

Studio di geologia ambientale



Dott. Geol.

Roberto Pucciarelli

Piazza Mauruzi, 17 - 62029 Tolentino (MC)  
Tel./fax 0733/960504 - 392/3899196  
C.F. PCC RRT 68P18 L191Q  
P.I. 01280050434

Comune:

**TOLENTINO (MC)**

Committente:

**AMMINISTRAZIONE COMUNALE**

## INDAGINE GEOLOGICA

PIANO NAZIONALE SICUREZZA STRADALE (PNSS)

4° E 5° PROGRAMMA ANNUALE DI ATTUAZIONE.

BANDO PER L'ACCESSO AI COFINANZIAMENTI PER INTERVENTI A FAVORE  
DELLA SICUREZZA STRADALE

INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA STRADALE NELLE AREE  
URBANE - VIABILITÀ NELLE ZONE SEMIPERIFERICHE EST/OVEST

Dott. Geol. Fabrizio Tombolini

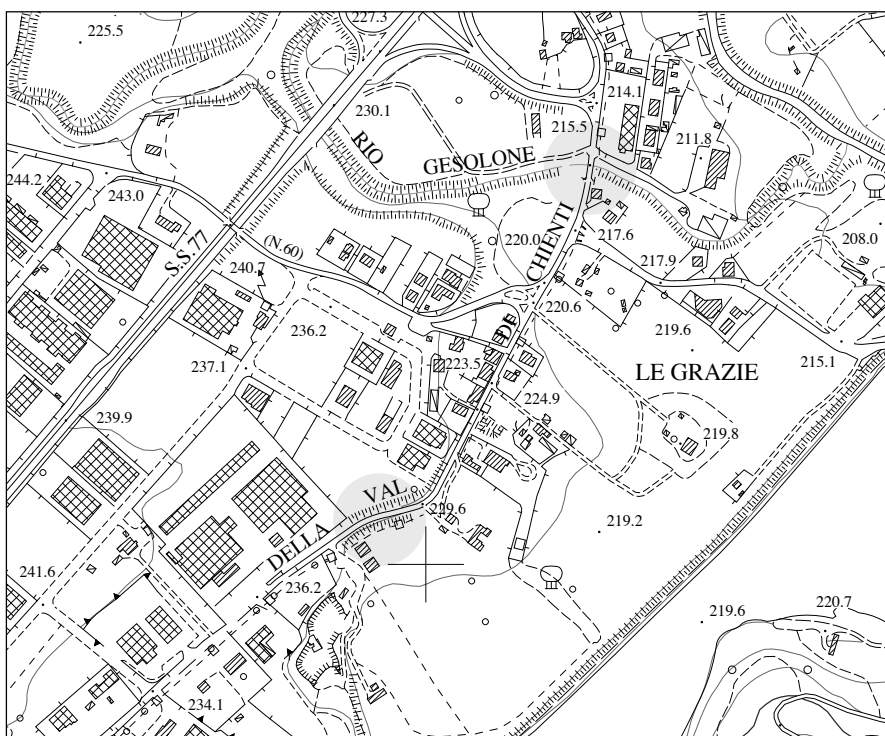
### RELAZIONE

data:

**Settembre  
2015**

elaborato:

scala:



## INDICE

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>2. ANALISI DEI DATI ESISTENTI</b> .....	<b>4</b>
<b>3. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO</b> .....	<b>5</b>
<b>4. MODELLO GEOLOGICO</b> .....	<b>6</b>
4.1 <u>INQUADRAMENTO GEOLOGICO</u> .....	6
4.2 <u>CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE</u> .....	9
4.2.1 <u>PLANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) - IFFI</u> .....	11
4.3 <u>CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE</u> .....	11
4.4 <u>STRATIGRAFIA DEL TERRENO</u> .....	12
4.5 <u>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA</u> .....	13
4.6 <u>CARATTERIZZAZIONE SISMICA</u> .....	15
4.6.1 <u>CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE</u> .....	16
4.6.2 <u>STIMA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA</u> .....	19
<b>5. ATTENDIBILITÀ DEL MODELLO GEOLOGICO</b> .....	<b>12</b>
<b>6. CONSIDERAZIONI SULLE STRUTTURE FONDALI</b> .....	<b>26</b>
<b>7. CONCLUSIONI</b> .....	<b>27</b>

### Figure nel testo:

- Corografia - Scala 1:25.000 (Fig. n° 1);
- Inquadramento topografico - Scala 1:10.000 (Fig. n° 2);
- Carta geologica e geomorfologica con elementi di idrogeologia - Scala 1:5.000 (Fig. n° 3);
- Planimetria generale area A (ubicazione indagini geognostiche e geofisiche) - Scala 1:200 (Fig. n° 4);
- Sezione stato attuale area A - Scala 1:100 (Fig. n° 4.1);
- Planimetria generale area B (ubicazione indagini geognostiche) - Scala 1:400 (Fig. n° 5);
- Sezioni litostratigrafiche schematiche 1 - 2 - Scala 1:100 (Fig. n° 6);
- Stralcio cartografia P.A.I. TAV. RI51b - Scala 1:10.000 (Fig. n° 7).

### Allegati nel testo :

- Allegato A (Stratigrafia sondaggio geognostico);
- Allegato B (Certificati prove penetrometriche dinamiche DPSH);
- Allegato C (Indagine geofisica);
- Allegato D (Documentazione fotografica).

## 1. PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Tolentino è stata redatta la presente relazione geologica relativa al progetto per la realizzazione di due tratti di marciapiede in **Via Madre Teresa di Calcutta**, ad ovest del centro abitato di Tolentino; il primo in adiacenza al ponte che attraversa il Torrente Cesolone (**Area A**), il secondo (**Area B**) in corrispondenza della banchina stradale (lato valle) localizzata circa 550 m a sud-ovest. I due interventi rientrano nell'ambito del "Piano Nazionale Sicurezza Stradale (Pnss), 4° e 5° Programma Annuale Di Attuazione. Bando per l'accesso ai cofinanziamenti per interventi a favore della sicurezza stradale. Interventi di miglioramento della sicurezza stradale nelle aree urbane – Viabilità nelle zone semiperiferiche est/ovest".

Il presente lavoro riveste un carattere prettamente geologico, vengono infatti analizzate, in dettaglio, le caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, stratigrafiche, geomeccaniche e sismiche del sito di interesse progettuale; vengono altresì fornite indicazioni di massima in relazione alla tipologia di fondazione da adottare.

Non viene invece espletata l'analisi geotecnica di dettaglio, inerente la valutazione della portanza del terreno agli *Stati Limite Ultimi*, in quanto non richiesta dalla Ditta Committente.

La Normativa Tecnica di riferimento può essere così sintetizzata:

**D.M. LL.PP. del 11/03/1988**

*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.*

**D.M. LL.PP. del 14/02/1992**

*Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.*

**D.M. 9 Gennaio 1996**

*Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche*

**D.M. 16 Gennaio 1996**

*Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi*

**D.M. 16 Gennaio 1996**

*Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche*

**Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.**

*Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996*

**Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.**

*Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996*

**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 per le Costruzioni 2008**

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

**Eurocodice 7**

*Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.*

**Eurocodice 8**

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

La metodologia operativa adottata è così schematizzabile:

- *sopralluoghi diretti nell'area oggetto di studio;*
- *reperimento dei dati esistenti riguardanti il sito in esame;*
- *rilievi e controlli geologici, geomorfologici ed idrogeologici;*
- *esecuzione di un n° 1 sondaggio geognostico a rotazione;*
- *esecuzione di n° 2 prove penetrometriche dinamiche DPSH;*
- *esecuzione di n° 1 indagine geofisica con metodologia HVSR;*
- *stesura della relazione esplicativa e degli elaborati cartografici.*

## **2. ANALISI DEI DATI ESISTENTI**

L'area oggetto di studio ricade nel Foglio n° 124 - Macerata della Carta Geologica d'Italia, alla scala 1:100.000 (1967). Tale documento fornisce soltanto un inquadramento generale che può ritenersi superato dalla recente Carta dell'Ambiente Fisico delle Marche, alla scala 1:100.000, redatta nel 1991. Attualmente sono in corso di elaborazione e stampa definitiva, alcuni fogli geologici alla scala 1:50.000, riguardanti il territorio in esame, redatti nell'ambito del Progetto CARG.

Le principali pubblicazioni consultate sono state:

- ❖ *Le sorgenti della Provincia di Macerata* - Studio idrogeologico (Vol. I-II; a cura dell'Università di Camerino, 1972).
- ❖ *Carta Geologica dei depositi neogenico-quadernari tra il F. Potenza e il F. Tronto* (G. Cantalamessa ed altri, Studi Geologici Camerti, Numero Speciale, VII, 1983).
- ❖ *L'ambiente Fisico delle Marche - Geologia-Geomorfologia-Idrologia* (Regione Marche, Assessorato Urbanistica-Ambiente, 1991).
- ❖ *Analisi dell'evoluzione tettonico-sedimentaria dei bacini minori torbiditici del Miocene medio-superiore nell'Appennino umbro-marchigiano e laziale-abruzzese: 9) Il bacino della Laga tra il F. Potenza ed il F. Fiastrone - T. Fiastrella* (Studi Geologici Camerti, Istituto di Geologia Univ. di Camerino, Volume VII, 1981-82).
- ❖ *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* (a cura di Torquato Nanni), Provincia di Macerata - Assessorato all'Ambiente (2000).

❖ *Carta del Rischio Idrogeologico Potenziale nella Provincia di Macerata (Marche)* - scala 1:100.000 (A cura di Torquato Nanni) - Amministrazione Provinciale di Macerata - Settore Ambiente e Territorio (2000).

❖ *Carta Geologica d'Italia - Catalogo delle Formazioni* - Quaderni Serie III – Volume 7 – Fascicolo VI (2007).

❖ *Carta Geologica d'Italia - Catalogo delle Formazioni* - Quaderni Serie III – Volume 7 – Fascicolo VII (2007).

Tali studi a carattere generale, forniscono utili indicazioni per inquadrare il territorio comunale in un contesto più ampio, relativamente alle condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche.

### **3. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO**

L'area in esame è ubicata nella Carta Topografica Regionale *Foglio 124 Macerata, quadrante 124 I*, in scala 1:25.000 (Fig. n° 1) e più precisamente nella *Carta Tecnica Regionale, Foglio 313 Camerino - Sezione 313040 Le Grazie*, alla scala 1:10.000 (Fig. n° 2).

I siti di interesse progettuale si localizzano ad ovest del centro abitato di Tolentino, insistono sui depositi alluvionali e di conoide posti in sinistra idrografica del Fiume Chienti e presentano una morfologia sub-pianeggiante o debolmente acclive verso sud – est. L'area A si trova ad una quota di circa 215.0 m.s.l.m., mentre l'area B insiste circa a quota 230.0 m.s.l.m.

Le coordinate geografiche dei siti di intervento (zona baricentrica), espresse nel sistema di riferimento WGS84, sono: Latitudine: 43.1913, Longitudine: 13.2674 per l'area A e Latitudine: 43.1870, Longitudine: 13.2639 per l'area B.

## **4. MODELLO GEOLOGICO**

### **4.1 Inquadramento geologico**

Il sito di interesse progettuale denominato “Area A”, si caratterizza per la presenza dei depositi alluvionali terrazzati sedimentati dal *Fiume Chienti*, cronologicamente riferibili all’*Olocene*. Tali terreni sono sovrastati dai depositi del conoide alluvionale, *quiescente*, che si diparte dal *Rio Cesolone* e che si apre a ventaglio sopra il ripiano alluvionale posto in sinistra idrografica dello stesso Chienti (Fig. n° 3).

Da un punto di vista litologico tali depositi sono costituiti da clasti prevalentemente calcarei, ben arrotondati, granulometricamente classificabili come ghiaie con ciottoli in matrice sabbiosa e/o sabbioso-limosa a luoghi abbondante; sono inoltre presenti intercalazioni, prevalentemente discontinue, lenticolari e/o stratiformi, di sabbie limose, limi sabbiosi, limi argilloso - sabbiosi e, subordinatamente, argille limose.

L’esecuzione di una perforazione di sondaggio, spinta fino alla profondità massima di 6.00 rispetto al piano stradale (ved. Fig. n° 4 – *Allegato A*), ha evidenziato, al di sotto del terreno di riporto spesso 1.50 m, la presenza di sedimenti alluvionali (fini e grossolani) fino alla profondità di 5.50 m. Il substrato è costituito dai litotipi argilloso – marnosi ascrivibili alla *litofacies pelitico – arenacea* della **Formazione della Laga** (*Messiniano p.p.*).

L’“Area B” si sviluppa in corrispondenza dell’orlo di scarpata di terrazzo, smussata e rimaneggiata dall’azione antropica (non cartografata in Fig. n° 3), che separa i depositi alluvionali del III ordine dal sottostante ripiano olocenico.

Da un punto di vista litologico tali depositi sono costituiti da clasti prevalentemente calcarei, ben arrotondati, granulometricamente classificabili come ghiaie con ciottoli in matrice sabbiosa e/o sabbioso-limosa a luoghi abbondante; sono inoltre presenti intercalazioni, prevalentemente discontinue, lenticolari e/o stratiformi, di sabbie limose, limi sabbiosi, limi argilloso - sabbiosi e, subordinatamente, argille limose.

L'esecuzione di n° 2 prove penetrometriche dinamiche (ved. Fig. n° 5 – *Allegato B*), spinte fino alla profondità massima di 5.40 m (prova penetrometrica Pp1) ha evidenziato la presenza di depositi alluvionali fini (in superficie) e grossolani (in profondità). Il substrato, non raggiunto dalle prove penetrometriche, è costituito dai litotipi argilloso – marnosi ascrivibili alla *litofacies pelitico – arenacea* della **Formazione della Laga** (*Messiniano p.p.*) e si rinviene a profondità maggiori di 10.0 m.

Di seguito si riporta, con riferimento alla carta geologica di Fig. n° 3, una dettagliata descrizione delle unità geologiche rilevate:

- UNITÀ DELLA COPERTURA

- **Coltri eluvio-colluviali:** ricoprono i versanti collinari localizzati nel settore settentrionale dell'area rilevata. Tali terreni, tessituralmente eterogenei, sono costituiti prevalentemente da limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie, inglobanti, a luoghi, inclusi arenacei e/o calcarei eterometrici. La loro genesi va ricondotta ai fenomeni di disfacimento e alterazione della roccia madre, con seguente trasporto per ruscellamento diffuso e movimenti di massa (*Olocene – Pleistocene sup.*).
- **Depositi alluvionali attuali e recenti:** costituiti da ghiaie sabbiose, sciolte o debolmente addensate, con matrice sabbioso - limosa variabile e con intercalazioni discontinue, stratiformi e/o lentiformi, di sabbie limose, limi sabbiosi, limi argilloso-sabbiosi ed argille limose (*Olocene*).
- **Depositi alluvionali terrazzati del III ordine:** ghiaie e ghiaie sabbiose, ben addensate, con matrice sabbioso - limosa variabile, e con intercalazioni discontinue di sabbie limose, limi sabbiosi e, subordinatamente, limi argillosi (*Pleistocene sup.*).



• UNITÀ DEL SUBSTRATO

**FORMAZIONE DELLA LAGA – membro post-evaporitico (età: *Messiniano p.p.*)**  
(affiorante o con copertura eluvio - colluviale di spessore < 2,0 metri)

- ***Litofacies pelitico-arenacea***: è costituita da peliti marnose e marnoso-siltose, grigie ed avana, con sottili intercalazioni di arenarie grigio-avana in strati sottili, a granulometria fine e media. All'interno di tale litofacies si rinviene intercalato un *livello vulcanoclastico*, a composizione riodacitica, che non è stato cartografato separatamente. Il rapporto sabbia-argilla è molto basso (età: *Messiniano p.p.*).

- ***Litofacies arenaceo-pelitica***: è costituita da alternanze di arenarie di colore avana-giallastro e grigie, in strati sottili e medi, a granulometria da media a grossolana ed argille marnose grigie; a luoghi si rinvengono livelli arenacei in strati spessi, ben cementati (età: *Messiniano p.p.*).

**FORMAZIONE A COLOMBACCI (età: *Messiniano p.p.*)**  
(affiorante o con copertura eluvio - colluviale di spessore < 2,0 metri)

- ***Litofacies pelitico-arenacea***: argille siltose-marnose grigio-azzurre, stratificate o sottilmente laminate, con intercalazioni di strati sottili di arenarie grigio-giallastre, a cementazione variabile (età: *Messiniano p.p.*).

- ***Litofacies arenaceo-pelitica***: arenarie grigio-giallastre, a granulometria da media a grossolana, in strati da sottili a spessi, a cementazione elevata, in cui s'intercalano sottili livelli di argille siltose grigie, sovraconsolidate (età: *Messiniano p.p.*).

L'assetto tettonico dell'area esaminata non presenta elementi di rilievo; non sono stati infatti riconosciuti disturbi quali faglie, sovrascorrimenti, ecc.

#### **4.2 Caratteristiche geomorfologiche**

L'area A, ubicata in corrispondenza del ponte che attraversa il Rio Cesolone, insiste sui dei depositi di conoide che sovrastano il ripiano alluvionale, posto in sinistra idrografica del F. Chienti, cronologicamente riferibile all'*Olocene*. Tale area, che presenta una quota di circa 215.00 m.s.l.m., è caratterizzata da una morfologia sub – pianeggiante e dalla presenza di depositi litologicamente e tessituralmente molto eterogenei, sia in senso verticale sia orizzontale, i quali presentano uno spessore pari a 5.50 m.

L'area B, posta 550 m a sud-ovest rispetto all'area A, in adiacenza al lato valle di Via Madre Teresa di Calcutta, si localizza in corrispondenza della scarpata di terrazzo che separa i depositi alluvionali del III ordine da quelli attuali e recenti. Tale area, che presenta una quota di circa 230.00 m.s.l.m., è caratterizzata da una morfologia sub – pianeggiante o debolmente acclive verso sud-est e dalla presenza di depositi litologicamente e tessituralmente molto eterogenei, sia in senso verticale sia orizzontale, i quali presentano uno spessore verosimilmente maggiore di 10.0 m.

La carta geologica e geomorfologica riportata in Fig. n° 3, 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 le principali forme, depositi e processi, rilevati e cartografati, sono imputabili all'azione della gravità, a quella delle acque correnti superficiali ed all'azione antropica.

*La tipologia dei fenomeni morfogenetici cartografati e il loro stato di attività, seguono i criteri e la simbologia della "Carta Geomorfologica d'Italia - 1:50.000, Guida al rilevamento" a cura del Gruppo di Lavoro per la Cartografia Geomorfologica - Servizio Geologico Nazionale - Gruppo Nazionale di Geografia Fisica e Geomorfologia (Quaderni serie III, volume 4, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 1994).*

In particolare, tra le **forme di versante dovute alla gravità**, sono state distinte e cartografate:

- *Corpo di frana di scorrimento roto-traslativo (attivo e quiescente);*
- *Corpo di frana di colamento (attivo);*
- *Piccola frana non classificata.*

Tali fenomeni sono spesso attivati o innescati da precipitazioni meteoriche particolarmente intense e prolungate e favoriti principalmente dall'elevata pendenza di alcuni versanti. La carta geomorfologica di Fig. n° 3 evidenzia che i processi gravitativi sopra descritti si trovano a grande distanza rispetto ai siti in oggetto e non producono, ovviamente, alcuna interferenza con gli stessi.

Per ciò che concerne le **forme fluviali e di versante dovute al dilavamento**, sono state cartografate le *scarpate di erosione fluviale* che bordano l'alveo del F. *Chienti* e del Rio *Cesolone*, i processi, in atto, di *erosione laterale* che interessano lo stesso Rio *Cesolone*, un fosso minore con *alveo in erosione lineare* ed, infine, il vasto *conoide alluvionale, quiescente*, che si apre a ventaglio sopra il ripiano alluvionale *Olocenico*.

Infine, relativamente alle **forme antropiche**, sono state cartografate la *diga* e l'*argine* del Lago delle Grazie.

***Allo stato attuale, all'interno del sito di interesse progettuale, non sono presenti fenomeni morfogenetici in atto o potenziali che possano comprometterne la naturale stabilità.***

#### ***4.2.1 Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) - IFFI***

Gli studi della Regione Marche, nell'ambito del *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI)*, non evidenziano, all'interno dei siti in esame (**TAV. RI 51b**), la presenza di aree instabili e/o potenzialmente esondabili (Fig. n° 7). L'analisi delle cartografie relative al progetto IFFI, *Inventario Fenomeni Franosi in Italia*, ha confermato l'assenza, in corrispondenza delle aree indagate, di processi riconducibili all'azione della gravità.



***Stralcio cartografia IFFI, scala 1:10.000***

#### **4.3 Caratteristiche idrologiche ed idrogeologiche**

L'area A è attraversata dal *Rio Cesolone*, tributario di sinistra del *Fiume Chienti*; l'area B non è interessata da vie di scorrimento idrico superficiali. Per ciò che concerne le caratteristiche di permeabilità, i litotipi dei depositi alluvionali grossolani possono essere classificati come terreni a *permeabilità variabile generalmente alta*, in quanto prevalgono i sedimenti ghiaioso-sabbiosi

dotati di elevata permeabilità primaria per porosità ( $K_s = 10^{-2} \div 10^{-4}$  cm/s). I depositi alluvionali fini e medio-fini ed i terreni di riporto, essendo composti prevalentemente da limi argillosi, limosi-sabbiosi e limi argilloso-sabbiosi, presentano bassi valori di permeabilità primaria ( $K_s = 10^{-6} \div 10^{-7}$  cm/s); il substrato marnoso - argilloso è caratterizzato da una permeabilità bassa o molto bassa ( $K_s = 10^{-8} \div 10^{-9}$  cm/s).

La circolazione idrica sotterranea è condizionata dalla natura dei terreni presenti; infatti la sovrapposizione stratigrafica di litotipi generalmente dotati di elevata permeabilità (depositi alluvionali grossolani), su litotipi poco permeabili o impermeabili (substrato prevalentemente pelitico), determina le condizioni potenzialmente favorevoli allo sviluppo di una significativa falda idrica.

Nel corso dell'esecuzione del sondaggio geognostico S1 (area A), sono state riscontrate deboli percolazioni idriche nella zona di contatto tra le alluvioni grossolane ed il substrato.

#### **4.4 Stratigrafia del terreno**

La sequenza stratigrafica dei terreni caratterizzanti i siti in esame è stata determinata sulla base dei dati emersi in seguito all'esecuzione di un sondaggio geognostico e n° 2 prove penetrometriche dinamiche (*Allegati A e B – Figg. n° 4 e 5*).

In Fig. n° 6 sono riportate due sezioni litostratigrafiche schematiche relative alle aree di stretto interesse progettuale.

La sequenza stratigrafica dei terreni presenti può essere sintetizzata come segue:

- ***Terreno vegetale e di riporto (litotipo A)***
- ***Depositi alluvionali fini e medio – fini***
  - Sabbie e sabbie limose (litotipo B1)*
  - Limi sabbiosi e sabbioso - argillosi (litotipo B2)*
- ***Depositi alluvionali grossolani***
  - Ghiaie sabbioso - limose (litotipo B3)*
- ***Substrato alterato***
  - Argille siltoso - marnose (litotipo C)*

### **litotipo A**

*E' costituito da limi sabbioso – argillosi di colore avana – grigiastro con resti vegetali recenti e pietrame calcareo (massicciata). Presenta spessori variabili tra 0.80 m (prova penetrometrica Pp1) e 1.50 m (sondaggio S1).*

### **litotipo B1**

*Si tratta di terreni a grana medio - fine, costituiti in prevalenza da sabbie e sabbie limose colore avana – giallastro. Possono essere classificati come terreni sciolti, mediamente addensati, normalmente consolidati. Tale litotipo è stato rinvenuto tra 0.80 m e 2.20 m in corrispondenza della prova penetrometrica Pp1 e tra 1.00 m e 2.60 sulla verticale della prova penetrometrica Pp2.*

### **litotipo B2**

*Si tratta di terreni a grana fine, costituiti da limi sabbiosi e sabbioso - argillosi di colore marrone con ghiaie sparse. Possono essere classificati come terreni sciolti o debolmente coesivi, ad addensamento variabile, normalmente consolidati. Tale litotipo è stato rinvenuto tra 1.50 m e 3.10 m in corrispondenza del sondaggio S1.*

### **litotipo B3**

*E' costituito da ghiaie calcaree eterometriche in matrice sabbioso – limosa. Si tratta di un terreno sciolto, a grana grossa, incoerente, mediamente addensato, scarsamente compressibile. È stato rinvenuto a profondità comprese tra 3.10 m e 5.50 m in corrispondenza del sondaggio S1 ed a partire dalle profondità di 2.20 m e 2.60 m rispettivamente sulle verticali della prove Pp1 e Pp2.*

### **litotipo C**

*Rappresenta il substrato dell'area indagata ed è costituito da argille marnose e/o siltoso – marnose di colore grigio. Si tratta di un terreno a grana fine e finissima, coesivo, molto consistente, scarsamente plastico, sovraconsolidato. È stato rinvenuto a partire dalla profondità di 5.50 m in corrispondenza del sondaggio S1.*

#### **4.5 Caratterizzazione geotecnica**

Le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni presenti sono state desunte dall'elaborazione delle prove penetrometriche realizzate, dalle prove di laboratorio effettuate su campioni di terreno prelevati nel corso di perforazioni eseguite in aree limitrofe a quella in esame, nonché dalla bibliografia tecnica esistente.

##### **litotipo A**

<i>Peso di volume</i>	$\gamma$	=	1.70 ÷ 1.80	(g/cm <sup>3</sup> )
<i>Angolo d'attrito interno</i>	$\phi'$	=	18° ÷ 19°	(gradi)

##### **litotipo B1**

<i>Peso di volume</i>	$\gamma$	=	1.85 ÷ 1.90	(g/cm <sup>3</sup> )
<i>Angolo di attrito interno</i>	$\phi'$	=	29° ÷ 30°	(gradi)
<i>Coesione drenata</i>	$c'$	=	0.00 ÷ 0.02	(Kg/cm <sup>2</sup> )
<i>Modulo elastico</i>	$E'$	=	75 ÷ 85	(Kg/cm <sup>2</sup> )

##### **litotipo B2**

<i>Peso di volume</i>	$\gamma$	=	1.90 ÷ 1.95	(g/cm <sup>3</sup> )
<i>Angolo di attrito interno</i>	$\phi'$	=	23° ÷ 25°	(gradi)
<i>Coesione nonj drenata</i>	$C_u$	=	0.70 ÷ 1.00	(Kg/cm <sup>2</sup> )
<i>Coesione drenata</i>	$c'$	=	0.03 ÷ 0.08	(Kg/cm <sup>2</sup> )
<i>Modulo elastico</i>	$E'$	=	60 ÷ 70	(Kg/cm <sup>2</sup> )

##### **litotipo B3**

<i>Peso di volume</i>	$\gamma$	=	1.80 ÷ 1.85	(g/cm <sup>3</sup> )
<i>Angolo di attrito interno</i>	$\phi'$	=	32° ÷ 36°	(gradi)
<i>Modulo elastico</i>	$E'$	=	300 ÷ 400	(Kg/cm <sup>2</sup> )

### litotipo C

<i>Peso di volume</i>	$\gamma$	$=$	$2.10 \div 2.20$	$(g/cm^3)$
<i>Angolo di attrito interno</i>	$\phi'$	$=$	$25^\circ \div 27^\circ$	$(gradi)$
<i>Coesione nonj drenata</i>	$C_u$	$=$	$3.00 \div 4.00$	$(Kg/cm^2)$
<i>Coesione drenata</i>	$c'$	$=$	$0.20 \div 0.25$	$(Kg/cm^2)$
<i>Modulo edometrico</i>	$E_d$	$=$	$160 \div 180$	$(Kg/cm^2)$

#### 4.6 Caratterizzazione sismica

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.



#### 4.6.1 Categoria suolo di fondazione

In ottemperanza a quanto previsto dalla vigente normativa (N.T.C. 2008 "D.M. 14/01/2008") è stata eseguita un'indagine geofisica in corrispondenza dei siti ove dovrà essere realizzato l'intervento in progetto. Tale indagine è consistita nell'esecuzione di una prova sismica con metodologia **HVSR**.

La prova HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio o tecnica di Nakamura), è una prospezione geofisica passiva e misura il "rumore sismico", ovunque presente sulla superficie terrestre, allo scopo di fornire dati sulle caratteristiche geofisiche del sito investigato.

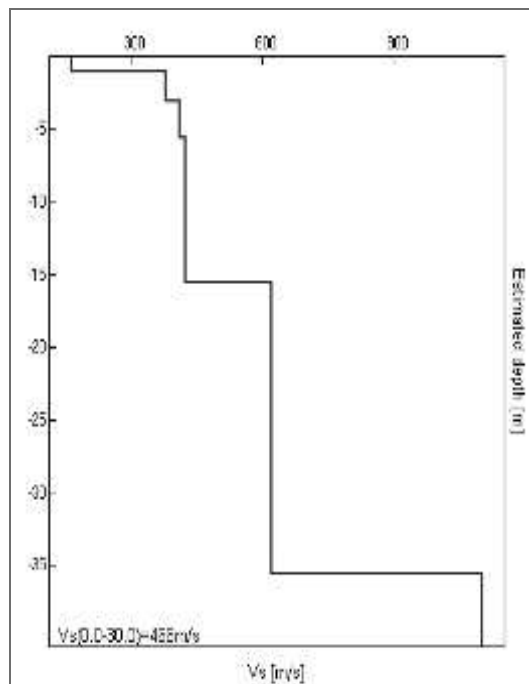
Categoria sottosuolo	Ss	Cc
<b>A</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>
<b>B</b>	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 * F0 * (ag/g) \leq 1.20$	$1.10 * (Tc)^{-020}$
<b>C</b>	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 * F0 * (ag/g) \leq 1.50$	$1.05 * (Tc)^{-033}$
<b>D</b>	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 * F0 * (ag/g) \leq 1.80$	$1.25 * (Tc)^{-050}$
<b>E</b>	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 * F0 * (ag/g) \leq 1.60$	$1.15 * (Tc)^{-040}$

<b>Categoria di suolo di fondazione</b>
<b>A) Formazioni litoidi o suoli molto rigidi</b> caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 80 m/s comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m
<b>B) Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti</b> , con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica Nspt > 50, o coesione non drenata Cu > 250 kPa)
<b>C) Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza</b> , con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (15 < Nspt < 50, 70 < Cu < 250 kPa)
<b>D) Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati coesivi da poco a mediamente consistenti</b> , caratterizzati da valori di Vs30 < 180 m/s (Nspt < 15 Cu < 70 kPa)
<b>E) Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali</b> , con valori di Vs30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 50 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con Vs30 > 800 m/s
<b>S1) Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10m di argille/limi di bassa consistenza</b> , con elevato indice di plasticità (PI > 40) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di Vs30 < 100 m/s (10 < Cu < 20 kPa)
<b>S2) Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti</b>

L'acquisizione del segnale, per un intervallo che può andare dai dodici ai venti minuti, avviene, ponendo sul terreno un tomografo digitale (tromino) al cui interno ci sono tre sensori elettrodinamici (velocimetri) ad alto guadagno disposti nelle tre direzioni dello spazio. I segnali acquisiti a loro volta sono sottoposti ad una fase di processing che porta alla individuazione

della curva dalla media dei rapporti delle componenti H/V, per mezzo della quale è possibile individuare le frequenze di risonanza del sito, correlabili ai cambi sismostratigrafici. Dallo spettro così ottenuto si hanno immediatamente informazioni sulle frequenze caratteristiche del sito e da queste, avendo un vincolo, è possibile risalire a una stima delle Vs30. La modellazione sintetica dello spettro H/V, che avviene utilizzando un'apposita tabella di input e correlando i picchi spettrali significativi, permette di ricavare spessore, profondità e le relative velocità di taglio del terreno investigato.

L'esecuzione dell'indagine sismica con metodologia HVSR ha consentito di classificare i terreni di fondazione nelle categorie di suolo descritte al paragrafo 3.2.2 delle N.T.C. 2008 "D.D.L. 14/01/2008".



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	165	0.35
3.10	2.10	380	0.33
5.60	2.50	410	0.32
15.60	10.00	425	0.29
35.60	20.00	620	0.29
inf.	inf.	1100	0.28

$$V_s(0.0-30.0) = 466 \text{ m/s}$$

La velocità di propagazione delle onde di taglio dipende dalle proprietà elastiche dei mezzi attraversati e il parametro geofisico  $V_{s30}$  è quello che meglio rappresenta la condizione geotecnica media dei primi 30 metri di sottosuolo. Infatti la velocità di propagazione delle onde trasversali dipende dalle proprietà elastiche del mezzo attraversato, come si evince dalla seguente relazione:

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\gamma}}$$

dove  $\gamma$  rappresenta la densità del corpo e  $\mu$  il modulo di rigidità o modulo di taglio che indica la resistenza di un corpo alle variazioni di forma. Le proprietà elastiche del mezzo sono a loro volta influenzate da numerosi fattori quali la compattezza o il grado di litificazione, la porosità, la tessitura, il grado alterazione e/o fratturazione, la composizione mineralogica, il contenuto di fluidi, la profondità, ecc.

Con  $V_{s30}$  si definisce la velocità media di propagazione nei primi 30 metri di profondità delle onde di taglio, il cui calcolo viene effettuato utilizzando la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 metri superiori.

Per il caso in esame, abbiamo:

$$V_{s_{30}} = 466 \text{ m/s} \rightarrow \text{Categoria suolo di fondazione "B"}$$

La relazione dell'indagine geofisica eseguita con i risultati del profilo verticale delle onde di taglio, il valore  $V_{s_{30}}$  necessario per la classificazione e le frequenze tipiche del sito, è riportata integralmente in *Allegato B*.

#### **4.6.2 Stima della pericolosità sismica**

Nel presente capitolo vengono determinati i parametri sismici di dettaglio, ovvero **Amax**, **Kh** e **Kv**. Il primo passo da compiere consiste nella determinazione di **ag** ovvero dell'accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido; noto **ag** e valutati i coefficienti di *amplificazione stratigrafica (Ss)* e *topografica (St)*, è possibile calcolare **Amax**, ovvero l'*accelerazione massima attesa nel sito*. L'analisi di seguito riportata è stata fatta utilizzando il software di calcolo GeoStru.

I parametri di input ed output sono i seguenti

#### **Parametri sismici AREA A**

Tipo di elaborazione:

*Fondazioni*

Caratteristiche sito in esame:

*latitudine:*            43,1922  
*longitudine:*        13,2683  
*Classe:*                2  
*Vita nominale:*      50

**Comune di Tolentino (MC)**  
**INDAGINE GEOLOGICA**

PIANO NAZIONALE SICUREZZA STRADALE (PNSS)

4° E 5° PROGRAMMA ANNUALE DI ATTUAZIONE.

BANDO PER L'ACCESSO AI COFINANZIAMENTI PER INTERVENTI A FAVORE DELLA SICUREZZA STRADALE

INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA STRADALE NELLE AREE URBANE –

VIABILITÀ NELLE ZONE SEMIPERIFERICHE EST/OVEST

Committente: **Amm.ne Comunale**



Siti di riferimento:

<i>Sito 1 ID:</i> 22751	<i>Lat:</i> 43,1846	<i>Lon:</i> 13,2158	<i>Distanza:</i> 4344,123
<i>Sito 2 ID:</i> 22752	<i>Lat:</i> 43,1848	<i>Lon:</i> 13,2844	<i>Distanza:</i> 1545,759
<i>Sito 3 ID:</i> 22530	<i>Lat:</i> 43,2348	<i>Lon:</i> 13,2842	<i>Distanza:</i> 4895,352
<i>Sito 4 ID:</i> 22529	<i>Lat:</i> 43,2346	<i>Lon:</i> 13,2156	<i>Distanza:</i> 6360,276

Parametri sismici:

<i>Categoria sottosuolo:</i>	B
<i>Categoria topografica:</i>	T1
<i>Periodo di riferimento:</i>	50anni
<i>Coefficiente cu:</i>	1

**Operatività (SLO):**

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	30	[anni]
ag:	0,057	g
Fo:	2,488	
Tc*:	0,276	[s]

**Danno (SLD):**

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,072	g
Fo:	2,469	
Tc*:	0,291	[s]

**Salvaguardia della vita (SLV):**

Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 475 [anni]  
ag: 0,175 g  
Fo: 2,463  
Tc\*: 0,336 [s]

**Prevenzione dal collasso (SLC):**

Probabilità di superamento: 5 %  
Tr: 975 [anni]  
ag: 0,226 g  
Fo: 2,498  
Tc\*: 0,341 [s]

**Coefficienti Sismici**

**SLO:**

Ss: 1,200  
Cc: 1,420  
St: 1,000  
Kh: 0,014  
Kv: 0,007  
Amax: 0,674  
Beta: 0,200

**SLD:**

Ss: 1,200  
Cc: 1,410  
St: 1,000  
Kh: 0,017  
Kv: 0,009  
Amax: 0,844  
Beta: 0,200

**SLV:**

Ss: 1,200  
Cc: 1,370  
St: 1,000  
Kh: 0,050  
Kv: 0,025  
Amax: 2,060  
Beta: 0,240

SLC:

Ss:	1,170
Cc:	1,360
St:	1,000
Kh:	0,074
Kv:	0,037
Amax:	2,599
Beta:	0,280

dove: **Amax = ag \* Ss \* St**

ad esempio, nel caso di SLV si ha:

$$(SLV)_{ag} = 0,175 * 9,81 = 1,7167 \text{ m/s}^2$$

da cui:

$$A_{max} = 1,7167 * 1,200 * 1,00 = 2,060 \text{ m/s}^2$$

### **Parametri sismici AREA B**

Tipo di elaborazione:

*Fondazioni*

Caratteristiche sito in esame:

<i>latitudine:</i>	<i>43,1879</i>
<i>longitudine:</i>	<i>13,2648</i>
<i>Classe:</i>	<i>2</i>
<i>Vita nominale:</i>	<i>50</i>

**Comune di Tolentino (MC)**  
**INDAGINE GEOLOGICA**

PIANO NAZIONALE SICUREZZA STRADALE (PNSS)

4° E 5° PROGRAMMA ANNUALE DI ATTUAZIONE.

BANDO PER L'ACCESSO AI COFINANZIAMENTI PER INTERVENTI A FAVORE DELLA SICUREZZA STRADALE

INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA STRADALE NELLE AREE URBANE –

VIABILITÀ NELLE ZONE SEMIPERIFERICHE EST/OVEST

Committente: **Amm.ne Comunale**



Siti di riferimento:

<i>Sito 1 ID:</i> 22751	<i>Lat:</i> 43,1846	<i>Lon:</i> 13,2158	<i>Distanza:</i> 3992,880
<i>Sito 2 ID:</i> 22752	<i>Lat:</i> 43,1848	<i>Lon:</i> 13,2844	<i>Distanza:</i> 1624,141
<i>Sito 3 ID:</i> 22530	<i>Lat:</i> 43,2348	<i>Lon:</i> 13,2842	<i>Distanza:</i> 5433,659
<i>Sito 4 ID:</i> 22529	<i>Lat:</i> 43,2346	<i>Lon:</i> 13,2156	<i>Distanza:</i> 6544,867

Parametri sismici:

<i>Categoria sottosuolo:</i>	B
<i>Categoria topografica:</i>	T1
<i>Periodo di riferimento:</i>	50anni
<i>Coefficiente cu:</i>	1

**Operatività (SLO):**

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	30	[anni]
ag:	0,057	g
Fo:	2,488	
Tc*:	0,276	[s]

**Danno (SLD):**

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,072	g
Fo:	2,470	
Tc*:	0,291	[s]



**Salvaguardia della vita (SLV):**

Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 475 [anni]  
ag: 0,175 g  
Fo: 2,464  
Tc\*: 0,336 [s]

**Prevenzione dal collasso (SLC):**

Probabilità di superamento: 5 %  
Tr: 975 [anni]  
ag: 0,227 g  
Fo: 2,499  
Tc\*: 0,341 [s]

**Coefficienti Sismici**

**SLO:**

Ss: 1,200  
Cc: 1,420  
St: 1,000  
Kh: 0,014  
Kv: 0,007  
Amax: 0,674  
Beta: 0,200

**SLD:**

Ss: 1,200  
Cc: 1,410  
St: 1,000  
Kh: 0,017  
Kv: 0,009  
Amax: 0,844  
Beta: 0,200

**SLV:**

Ss: 1,200  
Cc: 1,370  
St: 1,000  
Kh: 0,050  
Kv: 0,025  
Amax: 2,060  
Beta: 0,240

SLC:

Ss:	1,170
Cc:	1,360
St:	1,000
Kh:	0,074
Kv:	0,037
Amax:	2,599
Beta:	0,280

dove: **Amax = ag \* Ss \* St**

ad esempio, nel caso di SLV si ha:

$$(SLV)_{ag} = 0,175 * 9,81 = 1,7167 \text{ m/s}^2$$

da cui:

$$A_{max} = 1,7167 * 1,200 * 1,00 = 2,060 \text{ m/s}^2$$

## 5. ATTENDIBILITA' DEL MODELLO GEOLOGICO

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 nel precedente Capitolo 4. L'analisi delle informazioni a carattere geologico reperite, delle indagini eseguite, della complessità geologico - strutturale dell'area di studio permette di entrare all'interno di una scala di attendibilità a cinque valori:

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

Nel caso specifico l'attendibilità del modello geologico proposta rientra nella **classe 4)**  
**= buono.**

## **6. CONSIDERAZIONI SULLE STRUTTURE FONDALI**

Per quanto concerne la fondazione, sarà compito del Progettista valutare la tipologia più idonea per realizzare l'intervento in oggetto, in funzione dei carichi, delle soluzioni progettuali a lui più consone, nonché del rapporto costo - beneficio.

Tuttavia, in considerazione della morfologia e della locale sequenza stratigrafica, si suggerisce l'adozione di *fondazioni profonde su pali* adeguatamente intestate nel litotipo C (argille siltoso - marnose), relativamente all'**area A**. La lunghezza, il diametro e l'interasse dovranno essere scelti in funzione delle sollecitazioni trasmesse dall'insieme *terreno – struttura* al palo.

Le terre rinforzate, necessarie alla realizzazione del marciapiede nell'**area B**, potranno essere realizzate mediante fondazioni superficiali adeguatamente ammorsate sui depositi alluvionali grossolani (litotipo B3).

I cedimenti (assestamenti), derivanti dall'adozione delle fondazioni sopra indicate, saranno minimi, a decorso rapido e comunque compatibili con la durata e funzionalità delle opere.

## 7. CONCLUSIONI

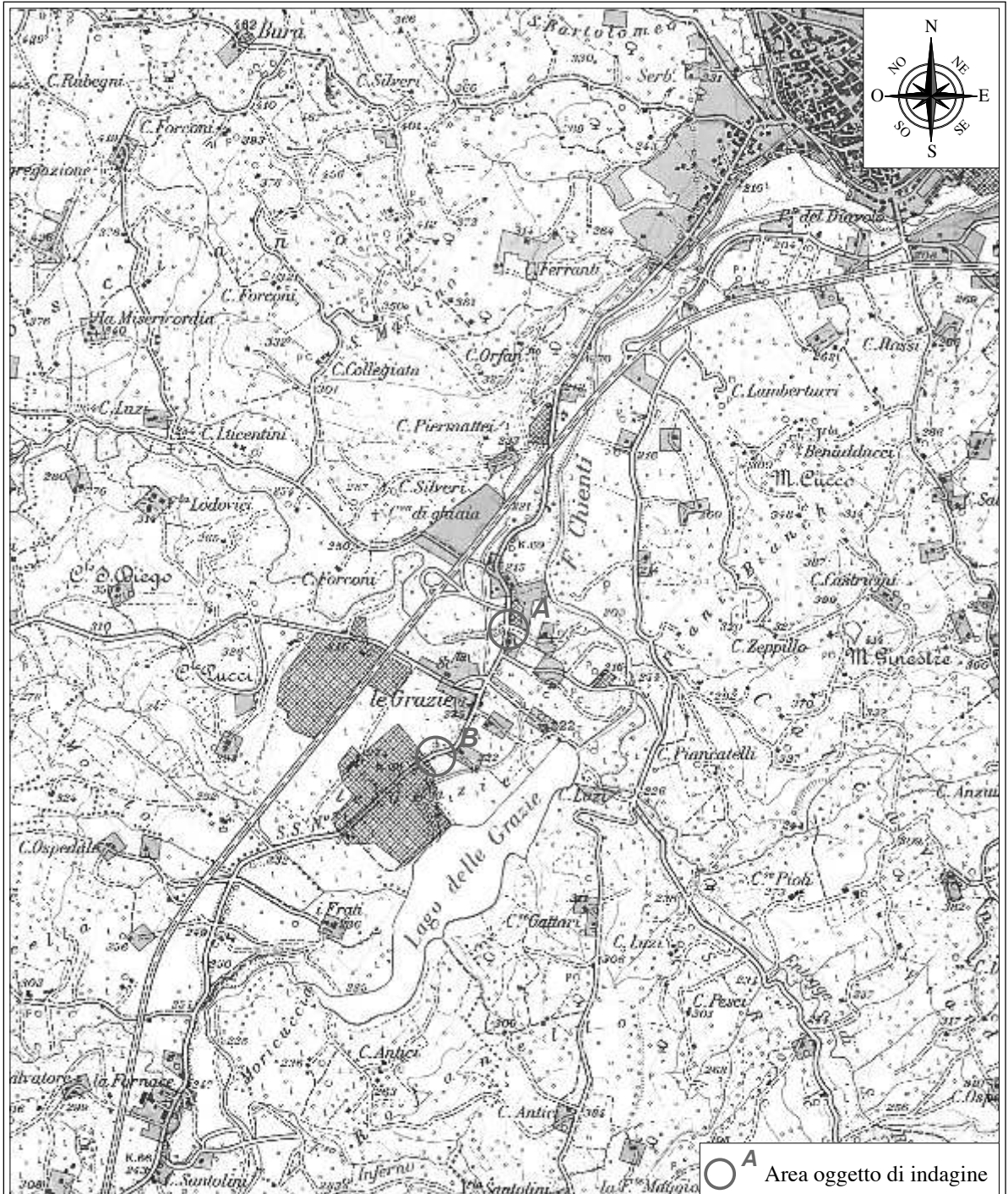
L'esecuzione del presente lavoro *ha consentito di accertare l'idoneità dei siti ove dovranno essere realizzati i marciapiedi in progetto.*

Vengono di seguito sintetizzati i principali elementi emersi dall'indagine:

- *Lo studio delle caratteristiche geomorfologiche ha evidenziato che i siti di interesse progettuale sono naturalmente stabili e non interessati da processi morfogenetici in atto.*
- *Il locale assetto litostratigrafico è caratterizzato dalla sovrapposizione dei depositi alluvionali, aventi spessore pari a 5.50 m in corrispondenza dell'area A e maggiore di 10.0 m nell'area B, sul substrato ascrivibile alla litofacies pelitico – arenacea della Formazione della Laga.*
- *La locale situazione idrogeologica è condizionata dalla presenza di litotipi caratterizzati da diversa permeabilità (depositi alluvionali mediamente permeabili sovrapposti al substrato scarsamente permeabile). Tale assetto idrogeologico determina le condizioni potenzialmente favorevoli allo sviluppo di una significativa falda idrica all'interno dei terreni caratterizzati da maggiore permeabilità relativa. In corrispondenza del sondaggio S1 è stata riscontrata una lieve percolazione idrica nella zona di contatto tra le alluvioni ed il substrato.*
- *L'esecuzione di una indagine geofisica con metodologia **HVSR (horizontal to vertical spectral ratio)**, ha evidenziato che i terreni di fondazione appartengono alla categoria sismica di suolo "B" (velocità delle  $V_{s30}$  comprese tra 360 m/s e 800 m/s).*
- *In considerazione dell'assetto stratigrafico che caratterizza le aree esaminate, delle proprietà meccaniche dei terreni e della tipologia di intervento in progetto, si suggerisce l'adozione di fondazioni profonde su pali adeguatamente intestate nel litotipo C (argille siltoso - marnose), relativamente all'area A, mentre nell'area B potranno essere adottate fondazioni superficiali intestate nel litotipo B3 (ghiaie sabbiose).*

Tolentino, settembre 2015

**Dott. Geol. Roberto Pucciarelli**



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

**COROGRAFIA**

**Fig. n° 1**

**Scala 1 : 25.000**

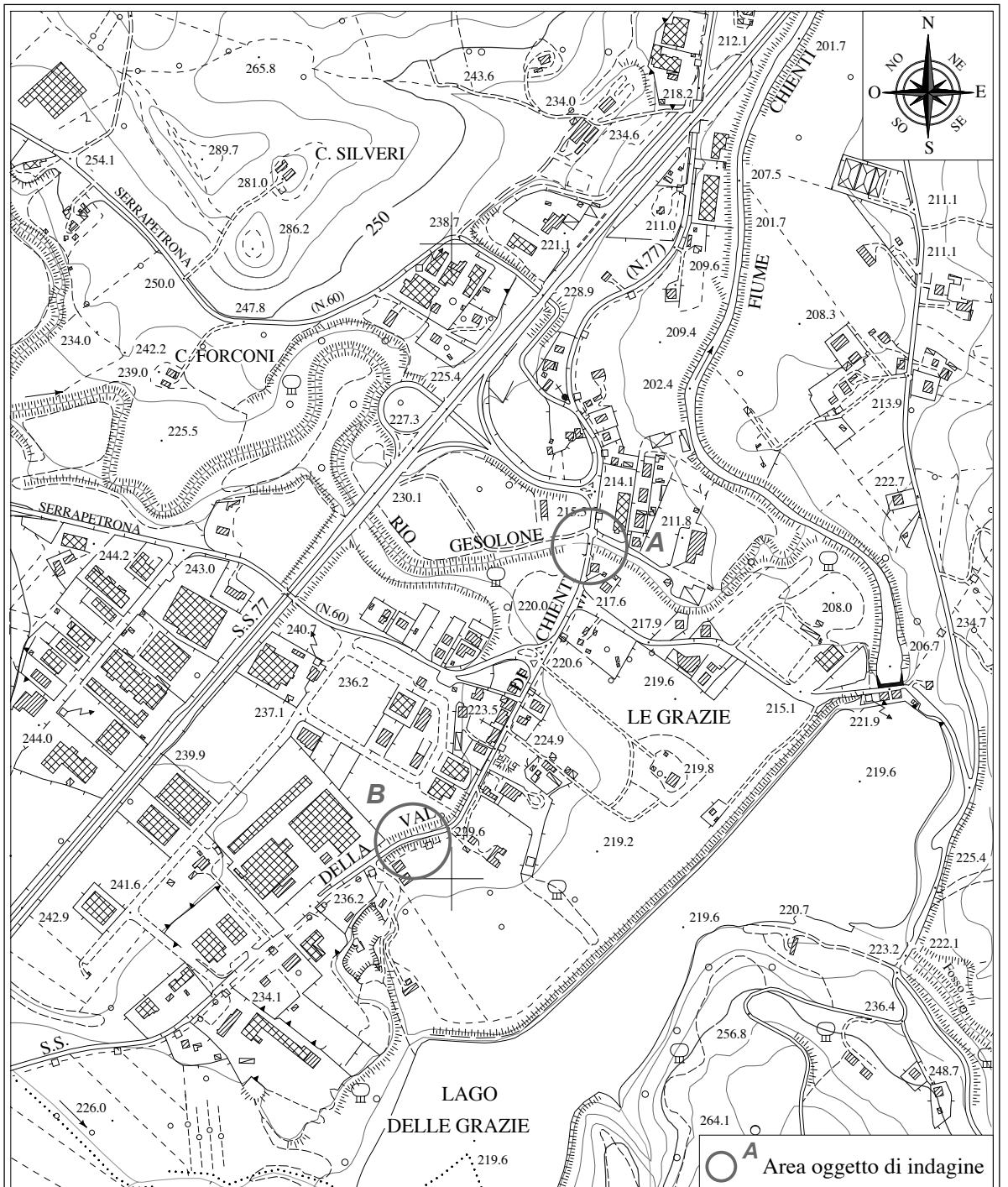
*Studio di geologia ambientale*



*Dott. Geol.*

*Roberto Pucciarelli*

Piazza Mauruzi, 17 - 62029 Tolentino (MC)  
Tel./fax 0733/960504 - 392/3899196  
C.F. PCC RRT 68P18 L191Q  
P.I. 01280050434



**CARTA TECNICA REGIONALE**  
**Foglio 313 CAMERINO - Sezione 313040 Le Grazie**

**INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO**

**Fig. n° 2**

**Scala 1 : 10.000**

*Studio di geologia ambientale*



*Dott. Geol.*  
**Roberto Pucciarelli**

Piazza Mauruzi, 17 - 62029 Tolentino (MC)  
 Tel./fax 0733/960504 - 392/3899196  
 C.F. PCC RRT 68P18 L.191Q  
 P.I. 01280050434



**LEGENDA**

**DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI**

- Coltri eluvio-colluviali di spessore > 2,0 m (Età: Olocene)
- Depositi alluvionali attuali e recenti (Età: Olocene)
- Depositi alluvionali terrazzati del III ordine (Età: Pleistocene superiore)

**SUCCESSIONE MARINA - DEPOSITI SILICOCLASTICI**

- FORMAZIONE DELLA LAGA - Membro post evaporitico - Litofacies pelitico-arenacea (Età: Messiniano p.p.)
- FORMAZIONE DELLA LAGA - Membro post evaporitico - Litofacies arenaceo-pelitica (Età: Messiniano p.p.)
- FORMAZIONE A COLOMBACCI - Litofacies pelitico-arenacea (Età: Messiniano p.p.)
- FORMAZIONE A COLOMBACCI - Litofacies arenaceo-pelitica (Età: Messiniano p.p.)

**PERMEABILITA'**

- Variabile, generalmente bassa
- Variabile, generalmente alta
- Variabile, generalmente alta

**Contatto stratigrafico**

- Contatto stratigrafico discordante
- 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 colamento
			Piccola frana non classificata

**FORME FLUVIALI E DI VERSANTE DOVUTE AL DILAVAMENTO**

Inattivo	Quiescente	Attivo	
			Orlo di scarpata di erosione o di terrazzo
			Fosso con alveo in erosione lineare
			Intensa erosione laterale
			Conoide alluvionale

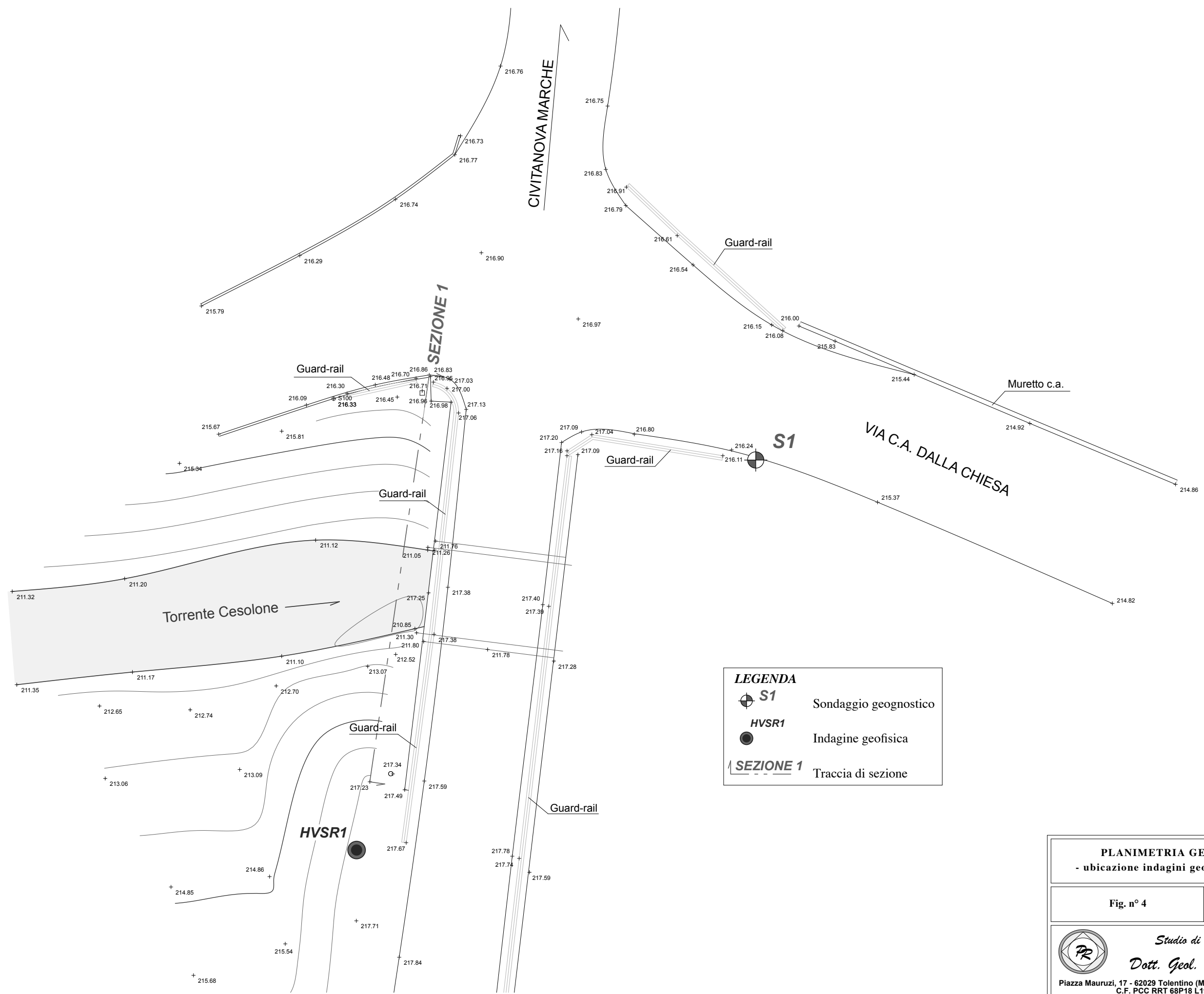
**FORME ANTROPICHE**

- Diga
- Argine
- Area oggetto di indagine




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


Fig. n° 3 Scala 1 : 5.000

**Studio di geologia ambientale**  
**Dott. Geol. Roberto Pucciarelli**  
 Piazza Mauruzi, 17 - 62029 Tolentino (MC) Tel/fax 0733/960504 - 392/3899196  
 C.F. PCC RRT 68P18 L191Q P.I. 01280050434



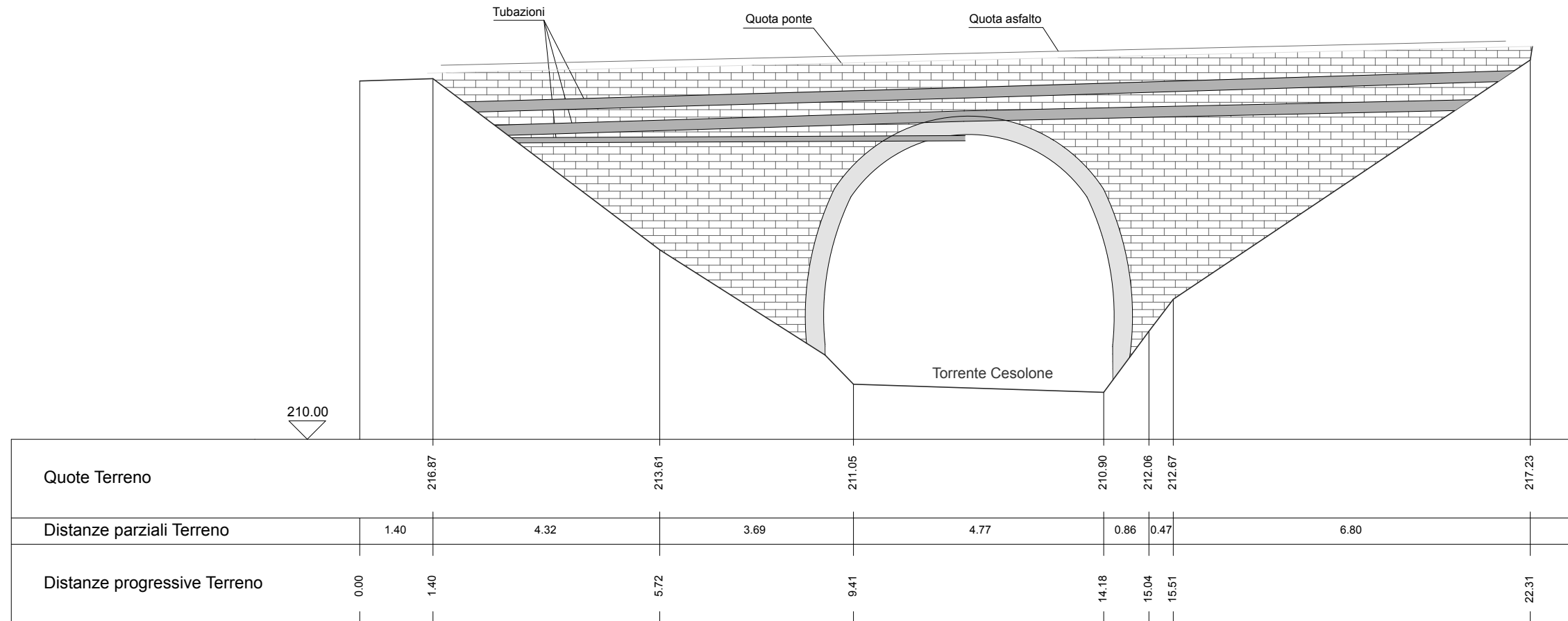
**LEGENDA**

-  **S1** Sondaggio geognostico
-  **HVS1** Indagine geofisica
-  **SEZIONE 1** Traccia di sezione

<b>PLANIMETRIA GENERALE AREA A</b> - ubicazione indagini geognostiche e geofisiche -	
Fig. n° 4	Scala 1 : 200
 <i>Studio di geologia ambientale</i> <b>Dott. Geol. Roberto Pucciarelli</b> <small>Piazza Mauruzi, 17 - 62029 Tolentino (MC) Tel/fax 0733/960504 - 392/3899196 C.F. PCC RRT 68P18 L191Q P.I. 01280050434</small>	



# SEZIONE 1



SEZIONE STATO ATTUALE AREA A

Fig. n° 4.1

Scala 1 : 100



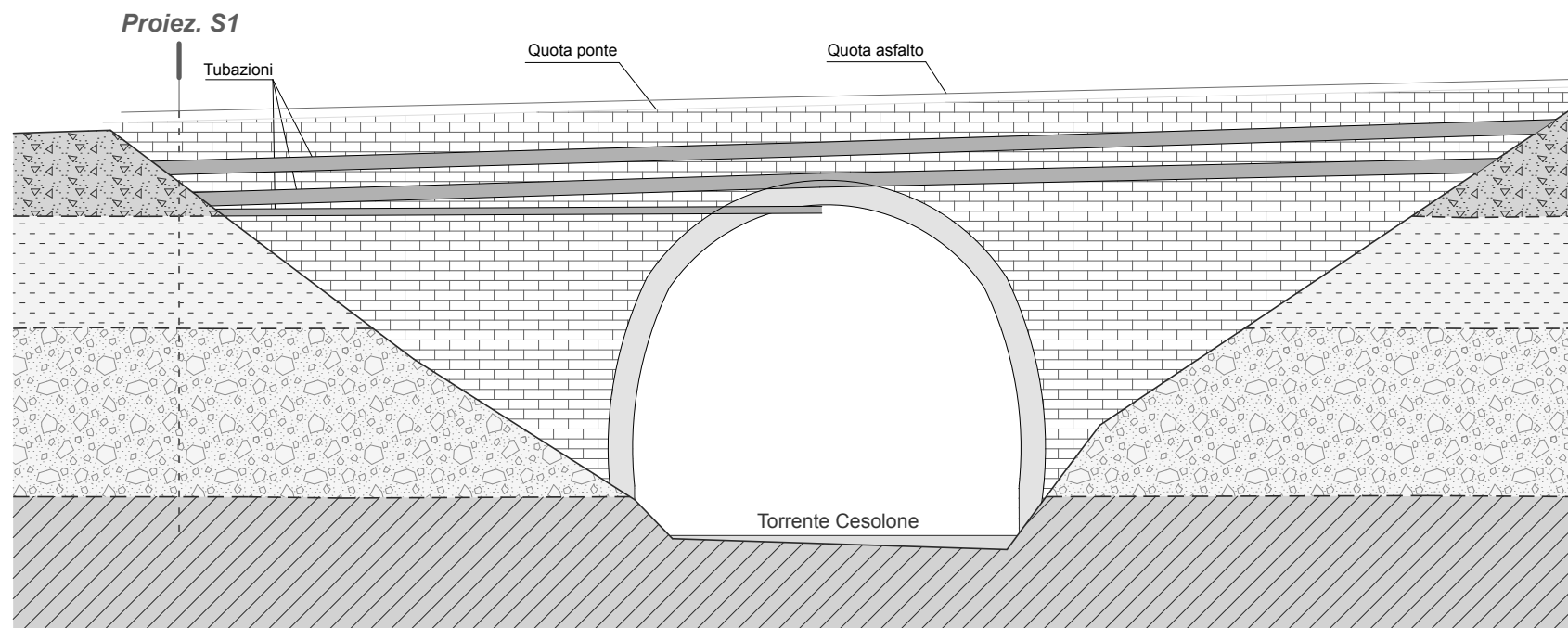
Studio di geologia ambientale

Dott. Geol. Roberto Pucciarelli

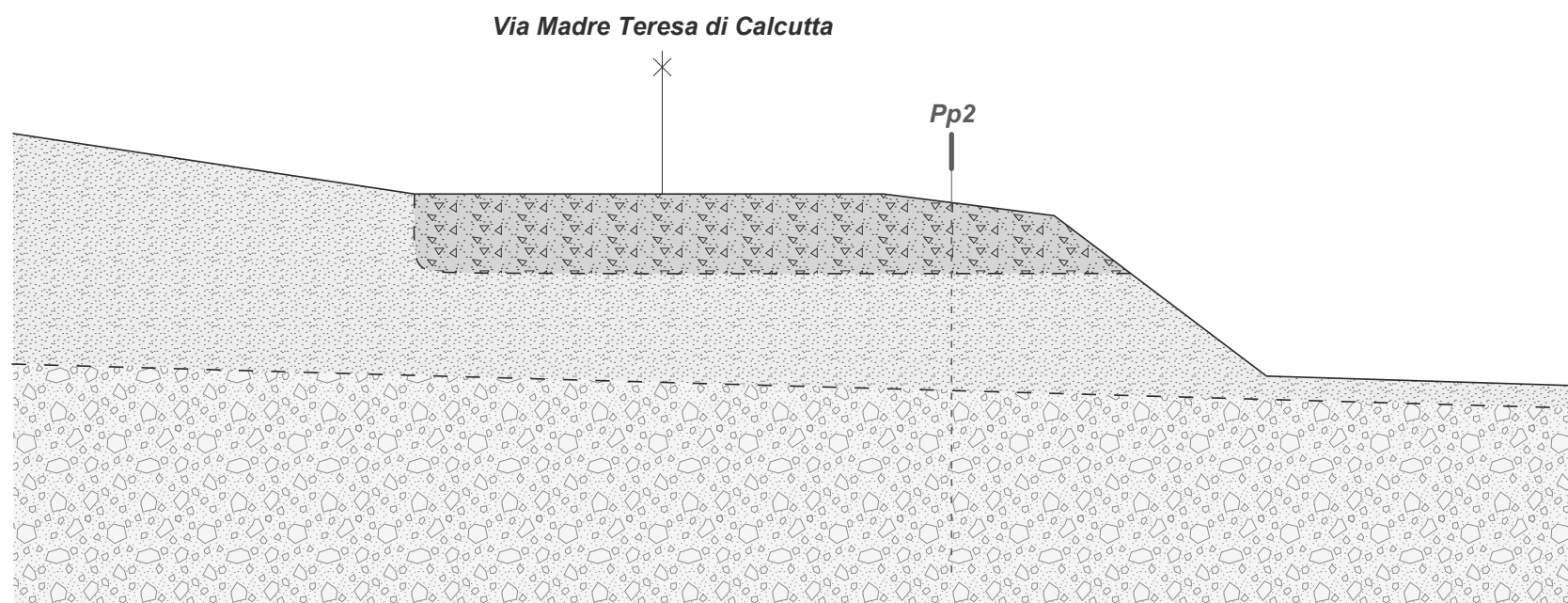
Piazza Mauruzi, 17 - 62029 Tolentino (MC) Tel/fax 0733/960504 - 392/3899196  
C.F. PCC RRT 68P18 L191Q P.I. 01280050434



## SEZIONE 1



## SEZIONE 2



### LEGENDA

- |  |  |                        |
|--|--|------------------------|
|  | Limi sabbioso - argillosi di colore avana - grigiastro con resti vegetali recenti e pietrame (massicciata)               | — TERRENO DI RIPORTO   |
|  | Limi sabbiosi e/o sabbioso - argillosi di colore variabile dal marrone al giallastro, con ghiaie                         | } DEPOSITI ALLUVIONALI |
|  | Sabbie e sabbie limose di colore marrone - giallastro con ghiaie sparse  |                        |
|  | Ghiaie calcaree eterometriche in matrice sabbioso - limosa con ciottoli  |                        |
|  | Argille marnose e/o siltoso - marnose di colore grigio plumbeo, stratificate. Sottili intercalazioni sabbiose grigiastre | — SUBSTRATO            |
|  | Proiez. S1<br>Proiezione sondaggio geognostico   |                        |
|  | Pp2<br>Prova penetrometrica dinamica DPSH  |                        |

SEZIONI LITOSTRATIGRAFICHE  
SCHEMATICHE 1 - 2

Fig. n° 6

Scala 1 : 100



Studio di geologia ambientale

Dott. Geol. Roberto Pucciarelli

Piazza Mauruzi, 17 - 62029 Tolentino (MC) Tel/fax 0733/960504 - 392/3899196  
C.F. PCC RRT 68P18 L191Q P.I. 01280050434



○<sup>A</sup> Area oggetto di indagine

## LEGENDA

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

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

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

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

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

- Rischio molto elevato (R4)

Limite di Bacino Idrografico

DESCRIZIONE CODICE LEGATO AI FENOMENI

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

STRALCIO CARTOGRAFIA PAI  
TAV. RI 51b

Fig. n° 7

Scala 1 : 10.000



Studio di geologia ambientale

Dott. Geol. Roberto Pucciarelli

Piazza Mauruzi, 17 - 62029 Tolentino (MC) Tel/fax 0733/960504 - 392/3899196  
C.F. PCC RRT 68P18 L191Q P.I. 01280050434

ALLEGATO A

*Stratigrafia sondaggio geognostico*

Riferimento: Comune: Tolentino (MC); Committente: Amm.ne Comunale	Sondaggio: S1
Località: Via Madre Teresa di Calcutta	Quota:
Impresa esecutrice:	Data: 28 luglio 2015
Coordinate:	Redattore: Geol. Roberto Pucciarelli
Perforazione: Rotazione	

Ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				1										Limi sabbioso - argillosi di colore avana - grigiastro con resti vegetali recenti e pietrame calcareo (massicciata)  (TERRENO DI RIPORTO)
				2										Limi sabbiosi e/o sabbioso - argillosi di colore marrone, con ghiaie  Limi sabbiosi di colore marrone - giallastro  (DEPOSITI ALLUVIONALI)
				3										Ghiaie calcaree eterometriche in matrice sabbioso - limosa con ciottoli
				4										Debole percolazione idrica alla profondità di 5.40 m  (DEPOSITI ALLUVIONALI)
				5										Argille marnose e/o siltoso - marnose, stratificate, do colore grigio plumbeo
				6		4.5								Molto consistenti e scarsamente plastiche  (SUBSTRATO ALTERATO)

**ALLEGATO B**

*Certificati prove penetrometriche dinamiche DPSH*



Cerreto d'Esi, 15 luglio 2015

COMMITTENTE: Amm.ne Com.le di Tolentino

CANTIERE: Viabilità Via Madre Teresa di Calcutta

### PROVA DPSH: SCHEDE TECNICHE E LEGENDA

#### caratteristiche tecniche del penetrometro

Tipo di attrezzatura: DPSH penetrometro dinamico super pesante

Peso del maglio: 63,5 Kg

Altezza di caduta: 75 cm

Penetrazione standard: 20 cm

Dimensioni punta: area = 20 cm<sup>2</sup>      angolo = 90°

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

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

#### legenda per la rappresentazione grafica

H = profondità

NC = numero di colpi

q<sub>d</sub> = resistenza alla penetrazione dinamica

#### legenda per la caratterizzazione geomeccanica

NC<sub>m</sub> = numero di colpi medio per quel determinato strato

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

N<sub>spt equiv</sub> = numero di colpi dello SPT equivalenti ricavati per correlazione

Dr = densità relativa (Skempton, 1986)

φ = angolo di attrito interno (De Mello - Japanese National Railway)

E = modulo di elasticità (Schmertmann, Shultze-Menzenbach)

Ed = modulo edometrico (Stroud e Butler 1975, Mitchell e Gerdner)

γ = peso unità di volume

V<sub>s</sub> = velocità delle onde di taglio (Iyisan, 1996)

Ko = modulo di reazione (Navfac)

v = modulo di Poisson

C<sub>u</sub> = coesione non drenata (Benassi - Vannelli - 1983, Schmertmann - 1975)





**Geodrill** s.a.s.  
 Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.  
**SERVIZI GEOLOGICI**  
 Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888  
 60043 Cerreto d'Esis(AN)  
 P.IVA: 02334920424  
 E-Mail: a\_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esis, 15 luglio 2015

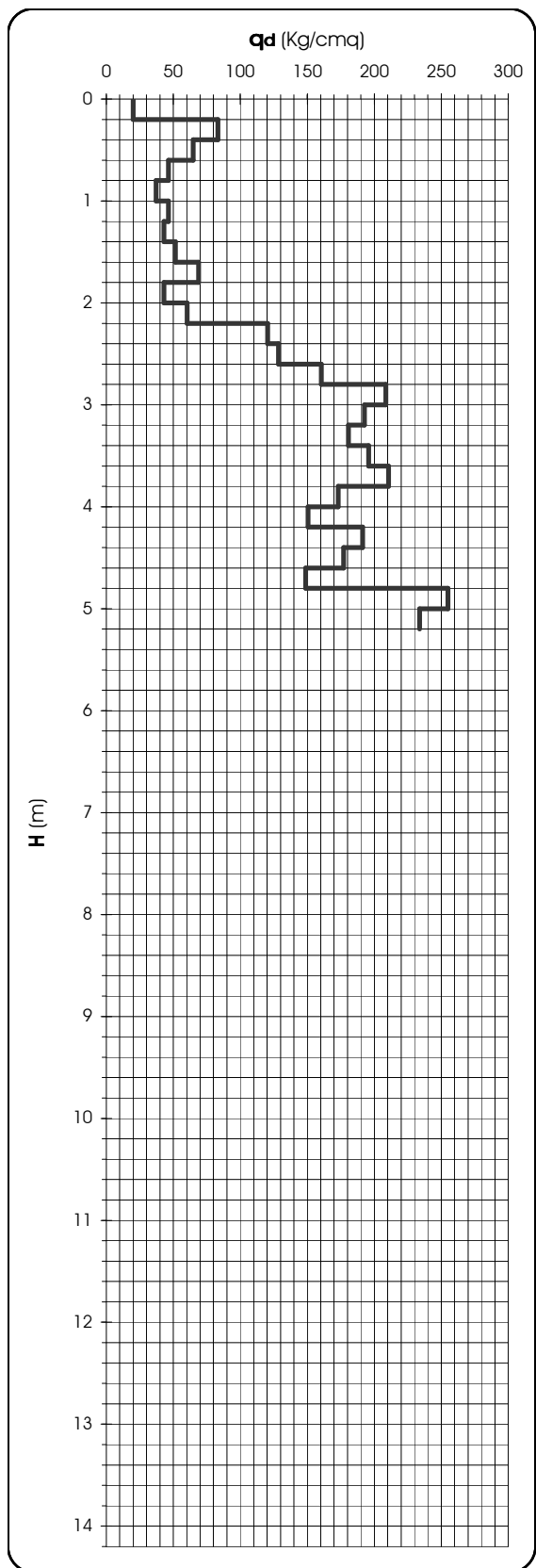
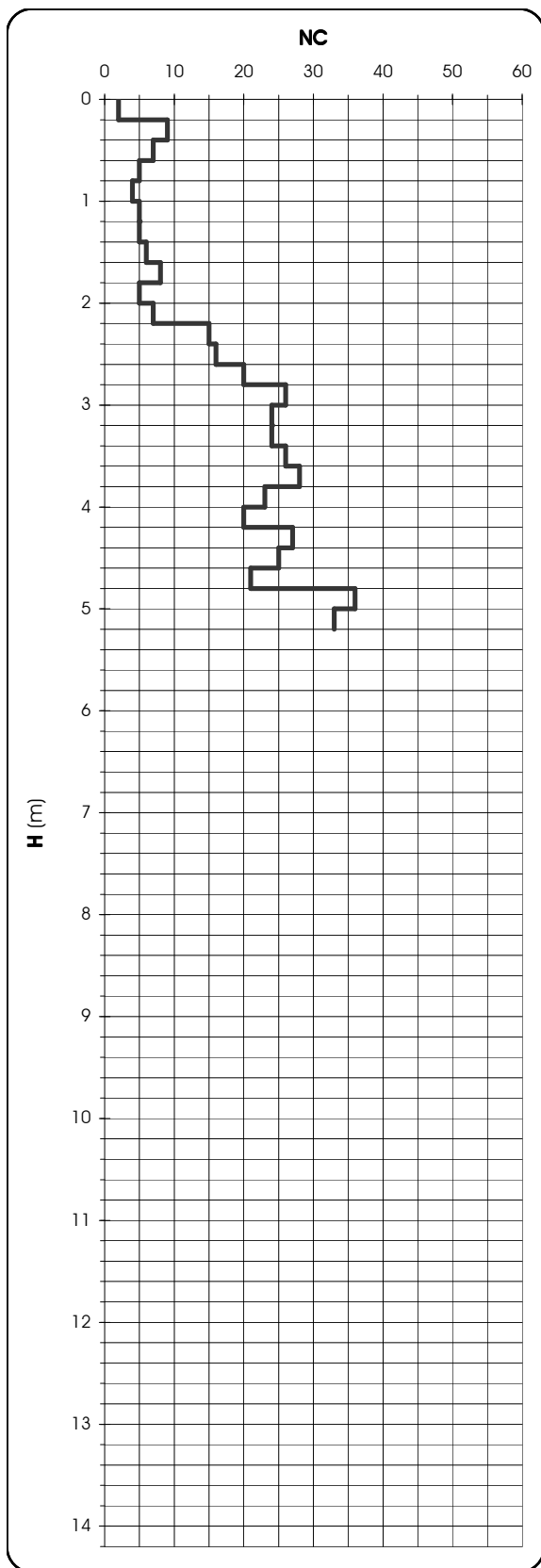
COMMITTENTE: Amm.ne Com.le di Tolentino  
 CANTIERE: Viabilità Via Madre Teresa di Calcutta

PROVA N.1 del 14/07/15

PROF.: 5,40 m

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA**

H (m)	NC	q <sub>d</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,2	2	20,07
0,4	9	83,36
0,6	7	64,84
0,8	5	46,31
1,0	4	37,05
1,2	5	46,31
1,4	5	43,01
1,6	6	51,61
1,8	8	68,81
2,0	5	43,01
2,2	7	60,21
2,4	15	120,42
2,6	16	128,45
2,8	20	160,56
3,0	26	208,73
3,2	24	192,68
3,4	24	180,64
3,6	26	195,69
3,8	28	210,75
4,0	23	173,11
4,2	20	150,53
4,4	27	191,27
4,6	25	177,10
4,8	21	148,77
5,0	36	255,03
5,2	33	233,78
5,4	rifiuto	
5,6		
5,8		
6,0		
6,2		
6,4		
6,6		
6,8		
7,0		
7,2		
7,4		
7,6		
7,8		
8,0		
8,2		
8,4		
8,6		
8,8		
9,0		
9,2		
9,4		
9,6		
9,8		
10,0		
10,2		
10,4		
10,6		
10,8		
11,0		
11,2		
11,4		
11,6		
11,8		
12,0		
12,2		
12,4		
12,6		
12,8		
13,0		
13,2		
13,4		
13,6		
13,8		
14,0		
14,2		





**Geodrill** s.a.s.  
Dr.Geol.Valeriano Bassani & C.  
**SERVIZI GEOLOGICI**  
Via Roma,14 Tel/Fax 0732678888  
60043 Cerreto d'Esi(AN)  
P.IVA: 02334920424  
E-Mail: a\_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, 15 luglio 2015

COMMITTENTE:Amm.ne Com.le di Tolentino  
CANTIERE:Viabilità Via Madre Teresa di Calcutta  
PROVA N.1 del 14/07/15

#### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





**Geodrill** s.a.s.  
 Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.  
**SERVIZI GEOLOGICI**  
 Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888  
 60043 Cerreto d'Esi (AN)  
 P.IVA: 02334920424  
 E-Mail: a\_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, 15 luglio 2015

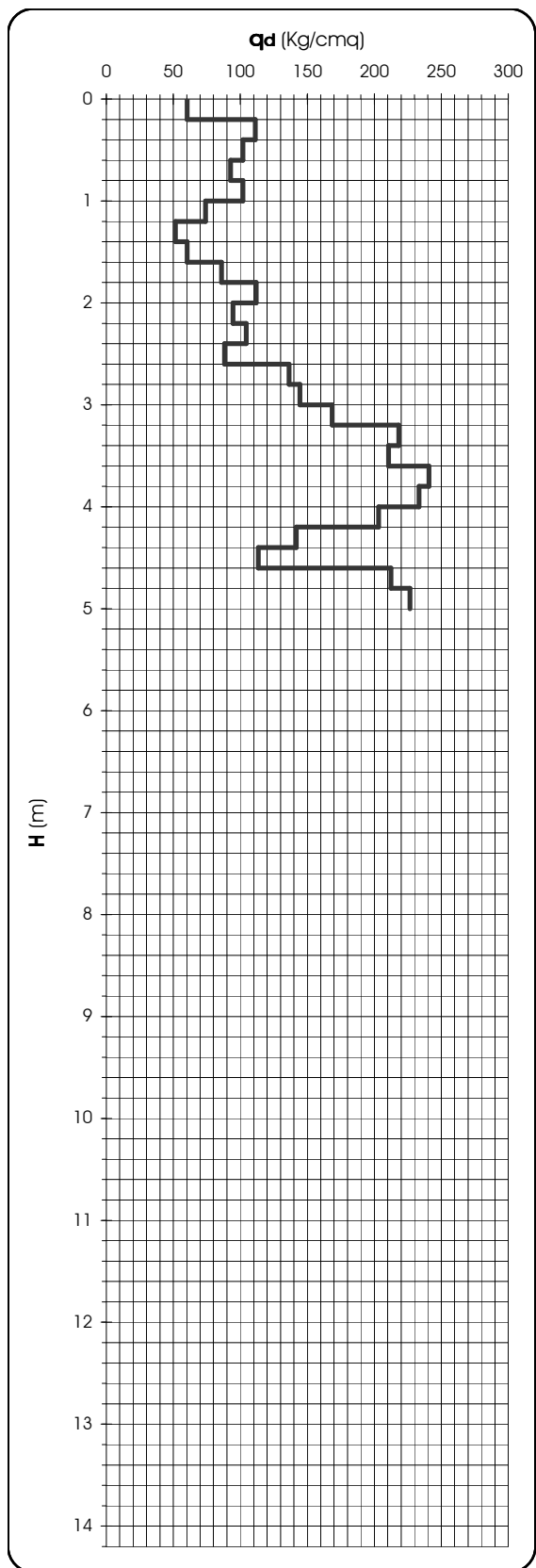
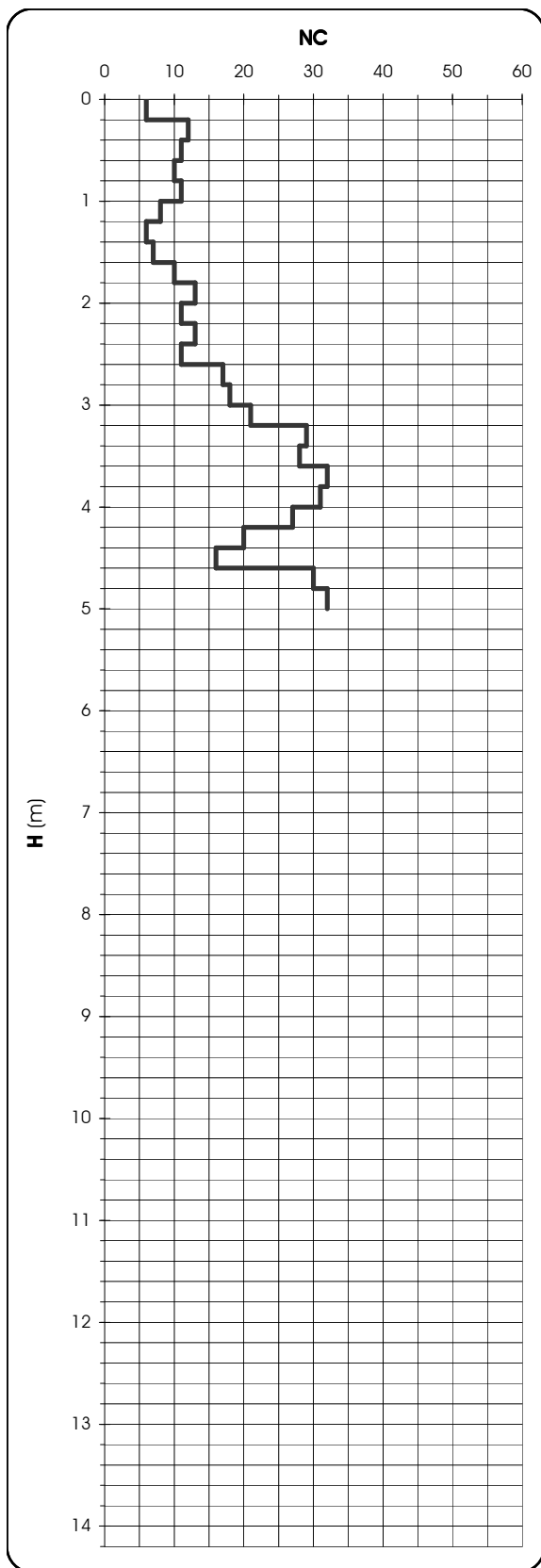
COMMITTENTE: Amm.ne Com.le di Tolentino  
 CANTIERE: Viabilità Via Madre Teresa di Calcutta

PROVA N.2 del 14/07/15

PROF.: 5,20 m

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA**

H (m)	NC	q <sub>d</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,2	6	60,20
0,4	12	111,15
0,6	11	101,89
0,8	10	92,63
1,0	11	101,89
1,2	8	74,10
1,4	6	51,61
1,6	7	60,21
1,8	10	86,01
2,0	13	111,82
2,2	11	94,61
2,4	13	104,37
2,6	11	88,31
2,8	17	136,48
3,0	18	144,51
3,2	21	168,59
3,4	29	218,27
3,6	28	210,75
3,8	32	240,85
4,0	31	233,33
4,2	27	203,22
4,4	20	141,68
4,6	16	113,35
4,8	30	212,52
5,0	32	226,69
5,2	rifiuto	
5,4		
5,6		
5,8		
6,0		
6,2		
6,4		
6,6		
6,8		
7,0		
7,2		
7,4		
7,6		
7,8		
8,0		
8,2		
8,4		
8,6		
8,8		
9,0		
9,2		
9,4		
9,6		
9,8		
10,0		
10,2		
10,4		
10,6		
10,8		
11,0		
11,2		
11,4		
11,6		
11,8		
12,0		
12,2		
12,4		
12,6		
12,8		
13,0		
13,2		
13,4		
13,6		
13,8		
14,0		
14,2		





**Geodrill** s.a.s.  
Dr.Geol.Valeriano Bassani & C.  
**SERVIZI GEOLOGICI**  
Via Roma,14 Tel/Fax 0732678888  
60043 Cerreto d'Esi(AN)  
P.IVA: 02334920424  
E-Mail: a\_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, 15 luglio 2015

COMMITTENTE:Amm.ne Com.le di Tolentino  
CANTIERE:Viabilità Via Madre Teresa di Calcutta  
PROVA N.2 del 14/07/15

#### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



*ALLEGATO C*

*Indagine geofisica*

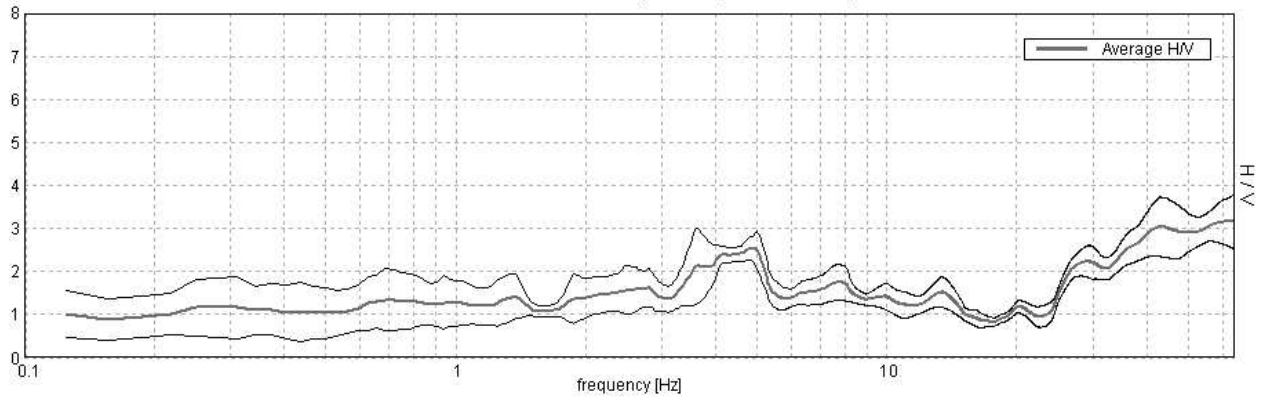
**Comune: Tolentino (mc)**  
**Località: Via Madre Teresa di Calcutta**  
**Committente: Amm.ne Comunale**

Strumento: TRZ-0137/01-11  
Inizio registrazione: 02/09/15 12:25:47 Fine registrazione: 02/09/15 12:39:47  
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
Dato GPS non disponibile

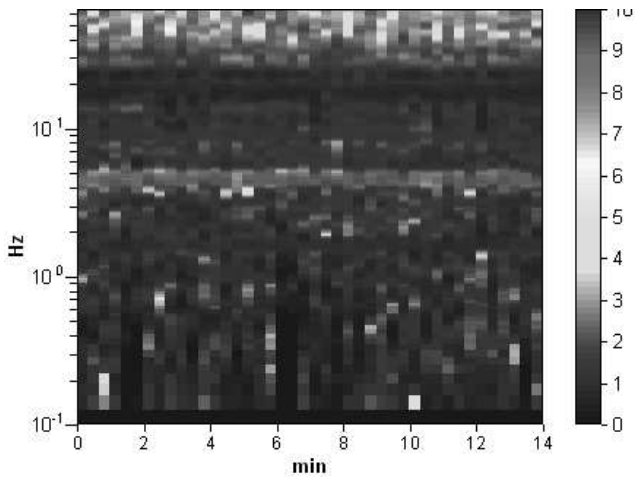
Durata registrazione: 0h14'00". Analizzato 86% tracciato (selezione manuale)  
Freq. campionamento: 128 Hz  
Lunghezza finestre: 20 s  
Tipo di lisciamento: Triangular window  
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

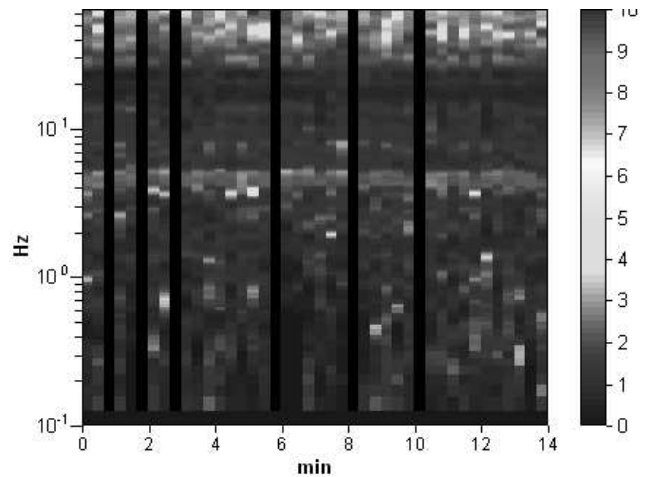
Max. H/V at 63.97 ± 3.85 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



### SERIE TEMPORALE H/V

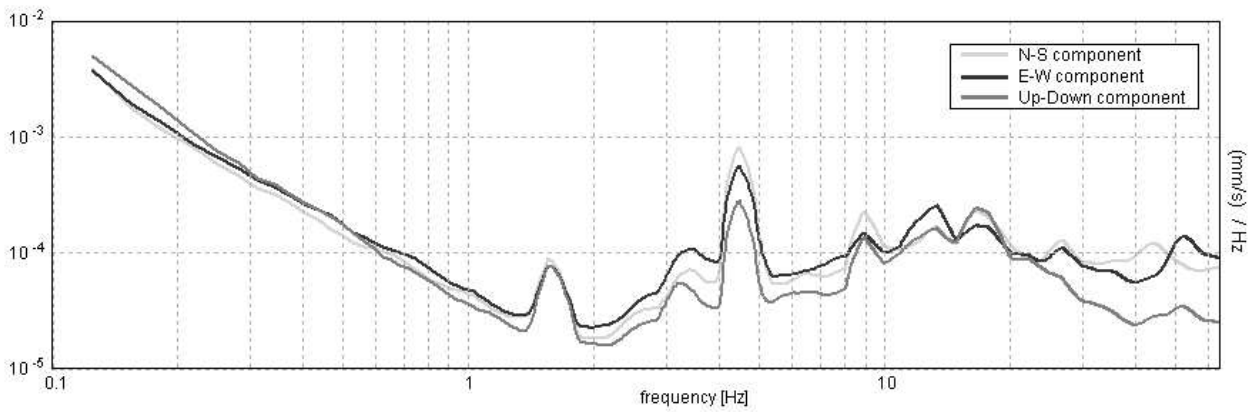


### SERIE TEMPORALE H/V

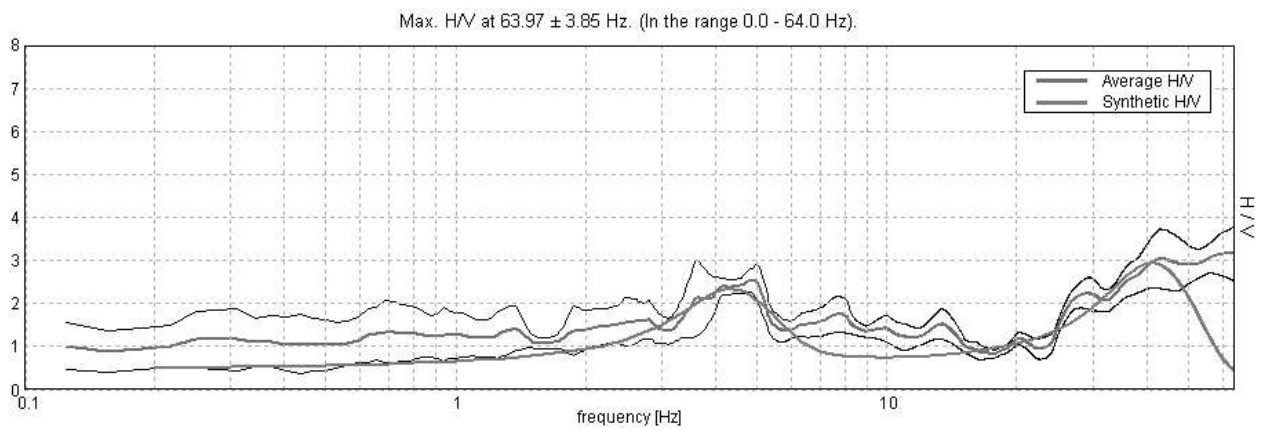




SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

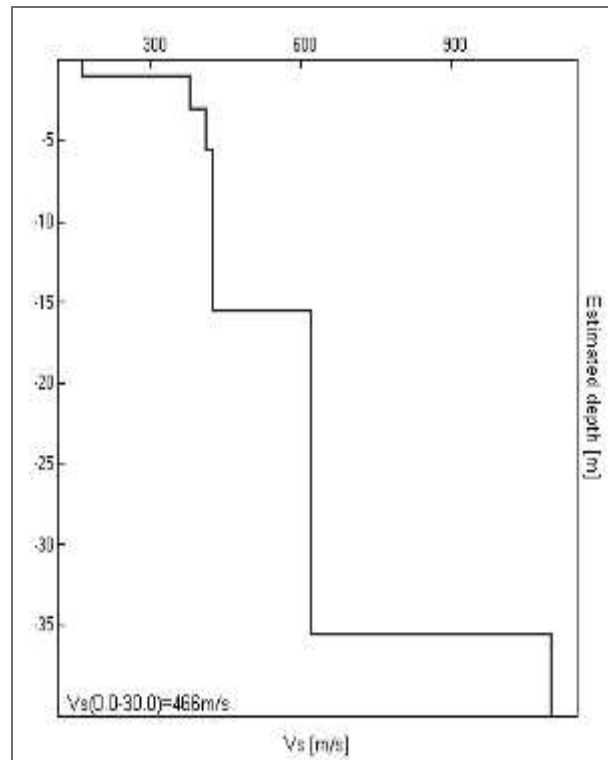


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	165	0.35
3.10	2.10	380	0.33
5.60	2.50	410	0.32
15.60	10.00	425	0.29
35.60	20.00	620	0.29
inf.	inf.	1100	0.28

Vs(0.0-30.0) = 466 m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $63.97 \pm 3.85$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b> [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	$63.97 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$46057.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1026	OK	
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
<b>Esiste <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>	25.25 Hz	OK	
<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>			NO
$A_0 > 2$	$3.16 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02924  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.87017 < 3.19844$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.323 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V

$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

**ALLEGATO D**

*Documentazione fotografica*



Foto n° 1 - Realizzazione sondaggio geognostico S1



Foto n° 2 - Terreni di riporto rinvenuti tra 0,00 m e 1,50 m



Foto n° 3 - Limi sabbiosi e/o sabbioso - argillosi rinvenuti tra 1,50 m e 3,10 m



Foto n° 4 - Ghiaie in matrice sabbioso - limosa con ciottoli, rinvenute tra 3,10 m e 5,50 m



Foto n° 5 - Argille marnose e/o siltoso - marnose rinvenute a partire da 5,50 m



Foto n° 6 - Realizzazione prova penetrometrica Pp1



Foto n° 7 - Realizzazione prova penetrometrica Pp2