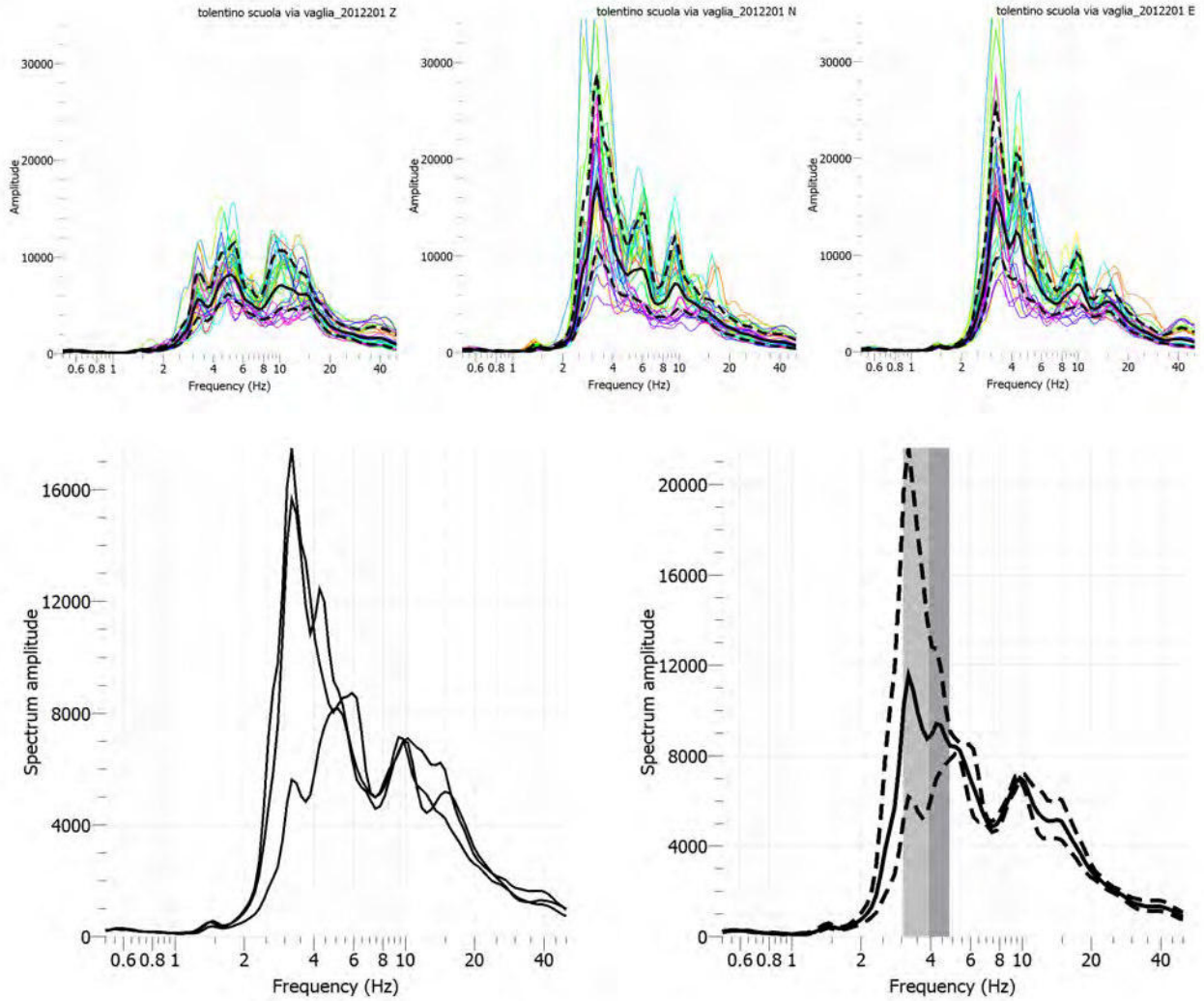


Fig. 7 - Spettri di frequenza delle singole componenti e Spectrum summary che raggruppa gli spettri medi delle singole componenti

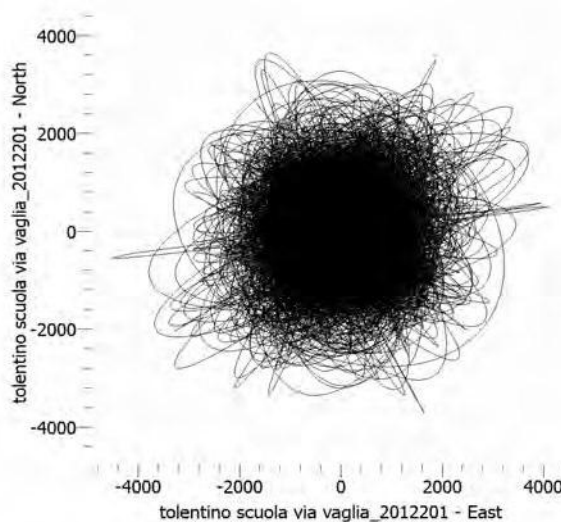


Figura 8 - Rappresentazione, su di un piano, della risultante delle 3 componenti del segnale registrato tramite Particle Motion di Geopsy.

ALLEGATO E

Database macrosismico anno 2015 INGV

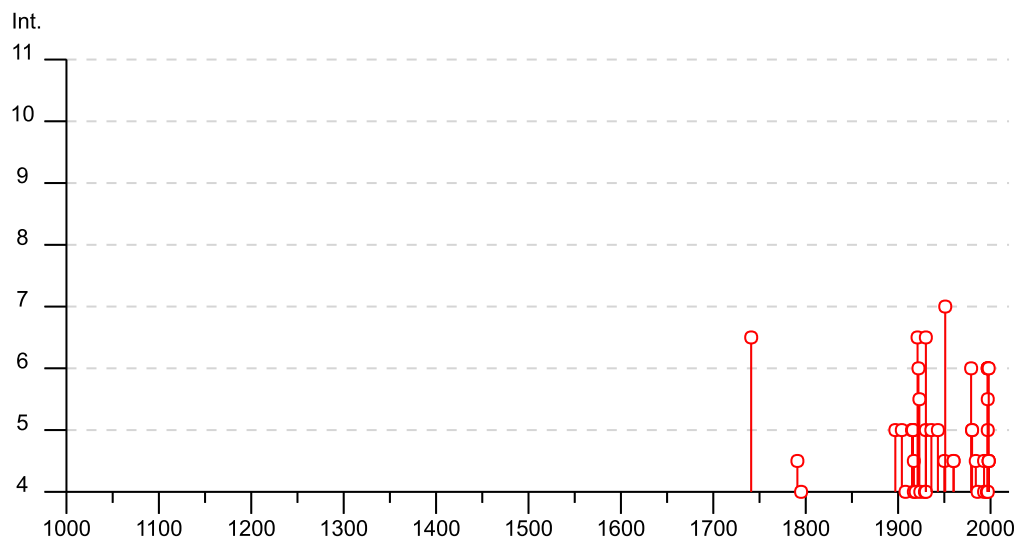
Tolentino

PlaceID IT_52142
 Coordinate (lat, lon) 43.210, 13.283
 Comune (ISTAT 2015) Tolentino
 Provincia Macerata
 Regione Marche
 Numero di eventi riportati 76

| Effetti | | In occasione del terremoto del | | | | | | | | | |
|---------|------|--------------------------------|----|----|----|----|-----------------------------|------|------|------|--|
| Int. | Anno | Me | Gi | Ho | Mi | Se | Area epicentrale | NMDP | Io | Mw | |
| 3-4 | 1672 | 04 | 14 | 15 | 45 | | Riminese | 92 | 8 | 5.59 | |
| F | 1703 | 01 | 14 | 18 | | | Valnerina | 197 | 11 | 6.92 | |
| F | 1703 | 01 | 16 | 13 | 30 | | Appennino laziale-abruzzese | 22 | | | |
| F | 1703 | 02 | 02 | 11 | 05 | | Aquilano | 69 | 10 | 6.67 | |
| 6-7 | 1741 | 04 | 24 | 09 | 20 | | Fabrianese | 135 | 9 | 6.17 | |
| 4-5 | 1791 | 10 | 11 | 13 | 05 | | Appennino umbro-marchigiano | 54 | 8 | 5.57 | |
| 4 | 1795 | 06 | 19 | 23 | 30 | | Maceratese | 17 | 6 | 4.70 | |
| 5 | 1897 | 09 | 21 | | | | Marche settentrionali | 44 | 7 | 5.40 | |
| F | 1903 | 11 | 02 | 21 | 52 | | Valnerina | 33 | 6 | 4.81 | |
| 5 | 1904 | 09 | 02 | 11 | 21 | | Maceratese | 59 | 5-6 | 4.63 | |
| NF | 1906 | 02 | 05 | 16 | 34 | | Valnerina | 55 | 5 | 4.41 | |
| 4 | 1908 | 03 | 17 | 03 | 59 | | Marche meridionali | 54 | 5-6 | 4.61 | |
| NF | 1910 | 06 | 29 | 13 | 52 | | Valnerina | 58 | 7 | 4.93 | |
| 2 | 1910 | 12 | 22 | 12 | 34 | | Monti della Laga | 19 | 5 | 4.30 | |
| 3 | 1910 | 12 | 26 | 16 | 30 | | Monti della Laga | 50 | 5-6 | 4.56 | |
| 2 | 1911 | 02 | 19 | 07 | 18 | 3 | Forlivese | 181 | 7 | 5.26 | |
| 3 | 1911 | 03 | 20 | 15 | 47 | | Forlivese | 25 | 6 | 5.09 | |
| 5 | 1915 | 01 | 13 | 06 | 52 | 4 | Marsica | 1041 | 11 | 7.08 | |
| 5 | 1916 | 05 | 17 | 12 | 50 | | Riminese | 132 | 8 | 5.82 | |
| 5 | 1916 | 08 | 16 | 07 | 06 | 1 | Riminese | 257 | 8 | 5.82 | |
| 5 | 1916 | 11 | 16 | 06 | 35 | | Alto Reatino | 40 | 8 | 5.50 | |
| 4-5 | 1917 | 03 | 21 | 00 | 30 | | Monti Sibillini | 21 | 5 | 4.44 | |
| 3 | 1917 | 04 | 26 | 09 | 35 | 5 | Alta Valtiberina | 134 | 9-10 | 5.99 | |
| 4 | 1917 | 11 | 05 | 22 | 47 | | Costa anconetana | 26 | 6 | 5.22 | |
| 4 | 1919 | 06 | 29 | 15 | 06 | 1 | Mugello | 565 | 10 | 6.38 | |
| 6-7 | 1921 | 08 | 28 | 10 | 45 | | Monti Sibillini | 12 | 7 | 4.66 | |
| 6 | 1922 | 06 | 08 | 07 | 47 | | Valle del Chienti | 47 | 6 | 4.73 | |
| 5-6 | 1923 | 07 | 12 | 20 | 49 | | Marche meridionali | 20 | 5 | 4.28 | |
| 4 | 1924 | 01 | 02 | 08 | 55 | 1 | Senigallia | 76 | 7-8 | 5.48 | |
| 3 | 1927 | 08 | 16 | 00 | 53 | | Valnerina | 17 | 6 | 4.57 | |
| 4 | 1929 | 01 | 22 | 10 | 06 | 5 | Marche Centrali | 20 | 5-6 | 4.40 | |
| 4 | 1930 | 04 | 07 | 17 | 17 | 1 | Monti Sibillini | 28 | 5-6 | 4.50 | |
| 3-4 | 1930 | 07 | 23 | 00 | 08 | | Irpinia | 547 | 10 | 6.67 | |

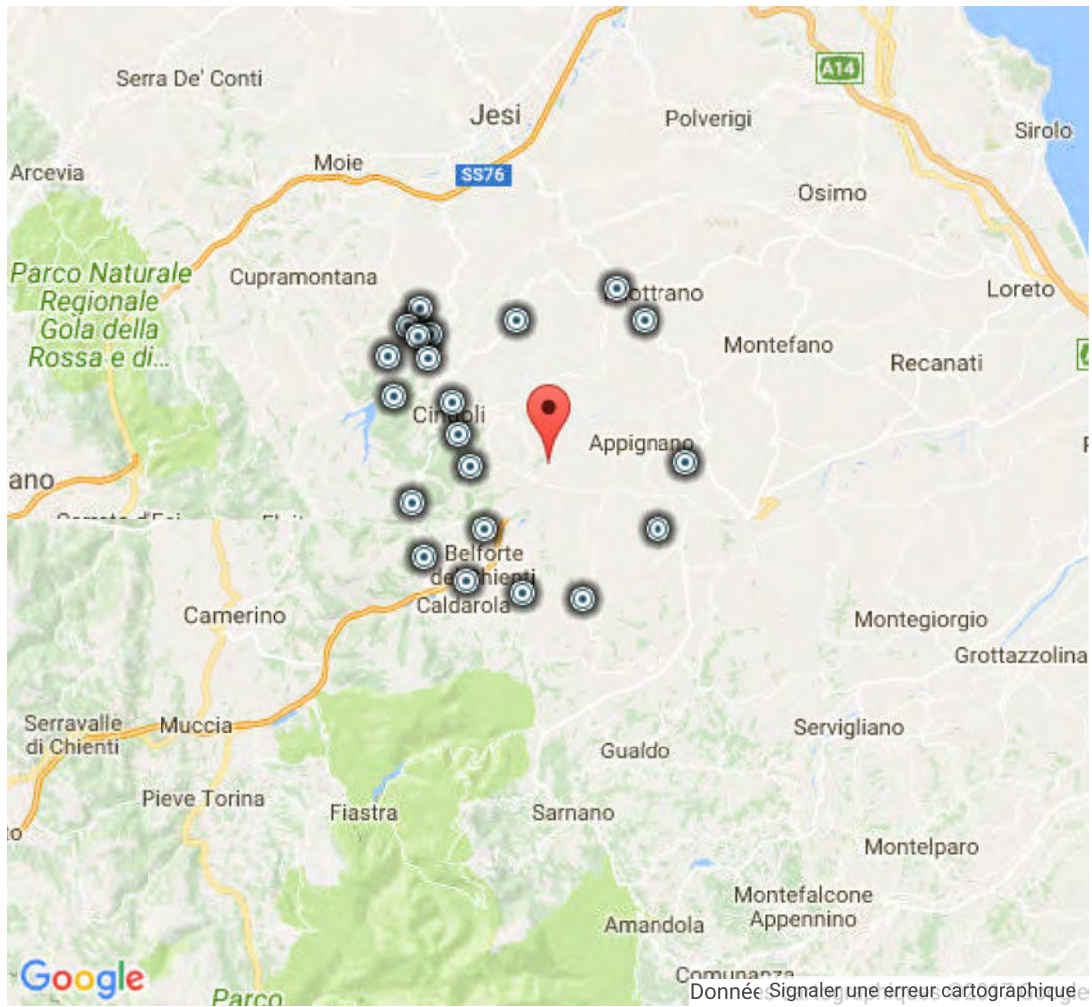
| Effetti | | In occasione del terremoto del | | | | | | | | | |
|---------|------|--------------------------------|----|----|----|----|-----------------------------|------|-----|------|--|
| Int. | Anno | Me | Gi | Ho | Mi | Se | Area epicentrale | NMDP | Io | Mw | |
| 5 | 1930 | 08 | 04 | 15 | 02 | 2 | Marche meridionali | 24 | 5-6 | 4.44 | |
| 6-7 | 1930 | 10 | 30 | 07 | 13 | | Senigallia | 268 | 8 | 5.83 | |
| 5 | 1936 | 12 | 09 | 07 | 34 | | Caldarola | 31 | 6-7 | 4.76 | |
| 3 | 1940 | 10 | 16 | 13 | 17 | | Val di Paglia | 106 | 7-8 | 5.29 | |
| 5 | 1943 | 10 | 03 | 08 | 28 | 2 | Ascolano | 170 | 8 | 5.67 | |
| 3 | 1950 | 09 | 03 | 22 | 41 | 2 | Ascolano | 5 | 5-6 | 4.40 | |
| 4-5 | 1950 | 09 | 05 | 04 | 08 | | Gran Sasso | 386 | 8 | 5.69 | |
| 7 | 1951 | 09 | 01 | | | | Monti Sibillini | 80 | 7 | 5.25 | |
| NF | 1957 | 11 | 11 | 21 | 40 | | Costa anconetana | 50 | 5 | 4.50 | |
| 3-4 | 1958 | 06 | 24 | 06 | 07 | | Aquilano | 222 | 7 | 5.04 | |
| 4-5 | 1960 | 02 | 24 | 01 | 51 | | Appennino umbro-marchigiano | 25 | 5 | 4.32 | |
| 4-5 | 1960 | 03 | 16 | 01 | 52 | 4 | Monti della Laga | 81 | 5 | 4.44 | |
| F | 1962 | 10 | 05 | 23 | 00 | 4 | Appennino maceratese | 16 | 5-6 | 4.35 | |
| 6 | 1979 | 09 | 19 | 21 | 35 | 3 | Valnerina | 694 | 8-9 | 5.83 | |
| 5 | 1980 | 02 | 28 | 21 | 04 | 4 | Valnerina | 146 | 6 | 4.97 | |
| 5 | 1980 | 05 | 24 | 20 | 16 | 0 | Monti Sibillini | 58 | 5-6 | 4.48 | |
| 3 | 1980 | 11 | 23 | 18 | 34 | 5 | Irpinia-Basilicata | 1394 | 10 | 6.81 | |
| 4-5 | 1984 | 04 | 29 | 05 | 02 | 5 | Umbria settentrionale | 709 | 7 | 5.62 | |
| 3 | 1984 | 05 | 07 | 17 | 50 | | Monti della Meta | 912 | 8 | 5.86 | |
| 2-3 | 1984 | 05 | 11 | 10 | 41 | 4 | Monti della Meta | 342 | 7 | 5.47 | |
| 4 | 1986 | 10 | 13 | 05 | 10 | 0 | Monti Sibillini | 322 | 5-6 | 4.46 | |
| 3-4 | 1989 | 09 | 11 | 02 | 46 | 2 | Marche meridionali | 60 | 5 | 4.04 | |
| 4-5 | 1993 | 06 | 04 | 21 | 36 | 5 | Valle del Topino | 90 | 5-6 | 4.39 | |
| 4 | 1993 | 06 | 05 | 19 | 16 | 1 | Valle del Topino | 326 | 6 | 4.72 | |
| 3-4 | 1995 | 12 | 30 | 15 | 22 | 0 | Fermano | 106 | 5 | 4.19 | |
| 3-4 | 1996 | 01 | 01 | 12 | 21 | 4 | Maceratese | 91 | 5-6 | 4.20 | |
| 4 | 1996 | 01 | 22 | 18 | 37 | 4 | Fermano | 76 | 5 | 3.96 | |
| 4 | 1997 | 09 | 03 | 22 | 07 | 2 | Appennino umbro-marchigiano | 62 | 6 | 4.54 | |
| 6 | 1997 | 09 | 26 | 00 | 33 | 1 | Appennino umbro-marchigiano | 760 | 7-8 | 5.66 | |
| 6 | 1997 | 09 | 26 | 09 | 40 | 2 | Appennino umbro-marchigiano | 869 | 8-9 | 5.97 | |
| 5 | 1997 | 10 | 03 | 08 | 55 | 2 | Appennino umbro-marchigiano | 490 | | 5.22 | |
| 6 | 1997 | 10 | 06 | 23 | 24 | 5 | Appennino umbro-marchigiano | 437 | | 5.47 | |
| 5-6 | 1997 | 10 | 14 | 15 | 23 | 1 | Valnerina | 786 | | 5.62 | |
| 3-4 | 1997 | 10 | 23 | 08 | 58 | 4 | Appennino umbro-marchigiano | 56 | | 3.86 | |
| 3-4 | 1997 | 11 | 09 | 19 | 07 | 3 | Valnerina | 180 | | 4.87 | |
| 4-5 | 1998 | 02 | 07 | 00 | 59 | 4 | Appennino umbro-marchigiano | 62 | | 4.41 | |
| 4-5 | 1998 | 03 | 21 | 16 | 45 | 0 | Appennino umbro-marchigiano | 141 | | 5.00 | |
| 6 | 1998 | 03 | 26 | 16 | 26 | 1 | Appennino umbro-marchigiano | 409 | | 5.26 | |
| 4-5 | 1998 | 04 | 05 | 15 | 52 | 2 | Appennino umbro-marchigiano | 395 | | 4.78 | |
| 2-3 | 1998 | 06 | 02 | 23 | 11 | 2 | Appennino umbro-marchigiano | 83 | | 4.25 | |
| 3 | 2005 | 04 | 12 | 00 | 31 | 5 | Maceratese | 131 | 4 | 3.74 | |

| Effetti | | In occasione del terremoto del | | | | | | | | | |
|---------|------|--------------------------------|----|----|----|----|------------------|------|----|------|--|
| Int. | Anno | Me | Gi | Ho | Mi | Se | Area epicentrale | NMDP | Io | Mw | |
| 3 | 2005 | 12 | 15 | 13 | 28 | 3 | Val Nerina | 350 | 5 | 4.14 | |
| 3-4 | 2006 | 10 | 21 | 07 | 04 | 1 | Anconetano | 287 | 5 | 4.21 | |



Località vicine (entro 10km)

| Località | EQs | Distanza (km) |
|---------------------------|-----|---------------|
| Carpignano | 1 | 5 |
| Cusiano | 1 | 5 |
| Parolito | 1 | 6 |
| Belforte del Chienti | 54 | 6 |
| Berta | 1 | 7 |
| Urbisaglia | 31 | 8 |
| Granali | 1 | 8 |
| Colmurano | 29 | 8 |
| Pollenza | 34 | 8 |
| Serrapetrona | 40 | 9 |
| Barbiato | 1 | 9 |
| San Severino Marche | 83 | 9 |
| Camporotondo di Fiastrone | 26 | 9 |
| Passo di Treia | 4 | 9 |
| Cesolo | 1 | 9 |
| Serrone | 1 | 9 |
| Caldarola | 79 | 9 |
| Borgiano | 2 | 10 |
| Gagliannuovo | 1 | 10 |
| Fontecupa | 1 | 10 |
| Colmone | 1 | 10 |



ALLEGATO F

Calcolo parametri sismici GEOSTRU

Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS** <http://www.geostru.com/geoapp>

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione:StabilitaDeiPendiiEFondazioni

Sito in esame.

latitudine: 43,209007 [°]

longitudine: 13,275879 [°]

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

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

| | ID | Latitudine [°] | Longitudine [°] | Distanza [m] |
|--------|-------|----------------|-----------------|--------------|
| Sito 1 | 22751 | 43,184610 | 13,215800 | 5574,7 |
| Sito 2 | 22752 | 43,184750 | 13,284370 | 2783,7 |
| Sito 3 | 22530 | 43,234760 | 13,284190 | 2941,7 |
| Sito 4 | 22529 | 43,234610 | 13,215560 | 5656,3 |

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 75 anni

Coefficiente cu: 1,5

| | Prob. superamento [%] | Tr [anni] | ag [g] | Fo [-] | Tc* [s] |
|--------------------------------|-----------------------|-----------|--------|--------|---------|
| Operatività (SLO) | 81 | 45 | 0,068 | 2,472 | 0,287 |
| Danno (SLD) | 63 | 75 | 0,084 | 2,469 | 0,299 |
| Salvaguardia della vita (SLV) | 10 | 712 | 0,202 | 2,480 | 0,339 |
| Prevenzione dal collasso (SLC) | 5 | 1462 | 0,259 | 2,512 | 0,345 |

Coefficienti Sismici

| | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | Kh [-] | Kv [-] | Amax [m/s ²] | Beta [-] |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------------|----------|
| SLO | 1,500 | 1,580 | 1,000 | 0,020 | 0,010 | 1,005 | 0,200 |
| SLD | 1,500 | 1,560 | 1,000 | 0,025 | 0,013 | 1,241 | 0,200 |
| SLV | 1,400 | 1,500 | 1,000 | 0,079 | 0,040 | 2,776 | 0,280 |
| SLC | 1,310 | 1,490 | 1,000 | 0,095 | 0,048 | 3,328 | 0,280 |

Geostru software - www.geostru.com

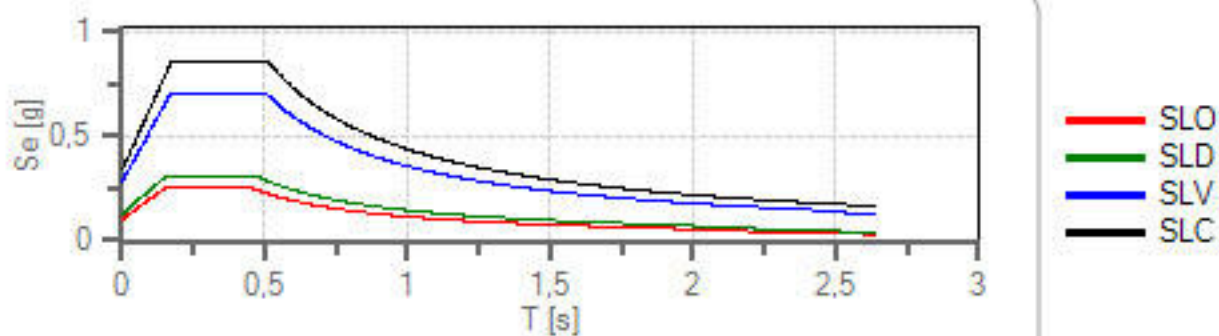
Spettri di risposta

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

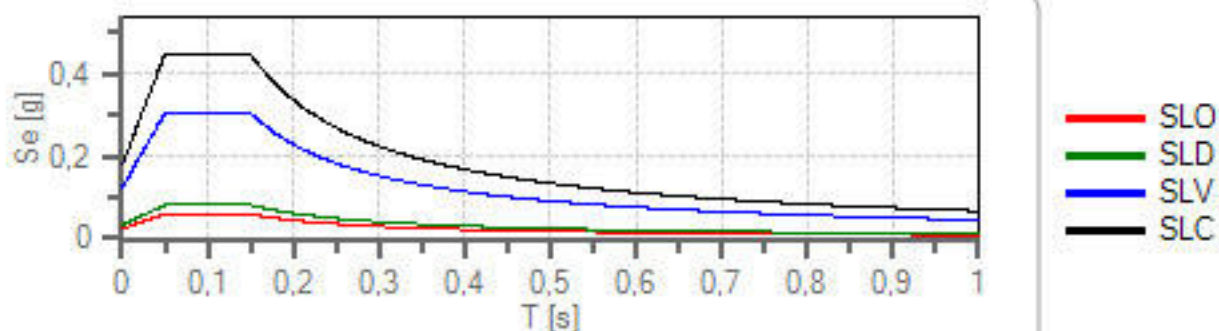
Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



| | cu | ag [g] | Fo | Tc* [s] | Ss | Cc | St | S | | TB [s] | TC [s] | TD [s] |
|-----|-----|--------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| SLO | 1,5 | 0,068 | 2,472 | 0,287 | 1,500 | 1,580 | 1,000 | 1,500 | 1,000 | 0,151 | 0,454 | 1,873 |
| SLD | 1,5 | 0,084 | 2,469 | 0,299 | 1,500 | 1,560 | 1,000 | 1,500 | 1,000 | 0,155 | 0,466 | 1,938 |
| SLV | 1,5 | 0,202 | 2,480 | 0,339 | 1,400 | 1,500 | 1,000 | 1,400 | 1,000 | 0,169 | 0,508 | 2,409 |
| SLC | 1,5 | 0,259 | 2,512 | 0,345 | 1,310 | 1,490 | 1,000 | 1,310 | 1,000 | 0,171 | 0,514 | 2,636 |

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



| | cu | ag [g] | Fo | Tc* [s] | Ss | Cc | St | S | | TB [s] | TC [s] | TD [s] |
|-----|-----|--------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| SLO | 1,5 | 0,068 | 2,472 | 0,287 | 1,000 | 1,580 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,050 | 0,150 | 1,000 |
| SLD | 1,5 | 0,084 | 2,469 | 0,299 | 1,000 | 1,560 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,050 | 0,150 | 1,000 |
| SLV | 1,5 | 0,202 | 2,480 | 0,339 | 1,000 | 1,500 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,050 | 0,150 | 1,000 |
| SLC | 1,5 | 0,259 | 2,512 | 0,345 | 1,000 | 1,490 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,050 | 0,150 | 1,000 |

Spettro di progetto

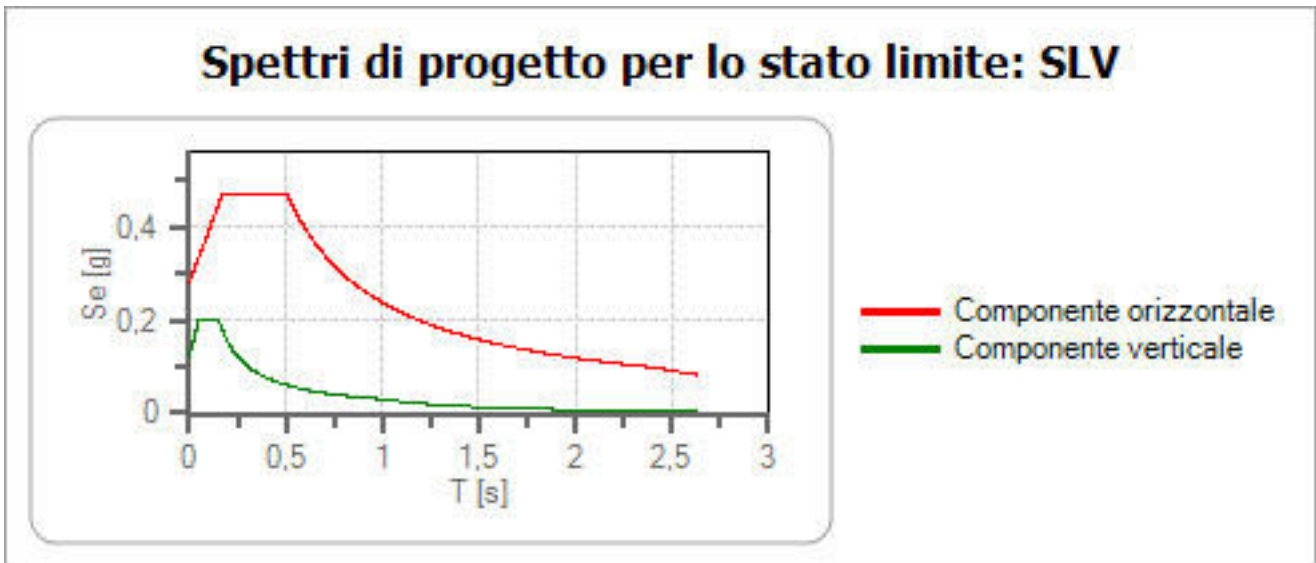
Coefficiente di struttura q per lo spettro orizzontale = 1.5

per lo spettro orizzontale = 0,667

Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1.5

per lo spettro verticale = 0,667

Stato limite: SLV



| | cu | ag [g] | Fo | Tc* [s] | Ss | Cc | St | S | q | TB [s] | TC [s] | TD [s] |
|-----------------|-----|--------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| SLV orizzontale | 1,5 | 0,202 | 2,480 | 0,339 | 1,400 | 1,500 | 1,000 | 1,400 | 1,500 | 0,169 | 0,508 | 2,409 |
| SLV verticale | 1,5 | 0,202 | 2,480 | 0,339 | 1,400 | 1,500 | 1,000 | 1,000 | 1,500 | 0,050 | 0,150 | 1,000 |

ALLEGATO G

Documentazione fotografica



Foto n° 1 - Realizzazione sondaggio geognostico S1



Foto n° 2 - Cassetta catalogatrice C1, profondità' 0,0 m - 5,0 m



Foto n° 3 - Cassetta catalogatrice C2, profondità' 5,0 m - 10,0 m



Foto n° 4 - Cassetta catalogatrice C3, profondità' 10,0 m - 15,0 m



Foto n° 5 - Cassetta catalogatrice C4, profondità' 15,0 m - 20,0 m



Foto n° 6 - Cassetta catalogatrice C5, profondità' 20,0 m - 25,0 m



Foto n° 7 - Cassetta catalogatrice C6, profondità' 25,0 m - 30,0 m