

**PROVINCIA DI PERUGIA**  
**COMUNE DI DERUTA**  
**“MIGLIORAMENTO SISMICO DELL’EDIFICIO SCOLASTICO SEDE DELLA**  
**SCUOLA PRIMARIA, UBICATO IN VIA DANTE ALIGHIERI, FRAZIONE**  
**SANT’ANGELO DI CELLE.”**

**RELAZIONE GEOLOGICA-TECNICA**

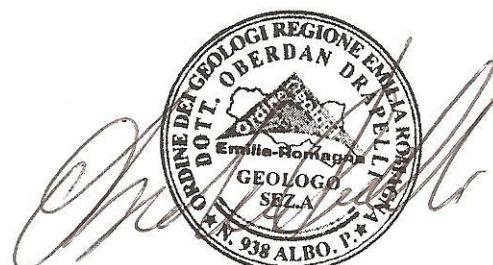
**AGGIORNAMENTO AL DM 17.01.2018 (Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»)**

**COMMITTENTE: COMUNE DI DERUTA**

**REDATTO:**

*Dott. Geologo Oberdan Drapelli*

*N° 938 ORDINE DEI GEOLOGI DELL’EMILIA ROMAGNA*



REV.	0	EMISSIONE GIUGNO 2022		
	1			
	2			

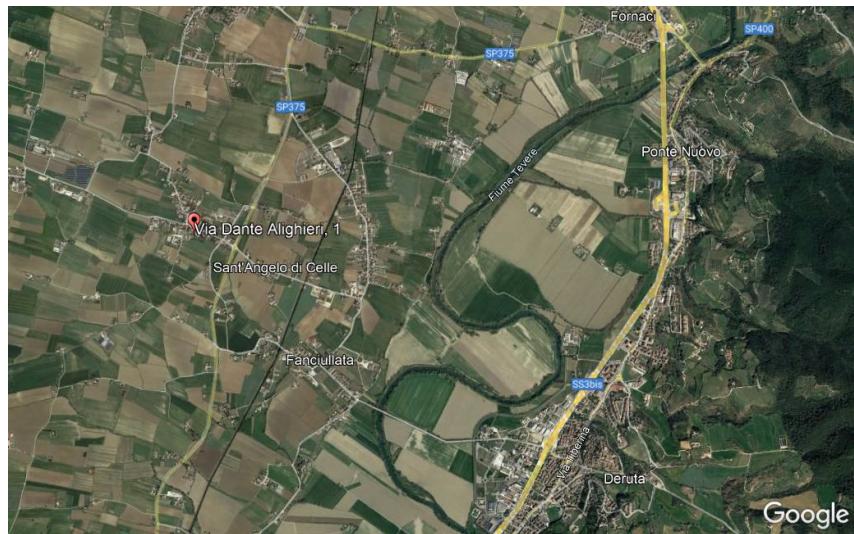
**DRAPELLI DR. OBERDAN –GEOLOGO-**  
**STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA ED AMBIENTALE**  
**RAVENNA, VIA CERCHIO, 57**  
**E-MAIL oberdandrapelli@gmail.com**  
**CELL. 338 8439633**  
**C.F. DRP BDN 68T22 H199Z P.IVA 01442260392**

**INDICE**

1: GENERALITA'	3
2: MODELLO GEOLOGICO	4
2.1: TETTONICA	5
2.2: ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	5
2.3: ASSETTO IDRAULICO E IDROGEOLOGICO	6
4 STRATIGRAFIA DEL TERRENO ESPLORATO	7
5. DETERMINAZIONE DEL VALORE DI PROGETTO DELLE AZIONI	8
5.1 STATO LIMITE ULTIMO-STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLU-SLE)	8
5.5: CONSIDERAZIONE SUI CEDIMENTI (SLE)	11
6: CENNI SULLA SISMICITÀ DELL'AREA	12
6.1: PERICOLO DI LIQUEFAZIONE	13

## 1: GENERALITA'

Su incarico della committenza si è redatta la presente relazione geologica per verificare le caratteristiche del terreno di fondazione del PROGETTO DI INTERVENTO DI RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA PER MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA PRIMARIA PRESSO VIA DANTE ALIGHIERI, IN LOCALITÀ SANT'ANGELO DI CELLE DEL COMUNE DI DERUTA. Il presente studio inteso a verificare l'idoneità dell'area da un punto di vista geologico e geotecnico agli usi proposti, e' basato sull'analisi estesa ad un adeguato intorno degli aspetti geomorfologici, litologici, e idrologici in modo da caratterizzare l'area nel suo insieme in quanto rivestono particolare importanza ai fini della futura edificazione. Una volta definiti gli obbiettivi dell'indagine, si e' proceduto alla raccolta dei dati esistenti in bibliografia ed ai sopralluoghi di campagna. Per la realizzazione dell'intervento, si sono consultate 1 prova dimanica ed un sondaggio a carotaggio effettuato nel 2012 dal dott geol Sforza Simone per il progetto di ampliamento della medesima scuola.



Lo studio è stato condotto nel rispetto delle normative vigenti in materia, in particolare il D.M. 17.01.2018 (Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»), facendo riferimento alla circolare n° 7 del 21/01/2019.

## 2: MODELLO GEOLOGICO

L'area in esame ricade nella parte nord-orientale del Foglio 323 di Marsciano, il quale comprende la parte più centrale della Regione Umbria; nello specifico la nostra zona di interesse ricade nel Comune di Deruta, della Provincia di Perugia. La carta geologica è stata rivisitata in quanto recepisce le cartografie elaborate dalla Regione Umbria attraverso il "Progetto individuazione delle aree suscettibili di amplificazioni sismiche locali sui territorio comunali con elevata pericolosità sismica di base" in scala 1:10.000 e richiamate nella DGR n. 377 "Criteri per l'esecuzione di studi di microzonazione sismica". Il territorio comunale è prevalentemente interessato dai depositi alluvionali attuali e terrazzati che caratterizzano la pianura alluvionale del Fiume Tevere, che occupa la parte occidentale del territorio. Ad est del Fiume Tevere, laddove la morfologia inizia a diventare collinare, affiorano i sedimenti continentali del supersistema tiberino che si suddivide, nel territorio del Comune di Deruta, in diversi sintemi comprendenti: il sintema di Perugia rappresentato dal suo subsistema di Magione (Unità di San Biagio — Litofacies della Fornace Ferrini), il sintema di Todi con il subsistema di Santa Maria di Ciciliano (Litofacies di Madonna dei Bagni) e il sintema di Solfagnano. A questi si sovrappongono le unità stratigrafiche quaternarie costituite dai depositi di frana, depositi antropici, depositi alluvionali attuali e terrazzati e i depositi eluvio-colluviali derivanti dal disfacimento per erosione del substrato. La successione umbro-marchigiana affiora nella parte orientale del territorio ed è quella maggiormente interessata dall'azione della tettonica compressiva, testimoniata dalla presenza di piani di sovrascorrimento di direzione appenninica NO-SE di età miocenica e sistemi di faglie normali legate alla tettonica distensiva post-pliocenica. La serie umbro-marchigiana è rappresentata, nel territorio del comune di Deruta, dal membro di Bettona con le litofacies arenacea, arenacea-pelitica, dal membro di Vesina e da quello di Monte Casale.

## 2.1: TETTONICA

L'attività tettonica dell'area del Comune di Deruta è strettamente legata a quella dell'Appennino umbro-marchigiano in generale e dell'Umbria centrale in particolare, cioè alla formazione della catena appenninica e del Bacino Tiberino.

Le fasi deformative principali riguardano una prima fase tettonica estensionale (Giurassico-Paleogene), una fase tettonica compressiva (Miocene sup.-Pliocene inf.) e una fase estensionale recente (Pliocene-Quaternario). Con la fase compressiva emerge l'Anticlinale dei Monti Martani il cui fianco orientale, occupato dai sedimenti marini della Marnoso-Arenacea Umbra che costituisce le colline della parte orientale del territorio del Comune di Deruta, presenta un assetto monoclinalico. La tettonica estensionale recente invece ha determinato la formazione di un ampio graben che caratterizza il bacino del Fiume Tevere, che è stato colmato dai depositi sintemici plio-pleistocenici del supersistema tiberino. Le unità quaternarie con i depositi alluvionali terrazzati si sono poi impostati sui depositi plio-pleistocenici mascherandoli e andando a costituire, insieme con loro, la pianura alluvionale del Fiume Tevere.

## 2.2: ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

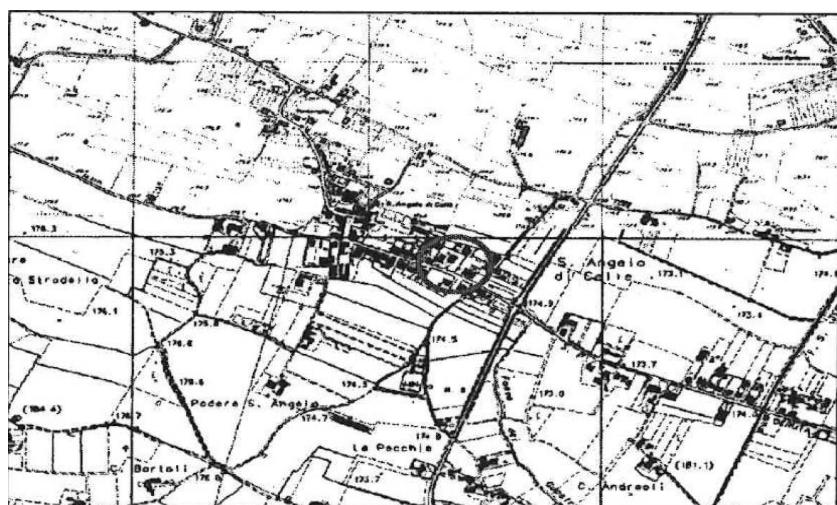
Il territorio del Comune di Deruta si suddivide in tre principali complessi geomorfologici in funzione della storia tettonica e dell'attività degli agenti morfogenetici e antropici che hanno modellato il territorio. Il primo è identificabile con la vasta pianura alluvionale del Fiume Tevere nella parte ovest del territorio comunale. Morfologicamente è costituita da una vasta area sub-pianeggiante con pendenze rotte esclusivamente da terrazzi morfologici e da opere di scavo di origine antropica. Le quote sono comprese tra i 160 m e i 190 m e la litologia è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali recenti ed attuali e dai sedimenti antichi alluvionali terrazzati di spessori complessivi di c.ca 5,60 metri, i quali a loro volta appoggiano sulle Argille Azzurre del Basamento fluvio-lacustre villafranchiano, compatte e leggermente sovraconsolidate. Sotto di questi si trova il Basamento Marnoso-Arenaceo di età Langhiano-Serravalliano, la cui profondità risulta essere superiore ai 100 metri da piano campagna. In questa zona i corsi d'acqua provengono dalle colline poste ad est, con un andamento ortogonale al collettore principale rappresentato dal Fiume Tevere sul quale confluiscono direttamente. Il primo complesso geomorfologico infatti si identifica con la Media Valle del Tevere nel tratto

compreso tra le frazioni di Pontenuovo e Ripabianca dove il fiume presenta un percorso segnatamente meandriforme che determina, ciclicamente, eventi di piena anche importanti con conseguenze pesanti per le attività produttive dell'area. Il secondo complesso geomorfologico è quello dell'area collinare compresa tra la pianura alluvionale del Fiume Tevere ad ovest e i rilievi alto-collinari ad est. In quest'area le quote raggiungono i 300 m s.l.m. e, laddove le caratteristiche litologiche si uniscono all'azione morfogenetica del reticolo idrografico e all'acclività del versante, si sviluppano dissesti localmente anche importanti e accumuli di materiale alloctono trasportato dall'azione dilavante dei corsi d'acqua. Il terzo ed ultimo complesso geomorfologico è rappresentato dai rilievi alto-collinari costituiti da litotipi marnoso arenacei che insistono nella zona est del territorio che va dalla parte alta di Pontenuovo alla frazione di Castelleone, lungo il versante occidentale del Monte le Cinque Querce (636 m s.l.m.). Qui le pendenze sono più accentuate e i versanti sono solcati da incisioni vallive a V. In tali aree i fenomeni franosi interessano raramente il substrato, mentre si possono verificare deboli spessori di coltri eluviali. L'area oggetto di studio si inserisce all'interno del primo complesso, la cui morfologia pianeggiante definisce un contesto in cui il rischio di frane e dissesti risulta essere inesistente.

### 2.3: ASSETTO IDRAULICO E IDROGEOLOGICO

Il territorio è interessato dal bacino del Fiume Tevere e da quello di uno dei suoi tributari principali, il Torrente Puglia, affluente di sinistra che nasce tra San Terenziano e Marcellano e raggiunge il collettore del reticolo principale a Collepepe, in direzione ovest. Solo una piccolissima parte del territorio comunale è interessato dal bacino idrografico del Torrente Puglia, mentre gran parte dell'area comunale è dominata dal bacino del Fiume Tevere che scorre in direzione NE-SO. Il reticolo idrografico è prevalentemente dendritico o sub-dendritico, piuttosto sviluppato date le caratteristiche litologiche scarsamente permeabili dei rilievi lungo i quali scorrono i corsi d'acqua. La densità di drenaggio aumenta considerevolmente, a causa della diminuzione dell'acclività dei versanti, in corrispondenza della pianura alluvionale laddove la distribuzione della rete idrografica risulta fortemente condizionata dall'attività antropica.

Dal punto di vista idrogeologico, nella zona di interesse è presente una falda freatica locata a c.ca 2,5 metri di profondità, all'interno dei depositi terrazzati. Tale falda risulta tuttavia, per mezzo di misurazioni in aree limitrofe, risalire finanche a 1,5 metri di profondità da piano campagna. Il drenaggio superficiale avviene in direzione Sud-Est, verso il fiume Fosso dei Guasti, affluente destro del Fiume Tevere. L'area in esame risulta essere locata esternamente alle aree alluvionabili così come sono state definite dal Piano Assetto Idrogeologico.



Estratto P.A.I. - Foglio Idraulico

## 4 STRATIGRAFIA DEL TERRENO ESPLORATO

Le indagini eseguite hanno permesso di ricostruire con sufficiente precisione il modello geologico dell'area entro il volume significativo, caratterizzando cinque livelli litologici distinti:

1. Terreno vegetale e di riporto – bassissimo grado di addensamento, spessore massimo di c.ca 1,40 metri.
  2. Sabbie limose debolmente ghiaiose – stato addensato, base fino a 2,40 metri da piano campagna.
  3. Ghiae sabbiose e sabbie ghiaiose – base fino a profondità massima di 4 metri da piano campagna.
  4. Sabbie limose – stato poco compressibile, base fino a 5,60 metri da piano campagna.
  5. Argille limose del Basamento villafranchiano – depositi fluvio-lacustri.

Nell'area in esame, al momento del rilievo si è collocata la falda freatica a una profondità di c.ca 2,5 metri da piano campagna.

## 5. DETERMINAZIONE DEL VALORE DI PROGETTO DELLE AZIONI

Il comune di DERUTA (PG) ricade in Zona 2, ai sensi del OPCM 3274 del 20 marzo 2003 e successive variazioni, quindi la combinazione delle azioni da impiegare per la verifica agli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E è la seguente (v. § 2.5.3 dell' NTC 2018):

$$E + G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots \text{ (v. § 2.5.5 dell' NTC 2018)}$$

Dove:

E sono le azioni derivanti da terremoti;

G sono le azioni permanenti quali il peso proprio degli elementi strutturali e non, eventuali forze indotte dal terreno e forze risultanti dalla pressione dell'acqua;

P è la pretensione o precompressione (se permanenti)

Q azioni variabili nel tempo

$\psi$  rappresenta la durata percentuale relativa ai livelli di intensità dell'azione variabile (quasi permanente, frequente, raro).

Quanto detto fin ora dovrà essere usato per il calcolo e la verifica dello stato limite ultimo ed applicato ai valori di Ed fornito dal progettista assieme agli altri fattori riferiti alla struttura vera e propria (carichi tipo di fondazione ecc.) e decidendo quale tipo di approccio si intende intraprendere.

### 5.1 STATO LIMITE ULTIMO-STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLU-SLE)

Per la determinazione della Rd si utilizzata la formula di Formula Brich-Hansen (EC 7 – EC 8). Affinché una fondazione possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale, per tutte le combinazioni di carico relative allo SLU (stato limite ultimo), deve essere soddisfatta la seguente diseguaglianza:  $Ed \leq Rd$ .

Dove Ed è il carico di progetto allo SLU, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso della fondazione stessa; mentre Rd è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici. Nella valutazione analitica del carico limite di progetto Rd si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine nei terreni a grana fine.

IL CARICO LIMITE IN CONDIZIONI DRENATE E' CALCOLATO COME SEGUE:

$$R/A' = c' N_c s_c i_c + q' N_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2 (45 + \phi'/2)$$
$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$
$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi'$$

Fattori di forma

$$s_q = 1 + (B'/L') \sin \phi' \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_q = 1 + \sin \phi' \quad \text{per forma quadrata o circolare}$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3(B'/L') \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_\gamma = 0,7 \quad \text{per forma quadrata o circolare}$$

$$s_c = (s_q \cdot N_q - 1)(N_q - 1) \quad \text{per forma rettangolare, quadrata o circolare.}$$

Il calcolo della stato limite ultimo viene effettuato sia in condizioni statiche (senza sisma) sia in condizioni dinamiche (con sisma)

Per modificare quanto sopra descritto con i parametri sismici, occorre inserire nella forma precedente i fattori correttivi .

#### FATTORI CORRETTIVI SISMICI

Per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma sulla determinazione del  $q_{lim}$  vengono introdotti i fattori correttivi  $z$ :

$$z_q = \left( 1 - \frac{k_o}{\tan \phi} \right)^{0,35}$$

$$z_c = 1 - 0,32 \cdot k_o$$

$$z_\gamma = z_q$$

Dove  $K_o$  è il coefficiente sismico orizzontale.

Calcolo coefficienti sismici

Le NTC 2008 calcolano i coefficienti  $K_o$  e  $K_v$  in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = a_{max}/g$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_h$$

Dove:

amax accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

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

amax = SS ST ag

SS (effetto di amplificazione stratigrafica):  $0.90 \leq Ss \leq 1.80$ ; è funzione di F0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

ST (effetto di amplificazione topografica) per fondazioni in prossimità di pendii.

Il valore di ST varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

T1 (ST = 1.0)    T2 (ST = 1.20)                    T3(ST =1.20)                    T4(ST = 1.40).

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

TR=-VR/ln(1-PVR)

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Si sono differenziati i valori degli stati limite ultimo a seconda delle zone con caratteristiche geotecniche diverse in modo da acquisire a titolo orientativo le piccole differenze presenti nel sottosuolo.

## CONDIZIONI STATICHE/DINAMICHE

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Pressione limite 3.15 Kg/cm<sup>2</sup>

(si ricorda che questi valori vanno divisi per il coefficiente parziale R3 che per l'approccio 2 vale 2.3 come indicato Tabella 6.4.I (dell' NTC 2008)

## COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 3.01 Kg/cm<sup>3</sup>

## 5.5: CONSIDERAZIONE SUI CEDIMENTI (SLE)

Si assumono come sovraccarichi applicati al terreno i valori di pressione ammissibile media sopra calcolati. Definendo i seguenti parametri [ $\Delta P_n$  = incremento di carico dello strato n;  $m_{vn}$  = indice di compressibilità volumetrica dello strato n, dedotto da correlazioni empiriche con  $R_p$  (resistenza alla punta misurata con il penetrometro), dedotte da tabella ;  $H_n$  = spessore dello strato n;  $\Delta S_n$  = cedimento dello strato n;  $S_{TOT}$  = cedimento totale] ed applicandoli alla formula  $\Delta S_n = \Delta P_n \times m_{vn} \times H_n$  si sono ottenuti i seguenti cedimenti.

TERRENI COESIVI		TORBOSSI MOLTO COMPRIMIBILI		TERRENI GRANULARI	
$R_p$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\alpha = M_o/R_p$	umidità W %	$\alpha = M_o/R_p$	$R_p$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\alpha = M_o/R_p$
≤5	5.0	≤%05	3.0	≤5	3
10	4.0	100%	1.5	100	3
15	3.3	200%	1.0	200	3

Applicando come sovraccarico al terreno di appoggio una fondazione a platea, impostata a -0.50 m che scarica una pressione di esercizio di circa 0.50 kg/cm<sup>2</sup> si sono ottenuti i seguenti cedimenti:  $S_{TOT}=1.22$  cm

Come previsto ci si può attendere cedimenti apprezzabili ma usuali per la tipologia del terreno e per la tipologia di intervento edilizio, rimanendo pur sempre entro limiti accettabili. Questo valore calcolato è però riferito ad una fondazione di quel tipo impostata sul terreno naturale.

## 6: CENNI SULLA SISMICITÀ DELL'AREA

La **classificazione sismica** del territorio nazionale ha introdotto **normative tecniche** specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico. In basso è riportata la **zona sismica** per il territorio di Deruta, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale dell'Umbria n. 1111 del 18 settembre 2012 (BUR n. 47 del 3/10/2012).

I criteri per l'aggiornamento della mappa di **pericolosità sismica** sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'**accelerazione orizzontale massima (ag)** su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

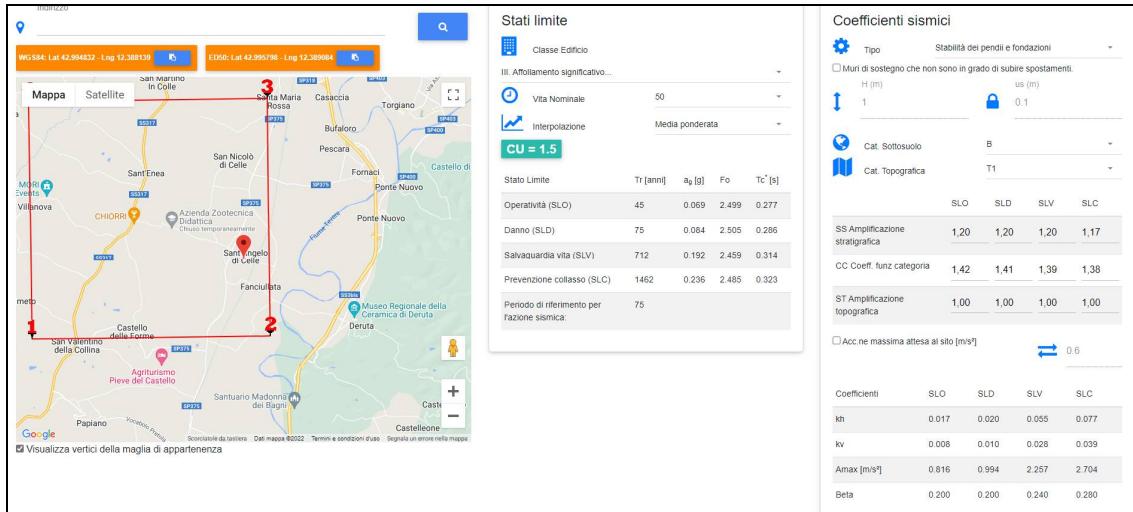
Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ag]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ag]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti	ag > 0,25 g	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	0,15 < ag ≤ 0,25 g	0,25 g	2.224
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	0,05 < ag ≤ 0,15 g	0,15 g	3.002
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	ag ≤ 0,05 g	0,05 g	1.982

Secondo l'applicazione della normativa tecnica prevista dalla medesima Ordinanza, il Comune di Deruta viene inserito in zona 2. La classificazione del tipo di terreno desunto dalla indagine geofisica definisce come il terreno del lotto in esame si di tipo **“B”**; *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NPT_{30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).*

Questo dato è ottenuto mediante indagini geofisiche realizzate che ha dato un valore della Vs 30 di circa 493 m/sec.

Riguardo i coefficienti di amplificazione legati alle condizioni topografiche del sito, l'area è stata classificata nella Categoria T1: *Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$* .

### Parametri sismici CLASSE D'USO III



Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru software - [www.geostru.com](http://www.geostru.com)

$$amax = ag * ss (slv) = 0.192 * 1.20 = 0.23$$

## 6.1: PERICOLO DI LIQUEFAZIONE

Per liquefazione di un terreno si intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. Il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi scolti non coesivi posti sotto falda, in seguito ad eventi che producono un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua. Durante un terremoto il terreno può essere visto come sottoposto da una serie di cicli di carico variabili in intensità e numero in funzione della magnitudo del sisma stesso. In terremoti di elevata magnitudo è sufficiente un numero ridotto di cicli di carico per produrre la liquefazione del deposito, poiché ad ogni ciclo è associata una sollecitazione dinamica di maggiore intensità. In terremoti di minore magnitudo lo stesso effetto lo si ottiene con un numero superiore di cicli di carico. In definitiva, un'elevata magnitudo del sisma e una lunga durata dello stesso rendono più probabile l'iniziarsi della liquefazione in un deposito a prevalenza sabbiosa. Dall'analisi dei fattori che predispongono un terreno alla liquefazione, tra i quali la granulometria, la profondità del livello potenzialmente liquefacibile, il grado di

addensamento dei depositi, in linea generale si possono ritenere potenzialmente liquefacibili quei depositi sciolti costituiti da sabbie da fini a medie con contenuto in fine variabile dallo 0 al 25%, si trovano sotto falda, sono da poco a mediamente addensati e si trovano a profondità relativamente basse (di solito inferiori a 15 metri). Per la presenza di depositi granulari/incoerenti con spessori  $> 1,00$  m e saturi d'acqua, si ritiene necessario eseguire la verifica a liquefazione. Come indicato nella DAL n. 112/2007, tra i metodi semplificati sono raccomandati quelli basati su prove CPT e tra questi in particolare il **metodo di Idriss & Boulanger, 2014**. Per il presente studio sono state quindi realizzate le verifiche della propensione alla liquefazione e dei sedimenti potenziali indotti da sisma sulle verticali delle prove penetrometriche statiche eseguite. Per i calcoli è stato utilizzato il programma "Cliq 2.0" della Geologismiki Geotechnical Software, sviluppato in collaborazione con il Prof. Peter Robertson. L'algoritmo di calcolo utilizzato si basa sul metodo di Robertson 2014. Le analisi eseguite seguono le procedure di riferimento dettate dall'NCEER. Lo stesso software esegue il calcolo dei sedimenti attesi secondo il metodo proposto da Zhang ed al. (2002), calcolando per tutti i livelli che hanno un fattore di sicurezza inferiore a 2. Il potenziale di liquefazione si ottiene eseguendo il calcolo del fattore di sicurezza FSL, definito dal rapporto CRR su CSR. La metodologia utilizzata permette di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso il confronto tra le caratteristiche granulometriche e di addensamento del deposito, espresse dai valori della resistenza penetrometrica qc normalizzati con lo sforzo tagliante indotto dal sisma (CRR e CSR). Il fattore di sicurezza alla liquefazione FSL è definito dal rapporto:  $FSL = CRR \cdot MSF/CSR$  (dove MSF è il coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma).

- $FS_L > 1,2$  liquefazione assente

Secondo la normativa i livelli di sabbia presenti alla varie profondità potrebbero avere problematica secondo questa problematica ma tale livello risulta essere troppo sottile per poter essere preso in considerazione per tale pericolo. E' necessario considerare che, secondo alcuni autori (Sherif-Ishibashi, 1978), occorre che i depositi siano costituiti da sabbie o sabbie limose con frazione fine inferiore al 25% che si trovino sotto il livello statico di falda e che siano sovrastati da livelli non liquefacibili con spessore inferiore a 3 metri. I valori dei fattori di sicurezza ottenuti dalle verifiche, comunque superiori all'unità, uniti alla presenza di depositi coesivi dello spessore di almeno 10 metri al di

sopra degli strati sabbiosi potenzialmente liquefacenti portano a concludere che i rischi in tal senso nell'area interessata dall'intervento edilizio si possono considerare estremamente ridotti. Si segnala comunque che, nel caso specifico, **NON SONO PRESENTI LIVELLI CHE** presentano fattori di sicurezza inferiore a 1; per maggiore dettaglio, si è proceduto alla Valutazione dell'indice del potenziale di liquefazione  $I_L$  secondo quanto riportato nell'Allegato A3 della Delibera dell'Assemblea legislativa n. 112 – Oggetto n. 2131 del 2 Maggio 2007, modificato dalla DGR 2193-2015 allegato A3, il rischio di liquefazione in base ai valori di tale indice risulta essere:

- $I_L = \infty \rightarrow \text{NON LIQUEFACIBILE (FI} > 1.2\text{)}$
- $0 < I_L \leq 2 \rightarrow \text{RISCHIO DI LIQUEFAZIONE "BASSO"}$
- $2 < I_L \leq 5 \rightarrow \text{RISCHIO DI LIQUEFAZIONE "MODERATO"}$
- $5 < I_L \leq 15 \rightarrow \text{RISCHIO DI LIQUEFAZIONE "ALTO"}$
- $I_L > 15 \rightarrow \text{RISCHIO DI LIQUEFAZIONE "MOLTO ALTO"}$

L'indice del potenziale di liquefazione,  $I_L$  è definito dalla seguente relazione:

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz$$

in cui  $z$  è la profondità dal piano campagna in metri e  $w(z) = 10 - 0.5z$ ; ad una data quota  $z$  il fattore  $F(z) = F$  vale:

$$F = 1 - FL \text{ se } FL \leq 1.0$$

$$F = 0 \text{ se } FL > 1.0$$

dove  $FL$  è il fattore di sicurezza alla liquefazione alla quota considerata.

Dallo sviluppo dei calcoli attraverso il software CLIQ, con il metodo **metodo di Idriss & Boulanger, 2014** si ottiene un valore di  $I_L = 0$  consente, nel caso specifico, di attribuire al sito in questione un **rischio di liquefazione NULLO**.

RAVENNA GIUGNO 2022

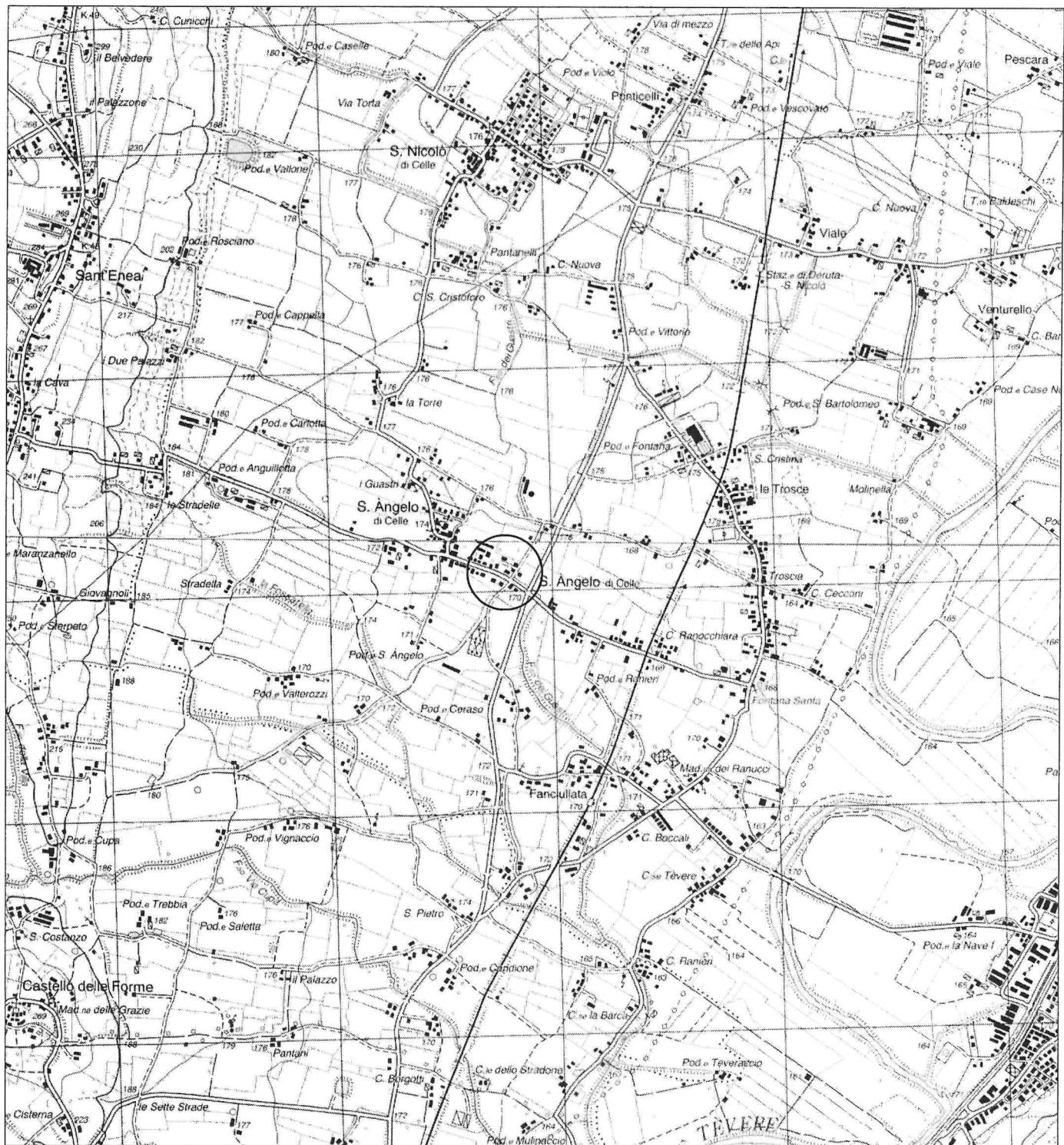
REDATTO:

DOTT. GEOLOGO OBERDAN DRAPELLI

# Allegato 1

## ESTRATTO I.G.M.

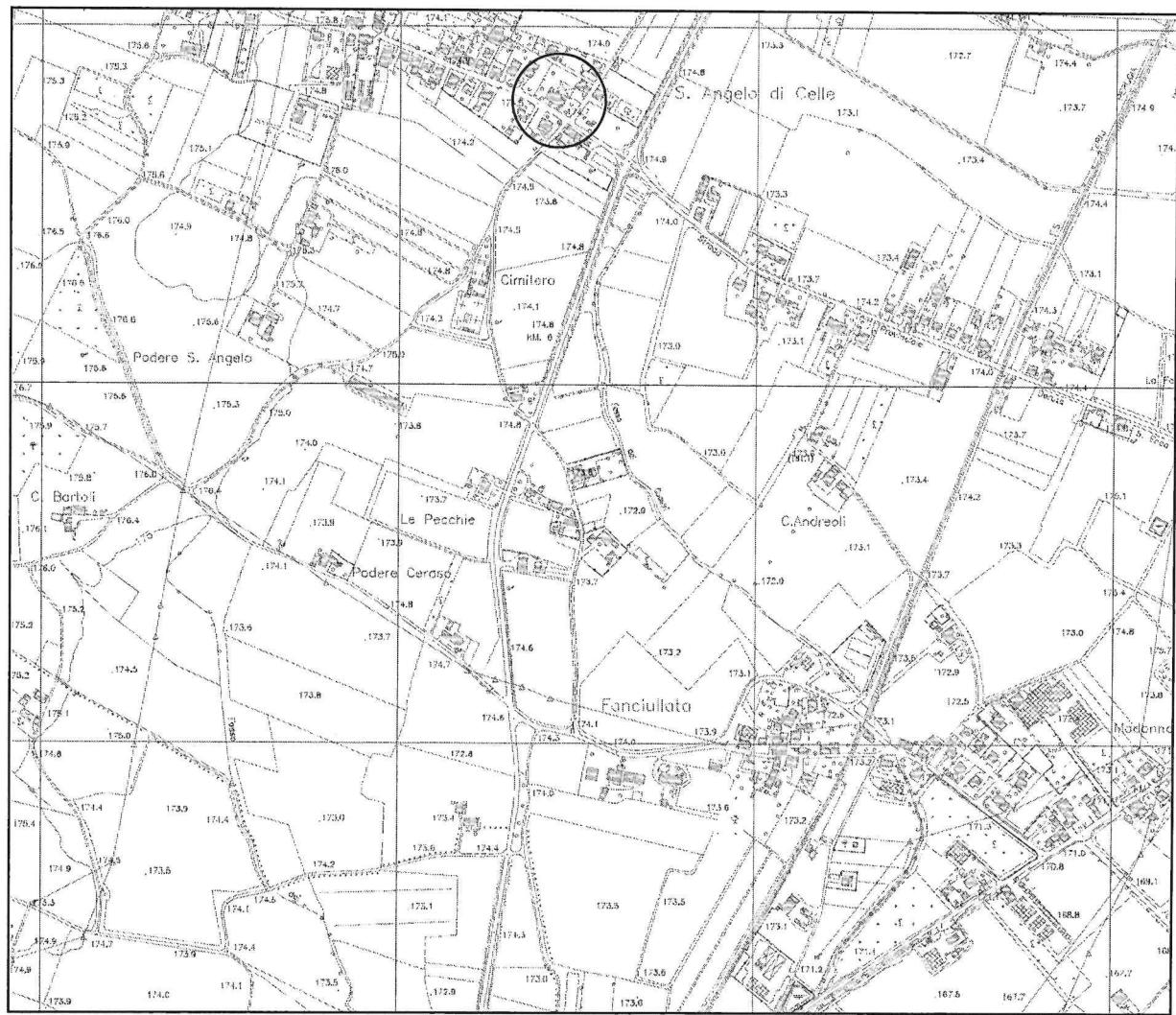
Area in esame.



## Allegato 2

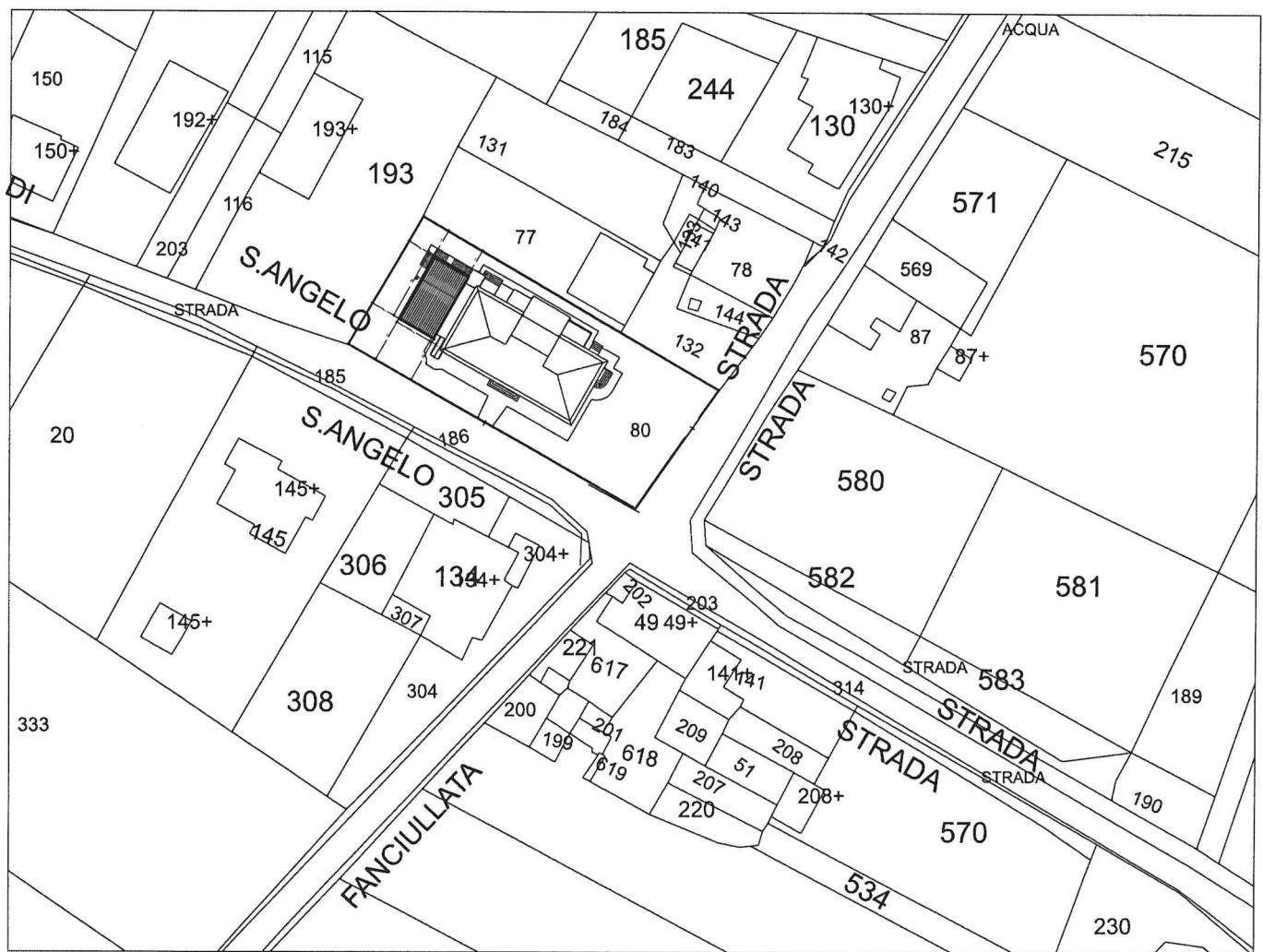
### ESTRATTO C.T.R.

Area in esame.



Allegato 3

PLANIMETRIA CATASTALE  
F° 15 - Part. 80 (Comune di Deruta)

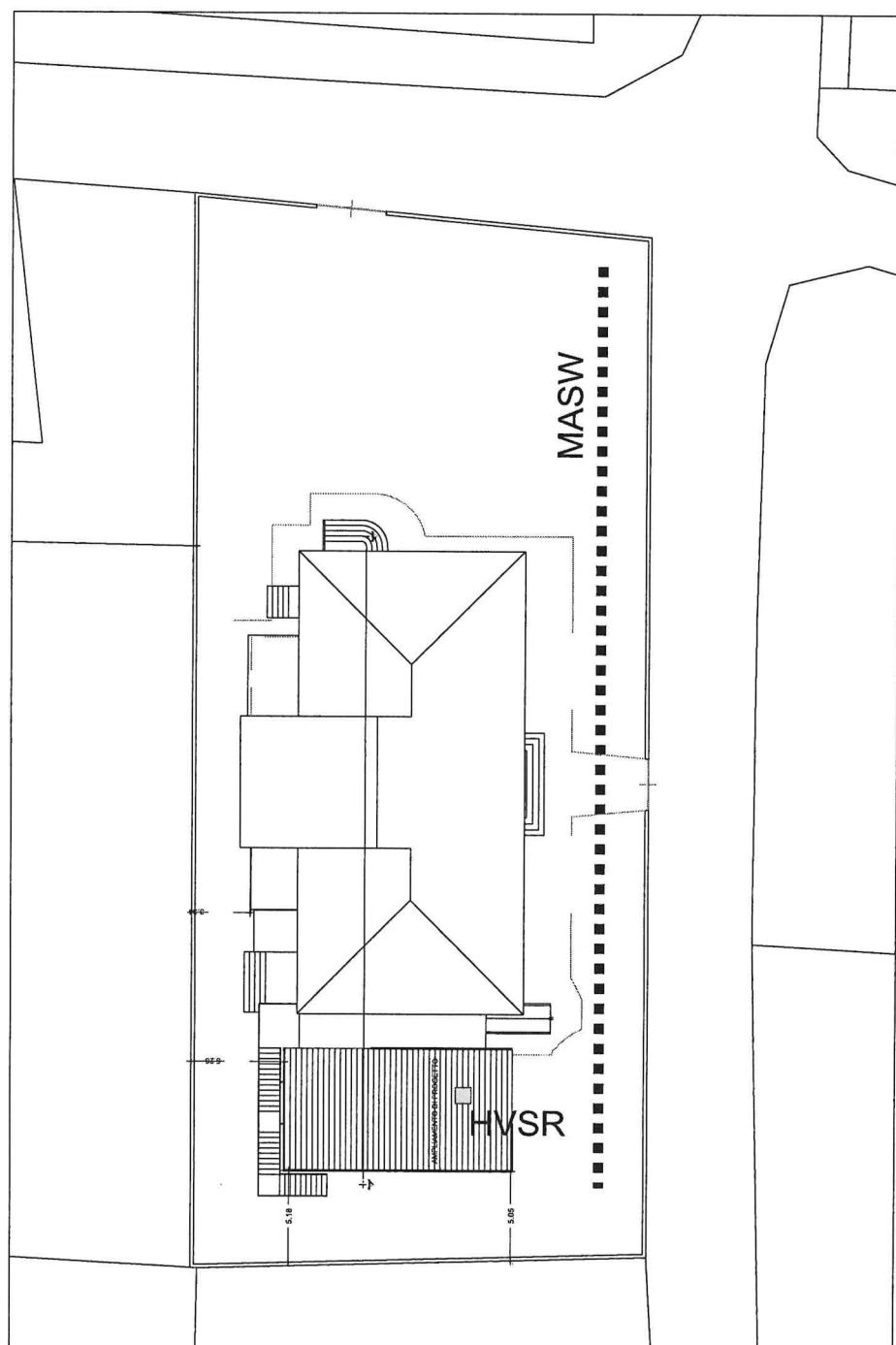


Allegato 4

PLANIMETRIA DI PROGETTO CON UBICAZIONE  
DELLE INDAGINI SISMICHE

..... Stendimento MASW.

□ Stazione sismica HVSR.



## Allegato 5

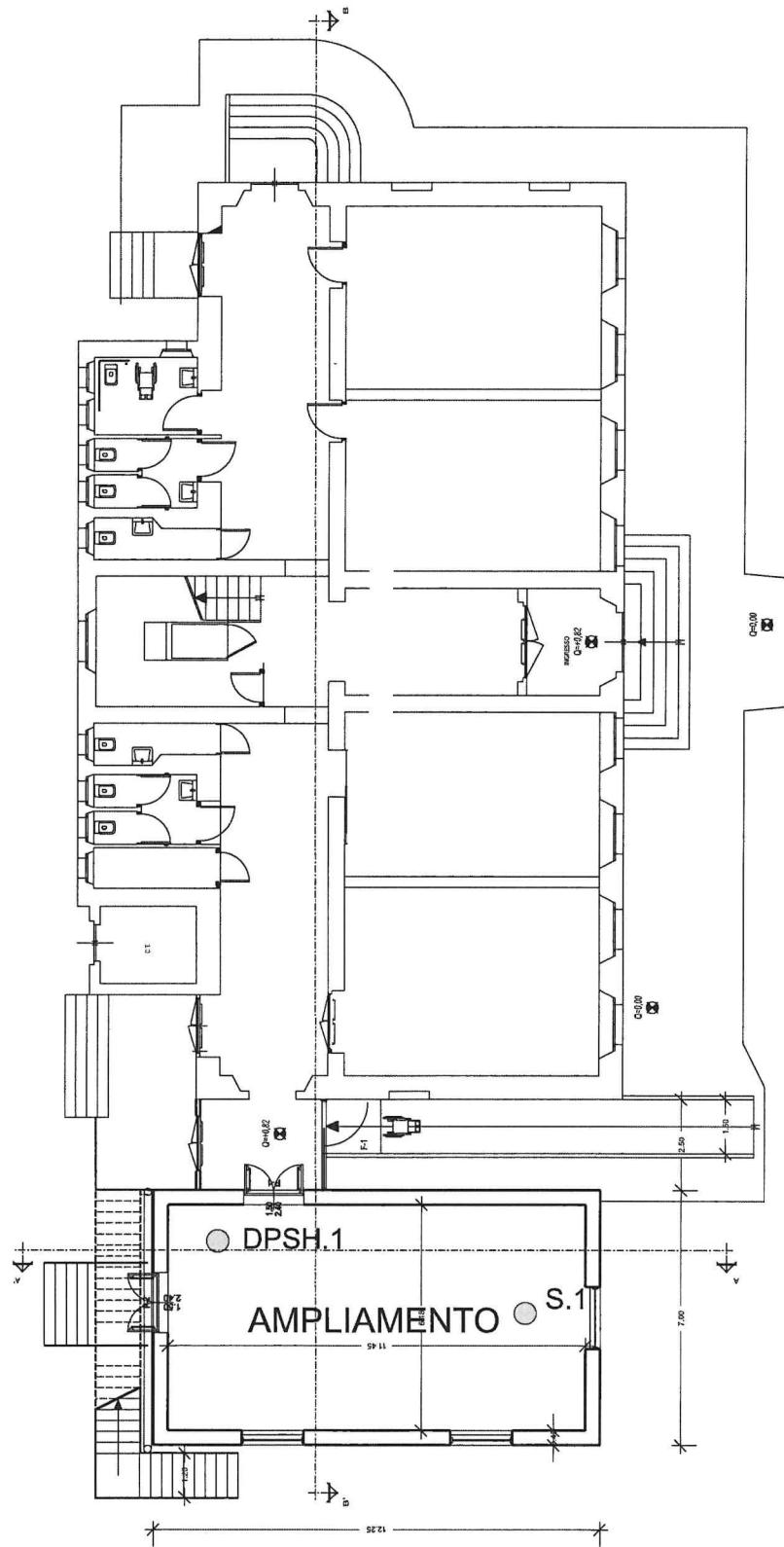
### PIANTA PIANO TERRA DI PROGETTO CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

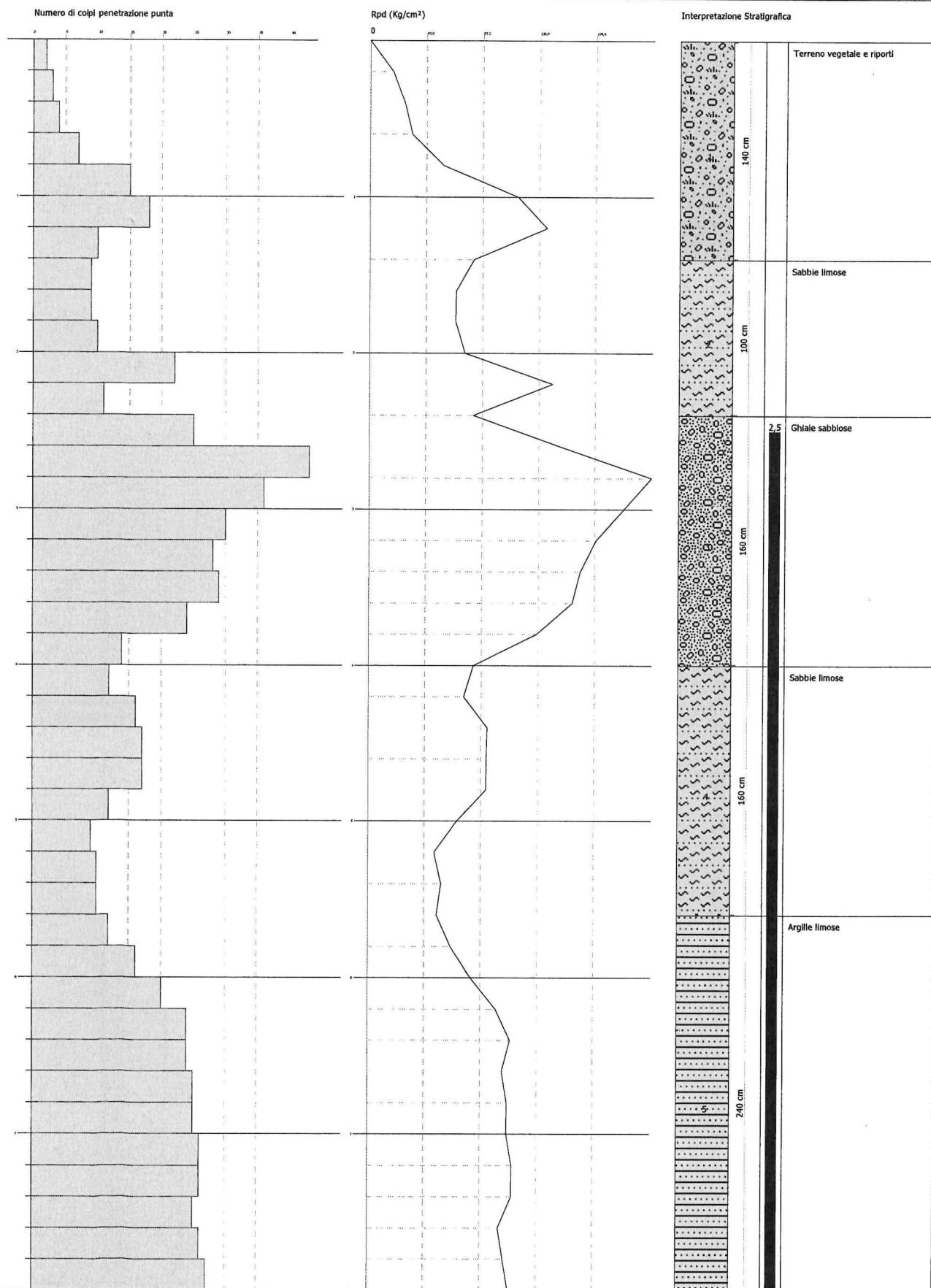
DPSH.1

- Ubicazione prova penetrometrica.

S.1

- Sondaggio a distruzione e prelievo campione indisturbato.





The figure consists of three panels illustrating seismic data processing:

- Panel 1 (Left):** A 3D spectrogram showing Velocity [m/s] on the vertical axis, Frequency [Hz] on the horizontal axis, and Power on the depth axis. The plot shows a complex wavefield with a prominent low-frequency component.
- Panel 2 (Middle):** A 2D frequency-wavenumber spectrum. The vertical axis is labeled "Frequenze" and the horizontal axis is labeled "Velocità [m/s]". The plot shows a dense cloud of points with a clear trend, and a black line labeled "Inversione" is drawn through the data, indicating a model fit.
- Panel 3 (Right):** A dispersion curve plot. The vertical axis is labeled "Velocità [m/s]" and the horizontal axis is labeled "Profondità [km]". The plot shows data points and a theoretical curve labeled "Curva di dispersione".

The image is a composite of three panels. The left panel is a logo for 'Studio di geologia Dr. Geol. Simone SFORNA' with contact information. The middle panel is a black and white photograph of a damaged building with debris. The right panel is a seismogram titled 'SISSMOGRAMMI - Dist. 1.5 m'.

**Studio di geologia**  
**Dr. Geol. Simone SFORNA**

Indirizzo: Via Mazzini, 2 - 86090 Brindisi (OG)  
Cell. 347/5312235  
E-mail: [isismofr@alice.it](mailto:isismofr@alice.it)

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

**COMUNE DI DERUTA**

Progetto per l'ampliamento dell'edificio sede della scuola primaria - Sant'Angelo di Celle

**INDAGINE SISMICA MASW**

PROPRIETÀ: Comune di Deruta

Dr. Geol. Simone SFORNA

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**

**SISSMOGRAMMI - Dist. 1.5 m**



Studio di geologia  
Dr. Geol. Simone SFORNA

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

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

## COMUNE DI DERUTA

Progetto per l'ampliamento dell'edificio sede della  
scuola primaria - Sant'Angelo di Celle

## INDAGINE SISMICA HVSR

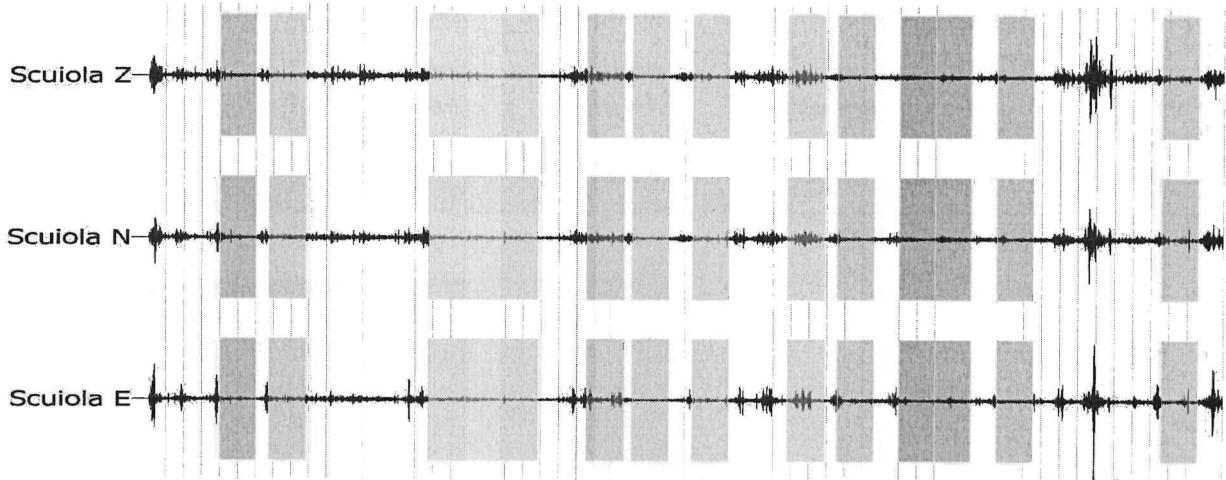
PROPRIETA': Comune di Deruta

Dr. Geol. Simone SFORNA

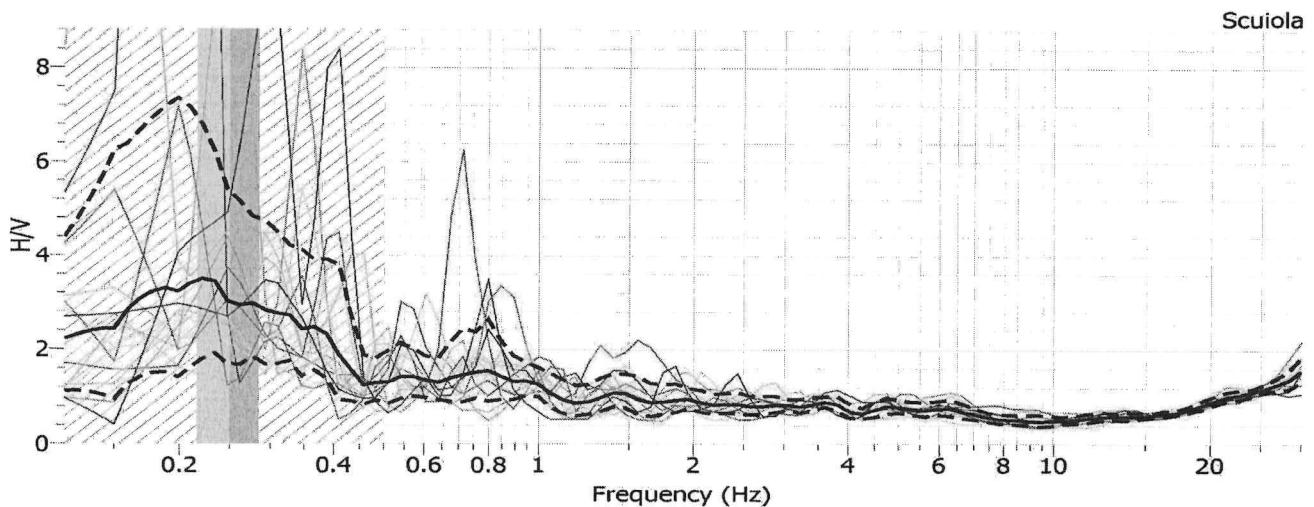
## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



## ACQUISIZIONE - 20 minuti



## RAPPORTO H/V - Frequenza di sito = 0.25 Hz - Dev. standard = 0,03 Hz





**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
Norma ASTM D3080



Committente: Dott. Geol. Simone SFORNA per conto del Comune di DERUTA  
Riferimento: Scuola Elementare S.Angelo di Celle  
Località: S. Angelo di Celle, Deruta (PG)

N° Certificato 12/152  
N° Verbale accettazione 12/14  
Data emissione 28/02/12  
Data ricevimento 17/02/12

Sondaggio S1 Campione C1 Profondità 1,40 – 1,50 m  
Descrizione Sabbia limosa con ghiaia

PROVINO 1						PROVINO 2						PROVINO 3					
δh	δv	τ	δh	δv	τ	δh	δv	τ	δh	δv	τ	δh	δv	τ	δh	δv	τ
mm	mm	kPa	mm	mm	kPa	mm	mm	kPa	mm	mm	kPa	mm	mm	kPa	mm	mm	kPa
0,05	0,02	4,08	3,21	0,41	45,83	0,01	0,00	11,36	3,49	0,33	168,47	0,05	0,02	19,31	5,29	0,47	237,51
0,11	0,03	7,77	3,29	0,42	46,99	0,04	0,00	25,34	3,60	0,33	168,99	0,09	0,02	39,61	5,46	0,47	237,51
0,19	0,06	10,68	3,38	0,42	47,77	0,07	0,00	37,75	3,70	0,33	170,22	0,13	0,03	58,43	5,64	0,47	237,84
0,25	0,07	12,62	3,47	0,42	48,54	0,12	0,01	48,06	3,80	0,33	171,61	0,20	0,06	74,44	5,81	0,47	238,33
0,33	0,09	14,37	3,55	0,43	49,32	0,17	0,03	56,62	3,91	0,33	172,31	0,29	0,08	87,81	5,99	0,47	239,32
0,41	0,10	15,92	3,63	0,44	50,10	0,24	0,05	64,14	4,02	0,33	173,36	0,37	0,10	99,86	6,15	0,47	240,32
0,49	0,12	17,67	3,72	0,44	50,10	0,32	0,07	70,60	4,14	0,33	173,89	0,47	0,13	111,08	6,32	0,47	240,81
0,58	0,13	19,03	3,80	0,45	50,10	0,39	0,09	77,42	4,23	0,33	175,11	0,57	0,15	119,99	6,48	0,47	241,64
0,65	0,15	20,19	3,90	0,46	51,07	0,47	0,11	83,36	4,36	0,33	175,98	0,69	0,18	128,25	6,65	0,47	243,45
0,74	0,16	21,55	3,98	0,46	51,65	0,56	0,13	88,60	4,47	0,33	176,86	0,80	0,20	136,33	6,82	0,47	244,11
0,82	0,18	22,72	4,06	0,46	51,65	0,65	0,14	94,20	4,59	0,33	177,56	0,94	0,22	143,93	6,98	0,47	246,26
0,92	0,19	24,27	4,14	0,47	53,01	0,73	0,16	99,44	4,69	0,33	178,08	1,05	0,25	150,69	7,15	0,47	247,25
1,00	0,21	25,24	4,23	0,47	53,40	0,81	0,18	104,33	4,80	0,33	178,95	1,20	0,27	156,63	7,31	0,47	248,40
1,09	0,22	26,41	4,32	0,47	53,40	0,90	0,20	108,35	4,91	0,33	179,48	1,34	0,28	162,91	7,47	0,47	250,05
1,16	0,25	27,96	4,42	0,47	53,59	1,00	0,21	112,55	5,02	0,33	180,53	1,48	0,29	167,69	7,62	0,47	250,55
1,24	0,25	28,54	4,49	0,48	54,56	1,10	0,23	117,09	5,12	0,33	181,05	1,62	0,31	172,48	7,78	0,47	252,86
1,32	0,27	29,71	4,57	0,48	55,54	1,20	0,24	120,93	5,23	0,33	182,28	1,77	0,32	176,77	7,93	0,47	254,01
1,41	0,28	30,87	4,63	0,50	59,42	1,29	0,25	124,25	5,34	0,33	183,15	1,91	0,35	180,73	8,09	0,47	254,01
1,48	0,28	31,85	4,71	0,50	60,39	1,37	0,25	127,75	5,46	0,33	183,67	2,05	0,36	185,68	8,25	0,47	253,52
1,57	0,29	32,82	4,80	0,50	60,39	1,47	0,26	131,42	5,57	0,33	184,55	2,21	0,36	189,64	8,41	0,47	253,52
1,65	0,31	33,98	4,89	0,50	60,58	1,56	0,27	134,22	5,69	0,33	185,07	2,36	0,37	194,43	8,58	0,47	253,52
1,73	0,32	34,76	4,96	0,50	60,58	1,66	0,28	137,54	5,80	0,33	185,77	2,51	0,37	197,40	8,73	0,47	253,68
1,82	0,33	35,53	5,05	0,50	60,97	1,75	0,31	140,68	5,92	0,33	186,82	2,67	0,37	201,20	8,90	0,47	253,68
1,90	0,34	36,51	5,13	0,50	60,97	1,84	0,31	144,00	6,02	0,33	187,34	2,84	0,37	204,50	9,06	0,47	253,19
1,99	0,35	37,28	5,22	0,50	60,97	1,95	0,31	146,80	6,14	0,33	188,22	3,00	0,39	207,14	9,24	0,47	252,69
2,07	0,35	38,25	5,30	0,51	62,33	2,05	0,31	148,90	6,25	0,33	189,09	3,16	0,41	209,45	9,39	0,47	253,52
2,15	0,36	39,03	5,38	0,51	62,53	2,16	0,31	150,82	6,35	0,33	189,09	3,34	0,41	211,76	9,55	0,47	253,68
2,23	0,36	40,00	5,47	0,51	62,53	2,26	0,31	152,92	6,47	0,33	189,96	3,51	0,44	213,91			
2,31	0,36	40,58	5,56	0,51	62,53	2,36	0,31	154,66	6,59	0,33	190,31	3,66	0,44	216,55			
2,40	0,37	40,97	5,65	0,51	62,53	2,47	0,31	156,59	6,70	0,33	190,49	3,84	0,44	218,36			
2,51	0,39	41,55	5,73	0,51	62,53	2,58	0,31	158,33	6,83	0,33	190,66	3,99	0,44	220,34			
2,59	0,39	43,11	5,82	0,51	62,72	2,70	0,31	159,56	6,94	0,33	190,66	4,15	0,44	222,98			
2,67	0,39	43,30	5,90	0,51	62,91	2,81	0,33	160,95	7,05	0,33	191,01	4,32	0,46	224,97			
2,76	0,39	43,88	5,98	0,52	63,11	2,92	0,33	162,53	7,17	0,33	191,36	4,46	0,46	227,94			
2,85	0,40	44,08	6,07	0,52	63,11	3,05	0,33	163,75	7,28	0,33	191,19	4,65	0,46	229,59			
2,95	0,41	44,66	6,15	0,52	63,11	3,16	0,33	165,50	7,39	0,33	191,01	4,82	0,46	231,73			
3,04	0,41	44,86	6,24	0,52	62,91	3,27	0,33	166,55	7,51	0,33	191,01	4,97	0,46	233,55			
3,13	0,41	45,24	6,33	0,52	62,91	3,38	0,33	167,60	7,62	0,34	190,49	5,14	0,47	234,70			

Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
Norma ASTM D3080

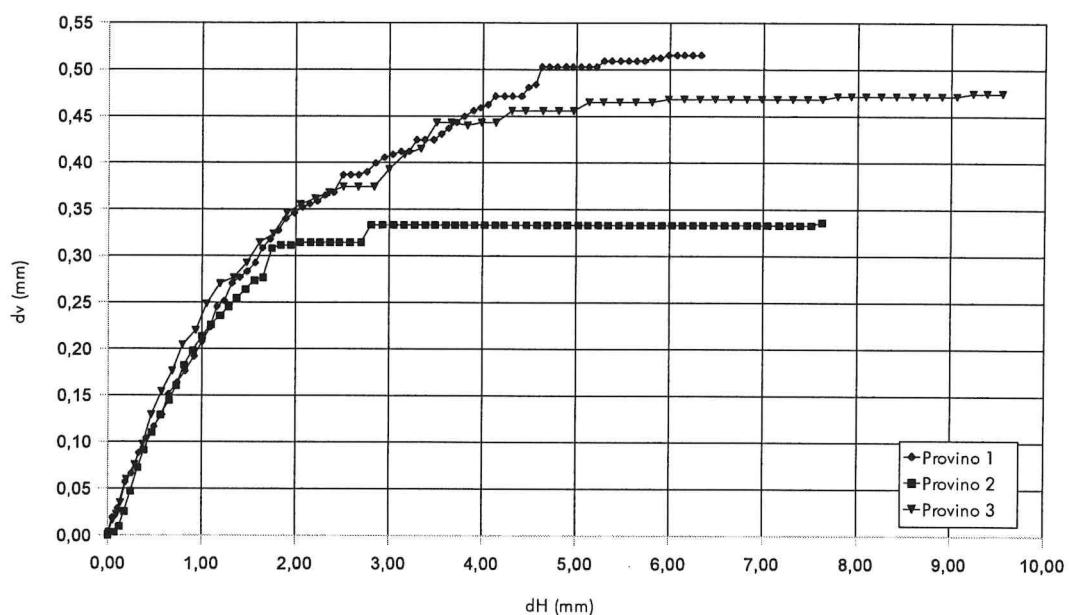


Committente: Dott. Geol. Simone SFORNA per conto del Comune di DERUTA  
Riferimento: Scuola Elementare S.Angelo di Celle  
Località: S. Angelo di Celle, Deruta (PG)

N° Certificato 12/152  
N° Verbale accettazione 12/14  
Data emissione 28/02/12  
Data ricevimento 17/02/12

Sondaggio	S1	Campione	C1	Profondità	1,40 – 1,50 m
Descrizione	Sabbia limosa con ghiaia				

**PROVA DI TAGLIO - Diagramma sedimenti verticali vs sedimenti orizzontali**



Lo sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
**Norma ASTM D3080**

Committente: Dott. Geol. Simone SFORNA per conto del Comune di DERUTA

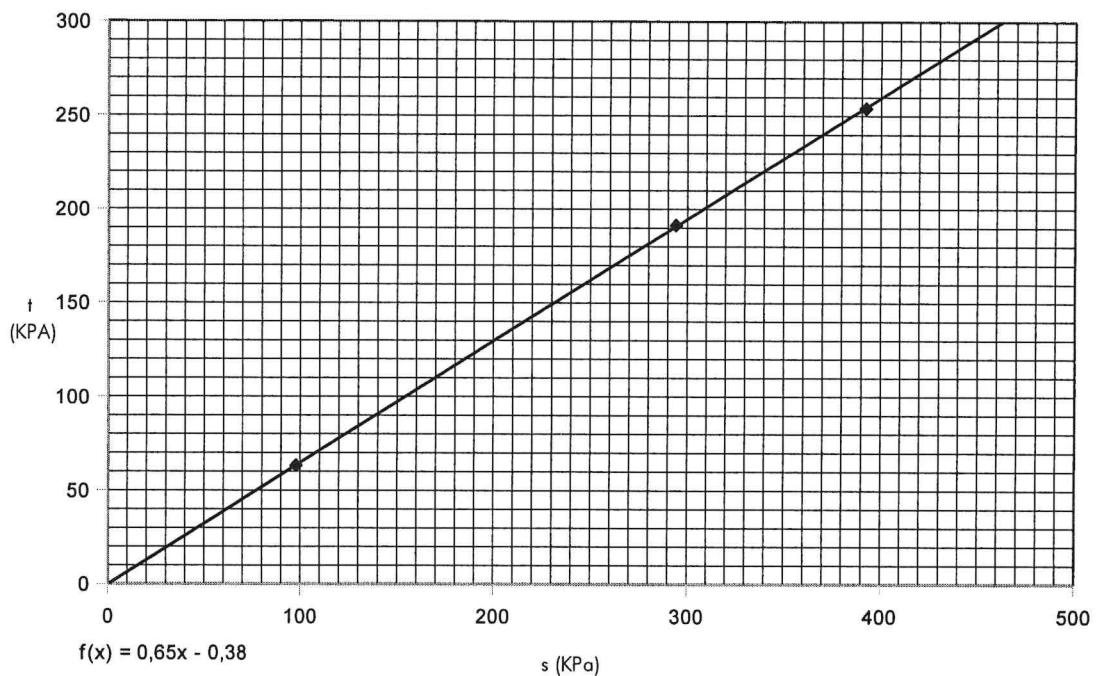
Riferimento: Scuola Elementare S.Angelo di Celle

Località: S. Angelo di Celle, Deruta (PG)

Sondaggio	<b>S1</b>	Campione	<b>C1</b>	Profondità	<b>1,40 – 1,50 m</b>
Descrizione	<b>Sabbia limosa con ghiaia</b>				

**Tipo prova: CONSOLIDATA DRENATA**

Dimensioni provini				Inizio prova	18/02/2012	Velocità prova		
Lato (mm)	Altezza (mm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Fine prova		0,0050 mm/min		
60,00	22,00	36,00	79,20	<b>PROVINO</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
caratteristiche iniziali	peso di volume			KN/m <sup>3</sup>	17,14	17,74	17,73	
	indice dei vuoti				0,58	0,53	0,53	
	grado di saturazione				0,19	0,21	0,21	
consolidazione	pressione verticale $\sigma$			KPa	98,07	294,20	392,27	
	tempo di consolidazione $t$				H	24	24	24
	altezza finale				mm	20,88	19,93	17,24
	cedimento finale				mm	0,52	0,33	0,47
rottura	sollecitazione tangenziale			KPa	63,11	191,36	254,01	
	deformazione trasversale				mm	5,98	7,17	7,93
	deformazione normale				mm	0,52	0,34	0,47
	contenuto in acqua finale Wf				%	14,44	14,34	12,74
	peso di volume secco			KN/m <sup>3</sup>	17,49	18,63	22,07	



Angolo di attrito interno	$\phi' =$	<b>33,02</b>	gradi
Coesione	$c' =$	<b>0,00</b>	Kpa

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Comune di Deruta  
Cantiere: Ampliamento Scuola  
Località: Scuola S'Angelo di Celle

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

## PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda rilevata

DPSH TG 63-200 PAGANI  
 16/02/2012  
 8,00 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Minimo/Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	2	0,855	17,96	21,01	0,90	1,05
0,40	3	0,851	26,82	31,52	1,34	1,58
0,60	4	0,847	32,67	38,57	1,63	1,93
0,80	7	0,843	56,93	67,50	2,85	3,38
1,00	15	0,790	114,24	144,65	5,71	7,23
1,20	18	0,786	136,48	173,58	6,82	8,68
1,40	10	0,833	80,32	96,43	4,02	4,82
1,60	9	0,830	66,53	80,20	3,33	4,01
1,80	9	0,826	66,27	80,20	3,31	4,01
2,00	10	0,823	73,35	89,11	3,67	4,46
2,20	22	0,720	141,17	196,04	7,06	9,80
2,40	11	0,817	80,10	98,02	4,00	4,90
2,60	25	0,714	147,88	207,04	7,39	10,35
2,80	43	0,611	217,73	356,11	10,89	17,81
3,00	36	0,659	196,38	298,14	9,82	14,91
3,20	30	0,706	175,41	248,45	8,77	12,42
3,40	28	0,703	163,11	231,89	8,16	11,59
3,60	29	0,701	157,23	224,33	7,86	11,22
3,80	24	0,698	129,66	185,65	6,48	9,28
4,00	14	0,746	80,79	108,30	4,04	5,41
4,20	12	0,794	73,68	92,83	3,68	4,64
4,40	16	0,741	91,77	123,77	4,59	6,19
4,60	17	0,739	91,20	123,37	4,56	6,17
4,80	17	0,737	90,93	123,37	4,55	6,17
5,00	12	0,785	68,36	87,08	3,42	4,35
5,20	9	0,783	51,14	65,31	2,56	3,27
5,40	10	0,781	56,68	72,57	2,83	3,63
5,60	10	0,779	53,25	68,34	2,66	3,42
5,80	12	0,777	63,74	82,01	3,19	4,10
6,00	16	0,725	79,33	109,35	3,97	5,47
6,20	20	0,724	98,92	136,68	4,95	6,83
6,40	24	0,672	110,22	164,02	5,51	8,20
6,60	24	0,670	103,90	154,99	5,19	7,75
6,80	25	0,669	107,97	161,45	5,40	8,07
7,00	25	0,667	107,71	161,45	5,39	8,07
7,20	26	0,666	111,76	167,90	5,59	8,40
7,40	26	0,664	111,51	167,90	5,58	8,40
7,60	25	0,663	101,41	153,02	5,07	7,65
7,80	26	0,661	105,24	159,14	5,26	7,96
8,00	27	0,660	109,06	165,26	5,45	8,26

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI MINIMI

### TERRENI COESIVI I

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno vegetale e riporti	2,98	1,40	De Beer	0,37
[2] - Sabbie limose	13,41	2,40	De Beer	1,68
[3] - Ghiaie sabbiose	20,86	4,00	De Beer	2,61
[4] - Sabbie limose	13,41	5,60	De Beer	1,68
[5] - Argille limose	17,88	8,00	De Beer	2,24

### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno vegetale e riporti	2,98	1,40	Stroud e Butler (1975)	13,67
[2] - Sabbie limose	13,41	2,40	Stroud e Butler (1975)	61,53
[3] - Ghiaie sabbiose	20,86	4,00	Stroud e Butler (1975)	95,71
[4] - Sabbie limose	13,41	5,60	Stroud e Butler (1975)	61,53
[5] - Argille limose	17,88	8,00	Stroud e Butler (1975)	82,03

### Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno vegetale e riporti	2,98	1,40	Apollonia	29,80
[2] - Sabbie limose	13,41	2,40	Apollonia	134,10
[3] - Ghiaie sabbiose	20,86	4,00	Apollonia	208,60
[4] - Sabbie limose	13,41	5,60	Apollonia	134,10
[5] - Argille limose	17,88	8,00	Apollonia	178,80

### TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Terreno vegetale e riporti	2,98	1,40	2,98	Meyerhof 1957	8,63
[2] - Sabbie limose	13,41	2,40	13,41	Meyerhof 1957	12,92
[3] - Ghiaie sabbiose	20,86	4,00	20,86	Meyerhof 1957	14,06
[4] - Sabbie limose	13,41	5,60	13,41	Meyerhof 1957	10,09
[5] - Argille limose	17,88	8,00	16,44	Meyerhof 1957	9,85

### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Terreno vegetale e riporti	2,98	1,40	2,98	Owasaki & Iwasaki	22,72
[2] - Sabbie limose	13,41	2,40	13,41	Owasaki & Iwasaki	31,38
[3] - Ghiaie sabbiose	20,86	4,00	20,86	Owasaki & Iwasaki	35,43
[4] - Sabbie limose	13,41	5,60	13,41	Owasaki & Iwasaki	31,38
[5] - Argille limose	17,88	8,00	16,44	Owasaki & Iwasaki	33,13

### Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno vegetale e riporti	2,98	1,40	2,98	Schmertmann (1978) (Sabbie)	23,84
[2] - Sabbie limose	13,41	2,40	13,41	Schmertmann	107,28

(1978) (Sabbie)	
Schmertmann (1978) (Sabbie)	166,88
Schmertmann (1978) (Sabbie)	107,28
Schmertmann (1978) (Sabbie)	131,52

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno vegetale e riporti	2,98	1,40	2,98	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	33,59
[2] - Sabbie limose	13,41	2,40	13,41	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	55,01
[3] - Ghiaie sabbiose	20,86	4,00	20,86	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	70,31
[4] - Sabbie limose	13,41	5,60	13,41	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	55,01
[5] - Argille limose	17,88	8,00	16,44	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	61,23

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale e riporti	2,98	1,40	2,98	Meyerhof ed altri	1,45
[2] - Sabbie limose	13,41	2,40	13,41	Meyerhof ed altri	1,84
[3] - Ghiaie sabbiose	20,86	4,00	20,86	Meyerhof ed altri	2,01
[4] - Sabbie limose	13,41	5,60	13,41	Meyerhof ed altri	1,84
[5] - Argille limose	17,88	8,00	16,44	Meyerhof ed altri	1,92

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale e riporti	2,98	1,40	2,98	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
[2] - Sabbie limose	13,41	2,40	13,41	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,94
[3] - Ghiaie sabbiose	20,86	4,00	20,86	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,41
[4] - Sabbie limose	13,41	5,60	13,41	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,94
[5] - Argille limose	17,88	8,00	16,44	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,96

#### Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Terreno vegetale e riporti	2,98	1,40	2,98	(A.G.I.)	0,35
[2] - Sabbie limose	13,41	2,40	13,41	(A.G.I.)	0,33
[3] - Ghiaie sabbiose	20,86	4,00	20,86	(A.G.I.)	0,31
[4] - Sabbie limose	13,41	5,60	13,41	(A.G.I.)	0,33
[5] - Argille limose	17,88	8,00	16,44	(A.G.I.)	0,32

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno vegetale e riporti	2,98	1,40	2,98	Ohsaki (Sabbie pulite)	181,42
[2] - Sabbie limose	13,41	2,40	13,41	Ohsaki (Sabbie)	745,93

[3] - Ghiaie sabbiose	20,86	4,00	20,86	Ohsaki (Sabbie pulite)	1129,97
[4] - Sabbie limose	13,41	5,60	13,41	Ohsaki (Sabbie pulite)	745,93
[5] - Argille limose	17,88	8,00	16,44	Ohsaki (Sabbie pulite)	903,36

### **STIMA PARAMETRI GEOTECNICI MEDI**

#### **TERRENI COESIVI I**

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno vegetale e riporti	12,56	1,40	De Beer	1,57
[2] - Sabbie limose	18,18	2,40	De Beer	2,27
[3] - Ghiaie sabbiose	42,64	4,00	De Beer	5,33
[4] - Sabbie limose	19,19	5,60	De Beer	2,40
[5] - Argille limose	34,27	8,00	De Beer	4,28

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno vegetale e riporti	12,56	1,40	Stroud e Butler (1975)	57,63
[2] - Sabbie limose	18,18	2,40	Stroud e Butler (1975)	83,41
[3] - Ghiaie sabbiose	42,64	4,00	Stroud e Butler (1975)	195,63
[4] - Sabbie limose	19,19	5,60	Stroud e Butler (1975)	88,04
[5] - Argille limose	34,27	8,00	Stroud e Butler (1975)	157,23

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno vegetale e riporti	12,56	1,40	Apollonia	125,60
[2] - Sabbie limose	18,18	2,40	Apollonia	181,80
[3] - Ghiaie sabbiose	42,64	4,00	Apollonia	426,40
[4] - Sabbie limose	19,19	5,60	Apollonia	191,90
[5] - Argille limose	34,27	8,00	Apollonia	342,70

#### **TERRENI INCOERENTI I**

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Terreno vegetale e riporti	12,56	1,40	12,56	Meyerhof 1957	17,73
[2] - Sabbie limose	18,18	2,40	18,18	Meyerhof 1957	15,04
[3] - Ghiaie sabbiose	42,64	4,00	42,64	Meyerhof 1957	20,1
[4] - Sabbie limose	19,19	5,60	17,095	Meyerhof 1957	11,39
[5] - Argille limose	34,27	8,00	24,635	Meyerhof 1957	12,05

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Terreno vegetale e riporti	12,56	1,40	12,56	Owasaki & Iwasaki	30,85
[2] - Sabbie limose	18,18	2,40	18,18	Owasaki & Iwasaki	34,07
[3] - Ghiaie sabbiose	42,64	4,00	42,64	Owasaki & Iwasaki	44,2
[4] - Sabbie limose	19,19	5,60	17,095	Owasaki & Iwasaki	33,49
[5] - Argille limose	34,27	8,00	24,635	Owasaki & Iwasaki	37,2

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno vegetale e riporti	12,56	1,40	12,56	Schmertmann (1978) (Sabbie)	100,48
[2] - Sabbie limose	18,18	2,40	18,18	Schmertmann (1978) (Sabbie)	145,44
[3] - Ghiaie sabbiose	42,64	4,00	42,64	Schmertmann (1978) (Sabbie)	341,12
[4] - Sabbie limose	19,19	5,60	17,095	Schmertmann (1978) (Sabbie)	136,76
[5] - Argille limose	34,27	8,00	24,635	Schmertmann (1978) (Sabbie)	197,08

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno vegetale e riporti	12,56	1,40	12,56	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	53,26
[2] - Sabbie limose	18,18	2,40	18,18	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	64,81
[3] - Ghiaie sabbiose	42,64	4,00	42,64	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	115,05
[4] - Sabbie limose	19,19	5,60	17,095	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	62,58
[5] - Argille limose	34,27	8,00	24,635	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	78,07

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale e riporti	12,56	1,40	12,56	Meyerhof ed altri	1,81
[2] - Sabbie limose	18,18	2,40	18,18	Meyerhof ed altri	1,96
[3] - Ghiaie sabbiose	42,64	4,00	42,64	Meyerhof ed altri	2,21
[4] - Sabbie limose	19,19	5,60	17,095	Meyerhof ed altri	1,93
[5] - Argille limose	34,27	8,00	24,635	Meyerhof ed altri	2,07

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale e riporti	12,56	1,40	12,56	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,93
[2] - Sabbie limose	18,18	2,40	18,18	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,97
[3] - Ghiaie sabbiose	42,64	4,00	42,64	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50
[4] - Sabbie limose	19,19	5,60	17,095	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,96
[5] - Argille limose	34,27	8,00	24,635	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,48

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Terreno vegetale e riporti	12,56	1,40	12,56	(A.G.I.)	0,33
[2] - Sabbie limose	18,18	2,40	18,18	(A.G.I.)	0,32
[3] - Ghiaie sabbiose	42,64	4,00	42,64	(A.G.I.)	0,27
[4] - Sabbie limose	19,19	5,60	17,095	(A.G.I.)	0,32
[5] - Argille limose	34,27	8,00	24,635	(A.G.I.)	0,31

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno vegetale e riporti	12,56	1,40	12,56	Ohsaki (Sabbie pulite)	701,40
[2] - Sabbie limose	18,18	2,40	18,18	Ohsaki (Sabbie pulite)	992,96
[3] - Ghiaie sabbiose	42,64	4,00	42,64	Ohsaki (Sabbie pulite)	2212,80
[4] - Sabbie limose	19,19	5,60	17,095	Ohsaki (Sabbie pulite)	937,15
[5] - Argille limose	34,27	8,00	24,635	Ohsaki (Sabbie pulite)	1321,21