



**COMUNE DI PESCIA**  
**PROVINCIA DI PISTOIA**

***LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELL'ABITATO DI VELLANO  
E DELLA VIABILITA' PROVINCIALE "MAMMIANESE"  
ALL'ALTEZZA DEL BORGO G. MATTEOTTI - 2° LOTTO DI  
COMPLETAMENTO***

*L.R. 79/2012 - L.R. 91/1998*

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA**

Ufficio Tecnico Lavori Pubblici

Progettazione

Dirigente:

Dott. Ing. A.S. Borracchini

RUP:

Geom. Luciano Bianchi



**ALLEGATO N.2**

Data: Settembre 2014

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b>	<b>pag. 2</b>
<b>2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b>	<b>pag. 4</b>
<b>3. INDAGINI GEOGNOSTICHE</b>	<b>pag. 8</b>
3.1 PROVE ESISTENTI	pag. 9
3.2 INDAGINI ATTUALI IN ZONA 1	pag. 10
3.2.1 Prove penetrometriche DPSH	pag. 10
3.3 INDAGINI ATTUALI IN ZONA 2	pag. 11
3.3.1 Sondaggi	pag. 11
3.3.2 Analisi di laboratorio	pag. 14
3.3.3 Prove penetrometriche DPM	pag. 15
3.3.4 Prospezioni sismiche a rifrazione	pag. 16
3.4 INDAGINI ATTUALI IN ZONA 4	pag. 20
3.4.1 Prove penetrometriche DPM	pag. 20
<b>4. RICOSTRUZIONE GEOLOGICA E LITOSTRATIGRAFICA</b>	<b>pag. 21</b>
4.1 ZONA 1	pag. 23
4.2 ZONA 2	pag. 23
4.3 ZONA 3	pag. 25
4.4 ZONA 4	pag. 25
<b>5. CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA</b>	<b>pag. 26</b>
<b>6. APETTI SISMICI</b>	<b>pag. 27</b>
6.1 VITA NOMINALE - CLASSE D'USO - PERIODO DI RIFERIMENTO	pag. 27
6.2 CATEGORIA TOPOGRAFICA E CATEGORIA DEL TERRENO FONDALE	pag. 28
6.3 LIQUEFAZIONE	pag. 28
6.4 PARAMETRI SISMICI	pag. 29
<b>7. VERIFICHE DI STABILITA'</b>	<b>pag. 32</b>
<b>8. CONCLUSIONI</b>	<b>pag. 34</b>

## 1. PREMESSA

La presente relazione è stata redatta a seguito dell'indagine geologica effettuata nell'ambito della frazione di Vellano, nelle aree maggiormente soggette a rischio di dissesti geomorfologici, interessati dal 2° e 3° lotto di completamento degli interventi.

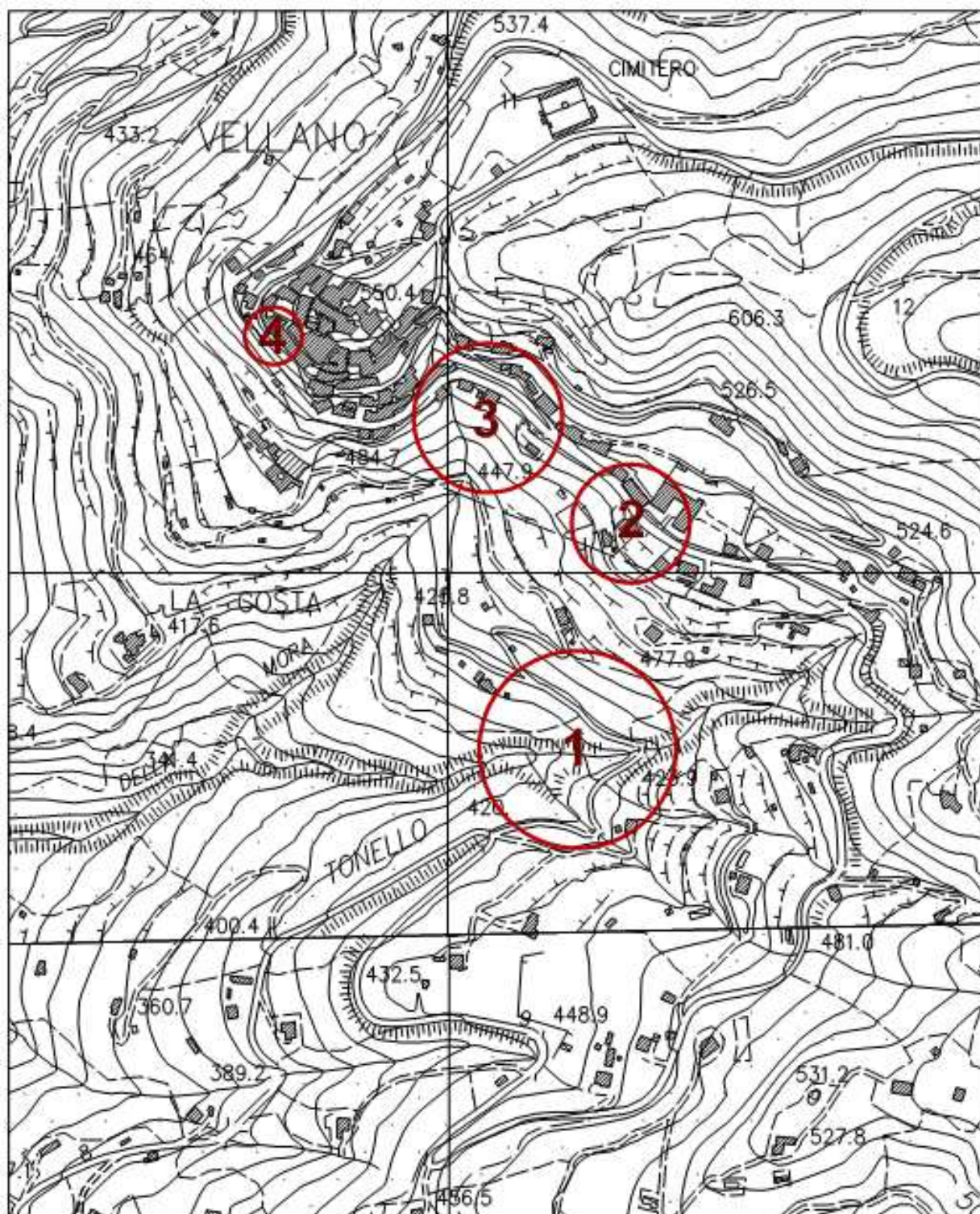
Lo studio integra una precedente indagine svolta dallo scrivente nell'anno 2005 sempre su incarico dell'Amministrazione Comunale, finalizzata alla definizione degli interventi per la rimozione delle situazioni a maggiore rischio presenti nella frazione.

Al fine di consentire una adeguata progettazione degli interventi atti a ridurre il rischio, come previsto dalla normativa nazionale (D.L. 180/98 e seguenti), sono stati indagati a scala dettagliata i siti della frazione indicati dall'ufficio tecnico comunale, alcuni di questi già oggetto di precedenti indagini, sia geomorfologiche, sia geognostiche.

L'indagine attuale è stata condotta prendendo in esame quattro zone (vedi ubicazione nella corografia di Tavola 1), ed in particolare :

- Zona 1** La Via dei Canali nella zona dell'attraversamento del Fosso di Canali e di due fossi affluenti.
- Zona 2** Il tratto della strada provinciale n.3 "Via Mammianese" nella zona della scuola recentemente lesionata dove si erano verificati dei dissesti negli anni 79-80.
- Zona 3** L'area del Fosso della Mora compresa tra la Via Mammianese e la Via dei Canali, ed una porzione di terreno subito al di sopra della Via Mammianese.
- Zona 4** Un tratto di Via delle Mura e della pendice sottostante fino alla Via Mammianese.

TAVOLA 1 - UBICAZIONE TOPOGRAFICA





Lo studio si è sviluppato in fasi diverse :

- una prima fase è stata dedicata alla ricerca bibliografica, con la raccolta delle varie indagini geologiche e geognostiche già svolte nel paese;
- la seconda fase è corrisposta ad un nuovo rilievo geomorfologico di dettaglio per tutte le aree in esame;
- nella terza fase sono state svolte nelle zone ritenute più opportune le varie indagini geognostiche, costituite da sondaggi a carotaggio continuo, da prospezioni sismiche a rifrazione e analisi MASW, da prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH) nelle zone accessibili, da prove dinamiche medie (DPM) nei versanti acclivi, ed infine da analisi di laboratorio su di un campione indisturbato prelevato in un sondaggio;
- la quarta fase è stata dedicata alla ricostruzione delle caratteristiche del sottosuolo, ed all'analisi della stabilità dei versanti, al fine di definire in dettaglio le situazioni di pericolosità più elevata. Per i tempi oltremodo ristretti dell'indagine non è stato possibile eseguire monitoraggi.

## **2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

Il nucleo antico della frazione di Vellano è situato su di un costone delimitato da una faglia con direzione N10W, su cui si è impostata una incisione fluviale (Fosso della Mora, nella porzione ad est del nucleo dell'abitato).

Il substrato roccioso è costituito dalla formazione turbiditica arenacea del periodo Oligocene denominata "Macigno", appartenente alla Serie Toscana.

Il Macigno, costituito da alternanze ritmiche di arenarie, siltiti e argilliti debolmente marnose, presenta in loco strati di arenaria e siltite di notevole potenza, con più modeste intercalazioni di argilliti.

Nel centro storico la formazione rocciosa è generalmente affiorante, mentre nei versanti al di sotto della provinciale e ad est del Fosso della Mora è di solito ricoperta dalla coltre di terreno detritico di alterazione, specie dove le pendenze risultano minori. Il manto alterativo può risultare grossolano con matrice limo-sabbiosa prevalente, oppure più minuto con matrice varia.

Dal punto di vista tettonico si rileva che la collina di Vellano presenta una struttura monoclinale, con asse circa parallelo alla faglia citata in precedenza. Il paese è posto sul culmine di una dorsale disposta est-ovest, i cui fianchi appaiono assai ripidi particolarmente a sud, a causa dell'inclinazione della roccia verso nord/nord-ovest.

Un'altra faglia con direzione anti-appenninica prosegue l'incisione del Fosso della Mora verso valle. Tale asse dislocativo sembra piuttosto importante per l'evoluzione del rilievo, in quanto versanti e rotture di pendio a piccola e più grande scala risultano ad esso sub-parallelo.

In genere i movimenti appaiono di tipo compressivo, con sviluppo di faglie inverse.

Un'ultima struttura di una certa importanza può essere ipotizzata nella zona del versante sud-occidentale, con andamento appenninico, in posizione circa corrispondente alla strada provinciale. Tale faglia separa una zona con affioramenti rocciosi (a monte), da un versante con spessori molto consistenti di terreni detritici.

La giacitura degli strati nella zona del nucleo antico del paese presenta una immersione verso nord/nord-ovest compresa tra  $10^\circ$  e  $26^\circ$  (le giaciture ed i principali affioramenti nell'area in esame sono riportati nell'elaborato di Tavola 3).

In base alla posizione dei singoli versanti la roccia è quindi inclinata a reggipoggio (rispetto al versante sud), oppure traversopoggio (rispetto al versante sud-occidentale).

Dal punto di vista geomorfologico si nota in primo luogo che nel nucleo antico del paese sono praticamente assenti fenomeni di instabilità, ad esclusione di piccole porzioni detritiche talvolta

interessate da precedenti consolidamenti (es. nella vallecchia del Fosso della Mora), oppure in alcune scarpate dove si possono verificare limitate cadute di frammenti lapidei.

Le lesioni riscontrate sulle abitazioni poste nella porzione meridionale del paese, subito a monte della strada provinciale, sono da attribuirsi in primo luogo alla presenza di alternanze di rocce sane e rocce molto alterate a ridosso dei muri di sostegno della Via delle Mura, caratterizzati da scadenti qualità costruttive e da filtrazioni interne dovute a perdite di acque bianche e nere; in secondo luogo la situazione tettonica del sito, interessato da numerose famiglie di fratture più o meno importanti, può localmente incrementare l'effetto sismico in occasione dei principali eventi dell'Appennino Pistoiese.

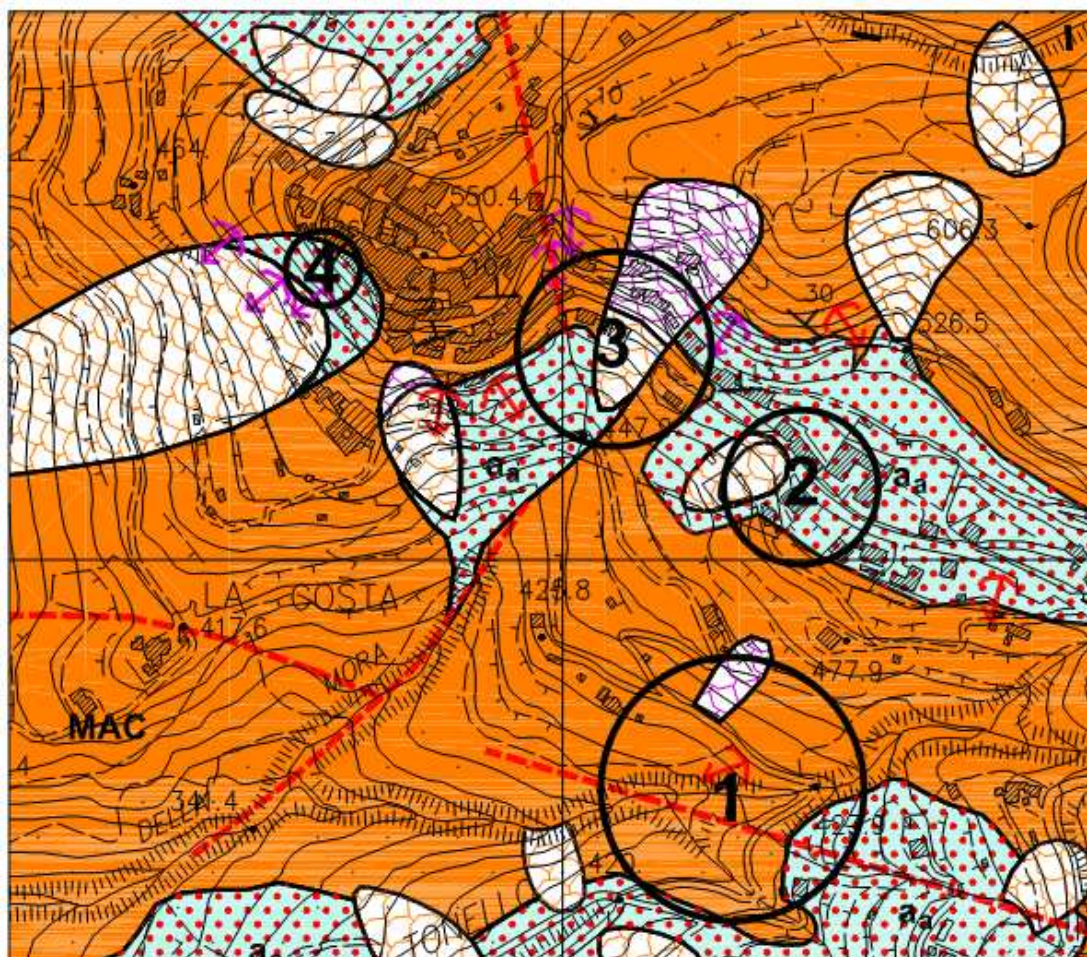
Nei versanti del Fosso della Mora e dell'affluente Fosso di Canali, situati ad est del nucleo antico della frazione, si osservano coltri detritiche potenzialmente instabili, caratterizzati da fenomeni di soliflusso e da piccoli dissesti superficiali dovuti ad elevata acclività (in particolare nelle incisioni dei fossi). A monte della provinciale si sono sviluppate frane di crollo e di scivolamento di modeste dimensioni nel corso dell'anno 2000, in buona parte oggetto di interventi di ripristino.

Una frana di maggiori dimensioni si era sviluppata nel 1979-1980 nella zona della scuola, con interessamento della Via Mammianese. L'intervento di consolidamento era relativo agli stessi anni. Attualmente si notano segni di riattivazione in una zona limitata della Via Mammianese.

In ultimo il versante sud-occidentale di Vellano è caratterizzato da una evidente forma di paleofrana su cui si sono imposti dissesti recenti riguardanti la sola coltura agraria.

Nella seguente Tavola n.2 è riportata la carta geologica, mentre la Tavola 3 fuori testo è relativa al nuovo rilievo geomorfologico di dettaglio in scala 1:1.000, eseguito nelle singole zone in esame.

## TAVOLA 2 – CARTA GEOLOGICA



### LEGENDA

-  Depositi detritici di versante
-  Macigno
-  Frana quiescente
-  Frana stabilizzata
-  Misura di strato
-  Faglia presunta
-  Frana attiva non cartografabile
-  Frana stabilizzata artificialmente non cartografabile



### 3. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nella zona di maggiore rilevanza attualmente in esame (**Zona 2**) erano stati eseguiti nel 79 n.3 sondaggi e n.4 carotaggi di piccole dimensioni nella zona propriamente in frana, ovvero lungo il muro a retta della Via Mammianese lato valle.

Altre indagini sono presenti nella zona 4, a valle del collegamento pedonale tra Via Mammianese e Via delle Mura, e numerose altre ancora sono state eseguite nell'ambito della frazione di Vellano, tra cui alcuni sondaggi a carotaggio continuo con analisi di laboratorio su campioni indisturbati.

L'indagine attuale è stata incentrata in particolare nella Zona 2, dove sono stati realizzati i tre sondaggi e le prospezioni sismiche, oltre a n.6 prove penetrometriche dinamiche DPM.

Sono state eseguite inoltre n.4 prove penetrometriche dinamiche DPSH nella Zona 1 lungo la Via dei Canali nelle porzioni maggiormente significative della viabilità, e n.2 prove penetrometriche DPM nella Zona 4 a valle di Via delle Mura. Nella Zona 3 relativa all'incisione del Fosso della Mora non è stato possibile eseguire indagini sia per l'acclività dei terreni sia per la presenza di vegetazione; in ogni modo in questa zona saranno previsti interventi di minore entità da valutare con maggior dettaglio una volta ripulita dalla vegetazione infestante.

Nella Tavola n.4 fuori testo sono riportate le ubicazioni delle prove geognostiche attuali e di quelle esistenti nelle singole zone, unitamente alle aree lesionate lungo la viabilità ed ai principali interventi di consolidamento esistenti.

Gli elaborati delle prove precedenti non sono stati allegati alla presente relazione, in quanto già disponibili presso l'Amministrazione Provinciale e Comunale.

Le attuali indagini geognostiche sono state realizzate dalla ditta 2F Trivel per conto della Antonini s.r.l. di Bastia Umbra (sondaggi), dalla Geoprove s.a.s. di Lucca (prospezioni sismiche

e prove DPM); dalla Geoin di Montecatini Terme (prove DPSH); ed infine dalla Laboter s.n.c. di Pistoia (analisi di Laboratorio).

I relativi elaborati forniti dalle ditte esecutrici, compresi negli allegati fuori testo denominati "ELABORATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE" e "ELABORATI DELLE INDAGINI GEOFISICHE", sono descritti specificatamente in seguito.

### 3.1 PROVE ESISTENTI

I sondaggi effettuati lungo la strada provinciale e presso la scuola in occasione dell'evento gravitativo del 79 avevano raggiunto rispettivamente la profondità di 23, 29 e 28 m.

Le stratigrafie nella zona indagata evidenziano le seguenti caratteristiche del sottosuolo :

- in S.1, relativo alla zona in frana poi consolidata, si evidenziava uno spessore di 3,40 m di terreni fini scadenti, saturi dalla profondità di 3 m; al di sotto la coltre detritica raggiungeva gli 8,50 m di profondità. La roccia sana ha inizio a -16,60 m.
- in S.2 (a quota rilevata presso la scuola) la coltre alterativa del Macigno raggiunge i 18 m di spessore, con alternanze di detrito in matrice limo-sabbiosa e livelli più argillosi; è assente una superficie freatica.
- In S.3 si individuano 6 m di detriti grossolani in matrice mista soprastanti un livello di 2,25 m di terreno limoso-argilloso. Il Macigno ha inizio alla profondità di 8,25 m e la roccia sana a -13 m. Anche in questo caso l'acqua si perde nel sottosuolo, in assenza di una superficie piezometrica.

Sempre lungo la Via Mammianese ma nella Zona 4, era stata eseguita una prova penetrometrica dinamica DPSH ed una prospezione sismica con onde SH.

La prima aveva evidenziato la seguente stratigrafia: al di sotto di 1 m di massicciata stradale e riporto si individuano terreni coesivi scarsamente resistenti fino alla profondità di 4 m,

soprastanti un terreno granulare a resistenza crescente. Dalla prospezione sismica è possibile individuare la profondità del substrato roccioso (8 m).

In ultimo è necessario ricordare le analisi di laboratorio su due campioni indisturbati prelevati nella coltre detritica superficiale sciolta (con  $N_{spt} < 5$  colpi), presente quasi uniformemente in tutti i versanti esterni al nucleo abitato antico di Vellano.

Le prove di taglio CD avevano individuato valori di angolo di attrito interno  $\phi'$  pari a  $24^{\circ}$ - $26^{\circ}$ , e coesione  $c'$  compresa tra 0,015 e 0,050 Kg/cmq.

## **3.2 INDAGINI ATTUALI IN ZONA 1**

### **3.2.1 Prove penetrometriche DPSH**

La prova dinamica superpesante individua il numero dei colpi di maglio per avanzare l'asta di 20 cm (N). Per mezzo di formule di passaggio si ottiene quindi la resistenza dinamica del terreno ( $R_d$ ). Il valore di N può essere correlato con  $N_{spt}$  al fine di ottenere i vari parametri geotecnici del sottosuolo.

Le prove sono state svolte nel bordo lato valle della Via dei Canali, nelle zone individuate come maggiormente critiche per la possibilità di localizzato dissesto, utilizzando uno strumento Pagani TG 63-100 superpesante, con coefficiente di correlazione alla prova SPT pari a  $\beta = 1,489$ . Gli elaborati grafici e numerici sono di seguito brevemente descritti.

#### **DPSH 1**

Si individua un primo strato di scarsa resistenza ( $N = 3$ ) di spessore pari a 1 m soprastante un terreno detritico a resistenza variabile ( $N = 5$ -22 colpi), fino al rifiuto raggiunto a -2,60 m.

## DPSH 2 - 3

Nelle due prove molto simili il primo strato di bassa resistenza ha spessore intorno a 1 m. Il rifiuto è stato raggiunto immediatamente dopo a -1,20 / -1,40 m.

## DPSH 4

Nella prova realizzata in prossimità della nicchia di distacco della frana attiva si individua un primo strato di bassa resistenza (N = 2) di spessore pari a 1,60 m soprastante un terreno detritico a resistenza variabile (N = 7-25 colpi), fino al rifiuto raggiunto a -4,20 m.

### 3.3 INDAGINI ATTUALI IN ZONA 2

#### 3.3.1 Sondaggi

I sondaggi attuali sono stati realizzati il 26 e 27 settembre utilizzando una sonda MK 600D, con diametro di perforazione 101 mm.

Nei primi due sondaggi, rispettivamente profondi 15 e 19 m, è stata eseguita una prima parte di perforazione con rivestimento.

In tutti e tre sono state realizzate prove penetrometriche SPT nelle coltri detritiche.

Le stratigrafie del sottosuolo attraversato redatte dalla ditta esecutrice sono allegate nell'apposito fascicolo dedicato agli *ELABORATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE* unitamente alle foto delle carote di sondaggio e delle prove SPT.

Di seguito è riportata la descrizione dei litotipi attraversati (e dei relativi valori di  $N_{spt}$ ), rielaborate in funzione delle conoscenze relative alla litologia dei terreni di Vellano.



### S.1

dal p.c. a -2,0 m : massicciata e riporto sabbioso  
 da -2,0 a -4,8 m : sabbia sciolta con scarso detrito  
 da -4,8 a -10,0 m : argilla limo-sabbiosa  
 da -10,0 a -15,0 m : arenaria poco fratturata

### S.2

dal p.c. a -1,1 m : massicciata e riporto ghiaioso  
 da -1,1 a -4,7 m : detrito di arenaria in abbondante matrice  
 limo-sabbiosa e limo argillosa  
 da -4,7 a -9,3 m : sabbia argillosa con scarsi frammenti arenacei  
 da -9,3 a -19,0 m : arenaria da poco a mediamente fratturata

### S.3

dal p.c. a -1,0 m : massicciata e riporto sabbioso  
 da -1,0 a -4,0 m : detrito di arenaria in abbondante matrice  
 sabbiosa e limo-sabbiosa  
 da -4,0 a -5,0 m : sabbia argillosa con scarsi frammenti arenacei

Le prove SPT, eseguite in prevalenza nei primi metri della coltre detritica, hanno fornito risultati evidenziati nelle seguenti Tabelle.

<b>S.1 Prove SPT</b>			
<b>n°</b>	<b>Profondità in metri</b>	<b>Valori misurati</b>	<b>Valori N</b>
<b>1</b>	<b>1,5</b>	<b>2-1-2</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>3,0</b>	<b>4-2-3</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>7,5</b>	<b>3-3-5</b>	<b>8</b>

Tabella 1

<b>S.2 Prove SPT</b>			
<b>n°</b>	<b>Profondità in metri</b>	<b>Valori misurati</b>	<b>Valori N</b>
<i>1</i>	<i>1,5</i>	<i>6-15-29</i>	<i>44*</i>
<i>2</i>	<i>3,0</i>	<i>3-5-6</i>	<i>11</i>
<i>3</i>	<i>5,0</i>	<i>7-8-9</i>	<i>17</i>
<i>4</i>	<i>7,0</i>	<i>7-8-8</i>	<i>16</i>

Tabella 2

<b>S.3 Prove SPT</b>			
<b>n°</b>	<b>Profondità in metri</b>	<b>Valori misurati</b>	<b>Valori N</b>
<i>1</i>	<i>1,5</i>	<i>3-15-11</i>	<i>26*</i>
<i>2</i>	<i>3,0</i>	<i>7-3-3</i>	<i>6</i>
<i>3</i>	<i>5,0</i>	<i>2-4-5</i>	<i>9</i>

Tabella 3

\* Nota : le prove n.1 in S.2 e n.1 in S.3 sono state effettuate in corrispondenza di frammenti lapidei grossolani, e pertanto il valore  $N_{spt}$  risulta molto elevato e scarsamente attendibile.

In merito alla circolazione delle acque sotterranee è stata rilevata durante l'esecuzione dei sondaggi la presenza di acqua in S.1 e la perdita di acqua in S.2.

Sono state effettuate misurazioni con un freatimetro nei fori di prova S.1 e S.2 il giorno successivo all'esecuzione dei sondaggi (misura 1), e 3 giorni dopo (misura 2).

La misura delle superfici piezometriche rispetto al piano stradale, in ordine cronologico, è stata la seguente :

- **S.1 : -4,00 m / -4,20 m**                      - **S.2 : -13,60 m / assente**

Si nota pertanto che pur a breve distanza la circolazione di sottosuolo è molto varia, in quanto in S.1 realizzato in prossimità della lesione stradale principale l'acqua nel sottosuolo è superficiale, mentre in S.2, distante circa 30 m, la circolazione è profonda.

Durante i sondaggi S.1 e S.3 è stato tentato di prelevare un campione indisturbato di terreno nello strato superficiale, tuttavia la natura sabbiosa sciolta non ha consentito il prelievo.

E' stato altresì prelevato un campione indisturbato in S.1 alla profondità di 7,10-7,50 m.

Nei terreni con maggiore frazione argillosa sono state effettuate misurazioni dirette della resistenza alla compressione mediante penetrometro tascabile che hanno individuato valori di 1,3-1,6 Kg/cm<sup>2</sup> nello strato coesivo presente in S.1 da -4,80 a -10,0 m, e valori di 2,1-3,2 Kg/cm<sup>2</sup> in S.2 nel livello tra -1,10 e -4,70 m.

### 3.3.2 Analisi di laboratorio

Il campione è stato prelevato nel livello dotato di coesione, in quanto prevalentemente argilloso-limoso, rilevabile in tutti i tre sondaggi al di sotto della profondità di 4-5 m dal p.c.

Il campione è stato sottoposto alla prova di taglio consolidato drenato CD per ricavare i valori della coesione e dell'angolo di attrito interno del terreno in termini di pressioni effettive ( $c'$ ,  $\phi'$ ).

E' stato determinato inoltre il peso di volume ( $\gamma$ ) e l'umidità naturale ( $w$ );

I principali parametri emersi dalle analisi, e descritti nei certificati allegati al fascicolo *ELABORATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE*, sono sintetizzati nella seguente Tabella 4.

<b>Parametri</b>	<b>Valori individuati</b>
$\gamma$ (in kN/mc)	<b>2,05</b>
$w$ (in %)	<b>17,9</b>
$c'$ (in kPa)	<b>13,3</b>
$\phi'$ (in gradi)	<b>32,4</b>

Tabella 4

### 3.3.3 Prove penetrometriche DPM

La prova dinamica media individua il numero dei colpi di maglio per avanzare l'asta di 10 cm (N). Per mezzo di formule di passaggio si ottiene quindi la resistenza dinamica del terreno (Rd). Il valore di N può essere correlato con  $N_{spt}$  al fine di ottenere i vari parametri geotecnici del sottosuolo.

E' stato utilizzato uno strumento Tecnotest TP 223, con coefficiente di correlazione alla prova SPT pari a  $\beta = 1,0$ .

Le prove sono state svolte nell'area a sud della vecchia frana degli anni 79-80, ovvero nella pendice a valle della Via Mammianese nella zona dove sono presenti le lesioni stradali.

Gli elaborati grafici e numerici sono di seguito brevemente descritti.

#### DPM 1

Si individua un primo strato di scarsa resistenza ( $N = 3$ ) di spessore pari a 1,80 m soprastante un sottile livello di terreno detritico a resistenza crescente fino al rifiuto raggiunto a -2,20 m.

#### DPM 2

Si intercetta un primo livello soffice ( $N \cong 2$ ) di spessore pari a 0,80 m soprastante uno strato di terreno detritico con  $N = 7-27$ ,



(in media intorno a 10 colpi), fino al rifiuto raggiunto alla profondità di -4,40 m.

#### DPM 3

Il primo livello di spessore pari a 1,40 m mostra caratteristiche scadenti ( $N \cong 2$ ); segue uno strato di terreno detritico a resistenza variabile ( $N$  in media intorno a 10 colpi) fino alla profondità di 3,50 m; al di sotto la resistenza è costante ( $N \cong 12$ ) fino al rifiuto raggiunto a -5,30 m.

#### DPM 4

Il primo livello di caratteristiche scadenti ( $N \cong 3$ ) ha uno spessore pari a 1 m; segue uno strato di terreno con  $N$  in media intorno a 10 colpi fino alla profondità di 3 m; al di sotto il terreno presenta una resistenza crescente ( $N \cong 15$ ) fino alla profondità di 6,50 m; in ultimo  $N$  cresce fino al rifiuto raggiunto a -7,40 m.

#### DPM 7-7bis-7tris

Le prove sono state ripetute a brevissima distanza. La 7tris è stata eseguita accanto alla 7bis, e pertanto non riportata in planimetria.

Si individua sempre un primo strato di bassa resistenza ( $N = 3$ ) di modesto spessore (max 1,30 m) precedente al rifiuto raggiunto a -0,70/-1,40 m.

### 3.3.4 Prospezioni sismiche a rifrazione

Nell'impossibilità di eseguire una prospezione a norma VEL per definire la categoria sismica del sottosuolo, a causa della situazione morfologica non rettilinea, è stata effettuata una prima stesa sismica a rifrazione lungo la Via Mammianese per una lunghezza pari a 47 m, con intervallo di 1 m tra 48 geofoni,

generando onde di superficie tipo Rayleigh analizzate con metodo MASW al fine di determinare la velocità media  $V_{s30}$ .

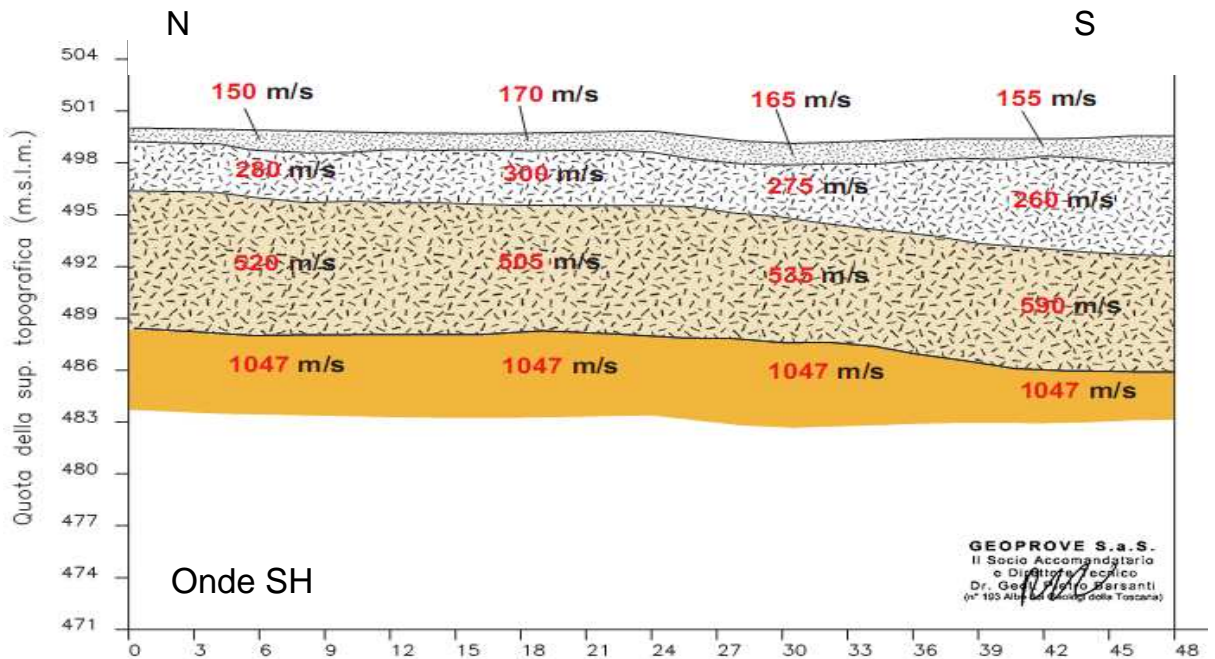
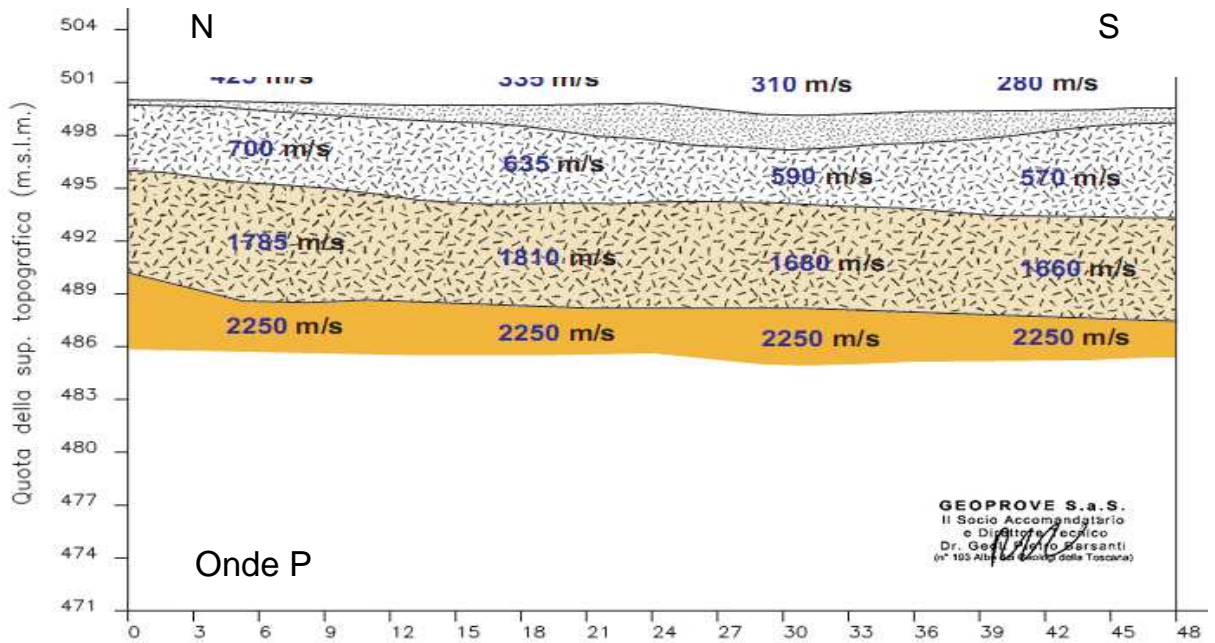
L'indagine è stata integrata da un'ulteriore prospezione sismica a rifrazione con onde P e onde SH di 46 m, con 24 geofoni aventi interasse di 2 m, per una corretta ricostruzione del sottosuolo praticamente nello stesso sito della prospezione precedente, sempre utilizzando un sismografo EG&G Geometrics Stratavisor NZXP (vedi relazione sulle indagini nel fascicolo allegato *ELABORATI DELLE INDAGINI GEOFISICHE*).

Per la presenza della struttura di sostegno esistente (cordolo in c.a. con micropali, l'interpretazione delle prove con le onde SH è risultata più disturbata in particolare nella prima porzione di stesa sismica, e pertanto si ritiene più affidabile l'interpretazione eseguita con le onde di compressione.

Le prospezioni, analizzate tramite il metodo GRM integrato con il metodo dei tempi intercetti, hanno prodotto le sezioni sismostratigrafiche (vedi figura nella pagina seguente), che evidenziano la presenza di quattro strati :

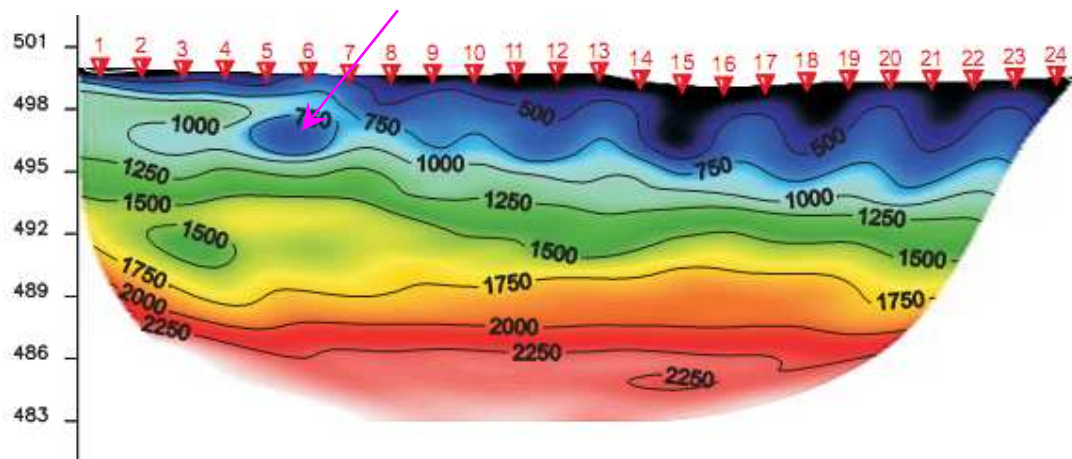
1. uno strato superficiale con  $V_p = 280 \div 425$  m/sec e  $V_s = 150 \div 170$  m/sec fino alla profondità di  $0.3 \div 2$  m (onde P) e  $0.8 \div 1.7$  m (onde SH), riferibile alla massicciata stradale, ai terreni di riporto ed alla porzione più sciolta della copertura detritica;
2. un secondo strato caratterizzato da  $V_p = 570 \div 700$  m/sec e da  $V_s = 260 \div 300$  m/sec con base alla profondità di circa 3,5-7 m, riferibile alla coltre detritica più compatta/addensata;
3. un terzo strato caratterizzato da  $V_p = 1660 \div 1810$  m/sec e da  $V_s = 505 \div 590$  m/sec con base a profondità comprese tra 10 e 13,5 m, riferibile alla coltre alterativa molto compatta/molto addensata ed in parte alla prima porzione del substrato arenaceo più fratturato;

4. il substrato roccioso con velocità sismica elevata ( $V_p = 2250$  m/s, e  $V_s = 1047$  m/s).



Mediante l'interpretazione tomografica si nota la generale corrispondenza con le due sezioni sismostratigrafiche, a prescindere da un maggior dettaglio dell'incremento di velocità con la profondità.

In particolare nella tomografia con le più attendibili onde P, evidenziata nella figura seguente, si osserva una riduzione di velocità intorno alla profondità di 4 m in una zona delimitata corrispondente alla linea di frattura trasversale lungo la Via Mammianese (indicata con freccia colorata).



**Tomografia con Onde P**

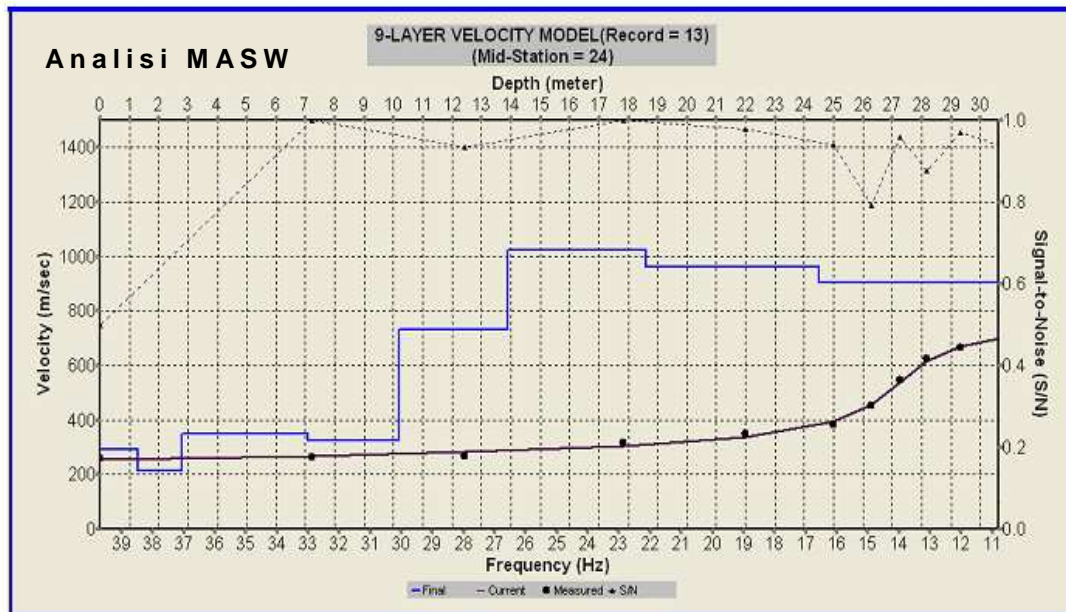
Per il calcolo della  $V_{s30}$  è stata utilizzata la formula :

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

con  $h_i$  = spessore in metri dello strato esimo  
 $Vs_i$  = velocità in m/s dello strato esimo  
 $N$  = numero di strati

La  $V_{s30}$  è risultata pari a 544 m/s, con andamento di velocità molto discontinuo, come testimoniato dal grafico nella figura seguente, per cui si ha una notevole impedenza sismica alla profondità di circa 10 m (passando da 326 m/s a 732 m/s).





Per tale motivo, in considerazione della presenza di una “copertura” con velocità media di circa 360 m/sec soprastante il bedrock sismico ( $V_s > 800$  m/sec), individuato ad un profondità di 14 metri circa, la categoria di suolo di fondazione risulta la “E”.

### 3.4 INDAGINI ATTUALI IN ZONA 4

#### 3.4.1 Prove penetrometriche DPM

Le due prove sono state effettuate al di sotto del muro di Via delle Mura in corrispondenza della zona soggetta ad un abbassamento lungo la strada comunale. I risultati sono praticamente identici, come di seguito indicato.

DPM 5 - 6

Le prove sono state ripetute a breve distanza a quote sfalsate.

Entrambe individuano uno straterello di soli 70-80 cm con resistenza varia e crescente (N in media intorno a 10 colpi) fino al rifiuto raggiunto a meno di 1 m di profondità.

#### **4. RICOSTRUZIONE GEOLOGICA E LITOSTRATIGRAFICA**

Per mezzo dei rilievi geologici, ed a seguito delle prove geognostiche note e di quelle attualmente svolte, è stato possibile effettuare una ricostruzione litologica e litostratigrafica nelle aree studiate, evidenziata nelle varie sezioni geologiche riportate nelle Tavole 5 e 6 fuori testo.

Il sottosuolo delle zone di Vellano esaminate è costituito da svariati terreni, sempre riferibili alle rocce del Macigno ed alla propria coltre di alterazione, e quindi piuttosto omogenee pur variando posizione morfologica. In particolare è emerso che nelle Zone 1 e 4 lo spessore della coltre detritica è generalmente molto modesto, da 1 m ad un massimo di 4 m, mentre nella Zona 2 lo spessore è sempre elevato, nell'ordine di 10 m ca.

Passando alla ricostruzione litologica effettuata è emerso che :

- il manto detritico è suddivisibile in tre distinti litotipi (denominati A, B, C), variabili per granulometria e grado di resistenza;
- la roccia in posto, costituita da strati arenacei e siltitici più o meno fratturati, e da rare argilliti marnose fratturate, può essere suddivisa in due differenti litotipi (denominati E, F) in dipendenza del grado di alterazione e fratturazione;
- in ultimo, è più raramente presente un litotipo (denominato D), che costituisce il termine di passaggio tra detrito e roccia, avendo caratteristiche intermedie.

Nella seguente Tabella è riportata la descrizione dei sei litotipi in cui il terreno è stato distinto, evidenziando le caratteristiche litologiche e le qualità.

LITOTIPI	TIPOLOGIA DEI TERRENI	LITOLOGIA PREVALENTE
A	Coltre detritica da poco a mediamente addensata o compatta	Terreno agrario, terreno di riporto, detrito minuto molto soffice
B		Detrito minuto limoso argilloso e limoso sabbioso
C		Detrito a granulometria mista
D	Strato di transizione	Detrito grossolano compatto, e/o arenaria decementata e fratturata
E	Ammasso roccioso di media o buona qualità	Strati rocciosi da mediamente a scarsamente alterati e fratturati
F		Strati rocciosi compatti

Tabella 5

Raramente sono presenti nel sottosuolo sequenze comprendenti tutti i litotipi, mancando talvolta un litotipo della coltre detritica, oppure uno dei due litotipi lapidei.

La differenziazione di questi ultimi è derivata in prevalenza dai risultati dei sondaggi e delle prospezioni sismiche, e quindi in alcune zone rappresentate in sezione la ricostruzione del litotipo roccioso non è certa in mancanza di tali indagini.

Di seguito è descritta sinteticamente la situazione geologica e litostratigrafia nelle quattro zone precedentemente descritte.

#### 4.1 ZONA 1

La presenza di affioramenti rocciosi in numerose aree implica modesti spessori della coltre detritica di alterazione. Quanto sopra è confermato dagli esiti delle prove dinamiche svolte lungo la Via dei Canali.

La scarsa coltre detritica di alterazione del Macigno appare localmente instabile per l'elevata acclività dei terreni sottostanti la viabilità, interessati dall'azione destabilizzante dei fossi qui presenti. In particolare è evidente un'ampia frana attiva parzialmente consolidata in testa da un'opera di sostegno.

Nella carta di Tavola 4 sono evidenziati i tratti della strada che presentano lesioni addebitabili all'azione di richiamo operata dai fossi, mentre nella Tavola 5 sono riportate le sezioni geologiche tracciate nei singoli punti di prova.

In ogni caso in superficie è presente il manto agrario (Litotipo A) talvolta direttamente in appoggio sul substrato roccioso, oppure con il litotipo C a fare da cuscinetto.

In nessuna delle quattro prove penetrometriche è stata riscontrata la presenza di acqua nel sottosuolo.

#### 4.2 ZONA 2

L'indagine attuale è assai in linea con la precedente indagine svolta in occasione dell'evento franoso che aveva interessato la Via Mammianese.

La coltre alterativa del Macigno è molto abbondante, anche se la parte superficiale di peggiori caratteristiche (litotipo A) è abbondante (circa 4 m) solo nella zona della lesione stradale, e già spostandosi di pochi metri tende a ridursi notevolmente.

Nella zona della vecchia frana (Sezione A-A') il litotipo A appoggia sullo strato di transizione (litotipo D), mentre spostandosi a sud dell'area ora consolidata si rinvencono tutti i



litotipi della coltre alterativa al di sopra della roccia compatta o scarsamente fratturata.

Nel terreno a valle della provinciale lo spessore della coltre alterativa è minore, comunque sempre assai abbondante. In ogni caso nelle prove non sono evidenti riduzioni di resistenza, così che nelle sezioni non sono evidenziabili superfici di potenziale scivolamento.

Le sezioni sismostratigrafiche e topografiche non evidenziano anomalie, né morfologie concave denotanti paleofrane, a prescindere dalla citata riduzione di velocità nell'area della lesione stradale, corrispondente al punto di maggior spessore del litotipo sciolto individuato nelle varie prove effettuate.

Nella Tavola 4 sono evidenziate le zone contraddistinte da lesioni stradali. In particolare si rileva che dietro i muri della provinciale nella zona della vecchia frana e della strada che sale alla scuola, in corrispondenza con i due cordoli con micropali evidenziati nella tavola, il manto stradale è abbassato, probabilmente nella zona compresa tra cordolo e vecchio muro in pietre.

Nel sottosuolo l'acqua circola nella zona della vecchia frana consolidata e nelle immediate vicinanze, come segnalato nell'abitazione presente circa 50 m a valle, e come testimoniato dalla presenza di numerosi pozzi al di sotto delle abitazioni a monte della provinciale. La quota piezometrica rilevata nel sondaggio n.1 si attesta intorno a -4 m dal piano stradale, in linea con quella del vecchio sondaggio n.1 (-3 m).

Per contro spostandosi di poco a sud la circolazione è profonda, interna agli strati rocciosi fratturati. Sia nell'indagine del 79 sia in quella attuale è stato possibile osservare perdite di acqua durante la perforazione, in assenza di un livello freatico.

Da quanto sopra discende che la frana del 79 e le attuali lesioni nella zona stradale immediatamente adiacente sono

riconducibili alla filtrazione di sottosuolo che ha prodotto uno scadimento delle qualità della coltre alterativa, ed un ammolimento continuo dei terreni.

#### **4.3 ZONA 3**

Nella Zona 3 relativa ai versanti acclivi del Fosso della Mora non sono state eseguite indagini, sia per l'impossibilità di accesso, sia perché non sono previsti al momento interventi strutturali se non quelli tipici dell'ingegneria naturalistica, oppure il posizionamento di reti paramassi a monte della Provinciale.

In particolare nell'incisione del Fosso della Mora al di sotto della Via Mammianese fino all'intersezione con la Via dei Canali si reputa che il Macigno sia subaffiorante, o comunque coperto da un modesto spessore di coltre alterativa grossolana.

Parimenti anche nel ripido versante al di sopra della Via Mammianese la roccia talvolta affiora, o appare subaffiorante, vista l'acclività accentuata ed i precedenti fenomeni di dissesto consistenti in crolli di materiale lapideo.

#### **4.4 ZONA 4**

Nell'ultima zona la roccia affiora diffusamente al di sopra della strada con strati potenti di arenaria scarsamente fratturata.

Le prove hanno confermato la presenza di un modestissimo spessore localizzato della coltre alterativa, mentre a valle della strada provinciale la situazione cambia decisamente, in quanto le precedenti indagini avevano rilevato un consistente pacco di materiali alterativi interessati da una paleofrana.

L'abbassamento del tratto di Via delle Mura evidenziato in planimetria non appare quindi imputabile a movimenti gravitativi ma solo a fenomeni di assestamento del detrito o del riporto

sottostanti la strada comunale, forse legati a perdite delle reti idriche o fognarie.

## 5. CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA

Per definire le caratteristiche geotecniche dei sei litotipi sono state utilizzate le interpretazioni delle varie prove penetrometriche, i risultati delle analisi di laboratorio precedenti ed attuali, e le valutazioni visive degli affioramenti e dei campioni dell'ammasso roccioso.

Le sezioni geologiche riportate in Tavola 5 e 6 corrispondono alle sezioni litotecniche, in quanto non è possibile accorpate i vari terreni individuati nella ricostruzione geologica.

Nella Tabella 6 sono quindi riportati i valori dei seguenti parametri geotecnici medi, ritenuti idonei per caratterizzare i sei litotipi: angolo di attrito interno (in condizioni drenate)  $\phi'$ , coesione (in condizioni drenate)  $c'$ , peso di volume  $\gamma$ .

LITOTIPI		PARAMETRI GEOTECNICI $f_m$		
	Resistenza ( $N_{spt}$ )	$\phi'$ (in °)	$c'$ (in kg/cmq)	$\gamma$ (in gr/cmc)
<b>A</b>	<b>2 ÷ 5</b>	<b>25</b>	<b>0,03</b>	<b>1,80</b>
<b>B</b>	<b>8 ÷ 15</b>	<b>32</b>	<b>0,13</b>	<b>2,10</b>
<b>C</b>	<b>10 ÷ 25</b>	<b>32</b>	<b>0,03</b>	<b>2,00</b>
<b>D</b>	<b>&gt; 20</b>	<b>35</b>	<b>0,00</b>	<b>2,00</b>
<b>E</b>	<b>&gt; 50</b>	<b>30</b>	<b>1,00</b>	<b>2,40</b>
<b>F</b>	<b>&gt; 50</b>	<b>40</b>	<b>2,00</b>	<b>2,60</b>

Tabella 6

Nella Tabella 7 sono riportati i parametri della coesione posseduta dai litotipi della coltre detritica in condizioni non drenate, ricavati per mezzo delle misure con il penetrometro tascabile e per correlazione con le prove penetrometriche.

Nelle relative verifiche a breve termine il terreno dovrà essere quindi considerato coesivo oppure granulare, per non incorrere ad una sovrastima delle qualità litotecniche.

LITOTIPO	PARAMETRI GEOTECNICI $f_m$ $c_u$ (in kg/cmq)
<b>A</b>	<b>0,30</b>
<b>B</b>	<b>0,80</b>
<b>C</b>	<b>1,20</b>

Tabella 7

## 6. ASPETTI SISMICI

Il territorio comunale di Pescia è stato inserito nella classe di sismicità 3, a seguito della O.P.C.M. 3278/03 e della O.P.C.M. 3519/06 confermata dalla D.G.R.T. n.878/2012.

Nei seguenti paragrafi sono esaminati i vari aspetti legati alla risposta del sito alle sollecitazioni sismiche, ed in particolar modo alle categorie (topografica e del sottosuolo) ed alla suscettibilità alla liquefazione nella zona dove si prevede di realizzare gli interventi strutturali più consistenti.

### 6.1 VITA NOMINALE - CLASSE D'USO - PERIODO DI RIFERIMENTO

Il tipo di strutture di sostegno prevedibili per la messa in sicurezza della viabilità risulta di categoria **2** (opere ordinarie). La

classe d'uso è di norma la **Classe II**, trattandosi di manufatti in aree senza affollamenti significativi di persone.

Di seguito è riportata la vita nominale  $V_N$  utilizzata nelle valutazioni, ed i conseguenti coefficiente d'uso  $CU$ , e periodo di riferimento per l'azione sismica  $V_R$ :

$V_N = 50$ anni	$CU = 1,0$	$V_R = 50$ anni
-----------------	------------	-----------------

## 6.2 CATEGORIA TOPOGRAFICA E CATEGORIA DEL TERRENO FONDALE

Per quanto riguarda la situazione topografica, la posizione con angolo di pendio medio del versante  $>15^\circ$  implica la categoria **T2**.

In merito alla categoria del terreno fondale si rileva dalla prospezione sismica con analisi MASW che la coltre detritica di spessore intorno a 10 m è contraddistinta da velocità  $V_s$  nell'ordine di 360 m/s, mentre il substrato roccioso possiede velocità  $V_s$  superiori a 800 m/s oltre la profondità di 14 m.

Da quanto sopra discende che il terreno fondale è ascrivibile alla categoria : **E** "Terreni dei sottosuoli tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con  $V_{s30} > 800$  m/sec)".

## 6.3 LIQUEFAZIONE

Il fenomeno della liquefazione del terreno a causa di sollecitazioni sismiche può essere escluso sia per la presenza di terreni detritici in genere molto miscelati, e quindi esterni al fuso



granulometrico potenzialmente liquefacibile, sia per l'assenza di una falda estesa ed omogenea.

Solamente il sondaggio S.1 ha individuato la presenza di una falda freatica, mentre a breve distanza l'acqua non si rinviene nei primi 20 m del sottosuolo, per cui anche il livello sabbioso presente tra -2,0 e -4,8 m non appare suscettibile di liquefazione se non in un ambito molto localizzato.

#### 6.4 PARAMETRI SISMICI

I vari parametri e coefficienti sismici sono stati elaborati mediante il programma di calcolo Geostru PS Parametri Sismici, e sono di seguito riportati (nota bene: per calcolare i parametri di progetto occorre la conoscenza dei fattori di struttura orizzontale e verticale, e del periodo fondamentale o di riferimento T).



#### Sito in esame

Latitudine: 43,95351876

Longitudine: 10,72265093

#### Siti di riferimento :

Sito 1 ID: 19163	Lat: 43,9521	Lon: 10,7125	Distanza: 829,757
Sito 2 ID: 19164	Lat: 43,9537	Lon: 10,7819	Distanza: 4740,497
Sito 3 ID: 18942	Lat: 44,0037	Lon: 10,7796	Distanza: 7201,931
Sito 4 ID: 18941	Lat: 44,0021	Lon: 10,7102	Distanza: 5488,717

Parametri sismici :

Categoria sottosuolo : E                      Categoria topografica : T1  
Classe: 2    Vita nominale: 50 anni    Coefficiente d'uso  $C_u$  : 1,0

- *Operatività (SLO):*  
Probabilità di superamento: 81 %  
Tr: 30 [anni]  
ag: 0,053 g  
Fo: 2,481  
Tc\*: 0,246 [s]
  
- *Danno (SLD):*  
Probabilità di superamento: 63 %  
Tr: 50 [anni]  
ag: 0,067 g  
Fo: 2,473  
Tc\*: 0,260 [s]
  
- *Salvaguardia della vita (SLV):*  
Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 475 [anni]  
ag: 0,166 g  
Fo: 2,397  
Tc\*: 0,288 [s]
  
- *Prevenzione dal collasso (SLC):*  
Probabilità di superamento: 5 %  
Tr: 975 [anni]  
ag: 0,213 g  
Fo: 2,389  
Tc\*: 0,293 [s]

con Tr = tempo di ritorno  
ag = accelerazione orizzontale max al sito  
Fo = valore max del fattore di amplificazione dello spettro in  
accelerazione orizzontale  
Tc\* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello  
spettro in accelerazione orizzontale

### Coefficienti sismici

#### *SLO:*

Ss:	1,600
Cc:	2,020
St:	1,200
Kh <sup>1</sup> :	0,018
Kh <sup>2</sup> :	0,020
Kv <sup>1</sup> :	0,009
Kv <sup>2</sup> :	0,010
Amax:	0,996
Beta <sup>1</sup> :	0,180
Beta <sup>2</sup> :	0,200

#### *SLD:*

Ss:	1,600
Cc:	1,970
St:	1,200
Kh <sup>1</sup> :	0,023
Kh <sup>2</sup> :	0,026
Kv <sup>1</sup> :	0,0127
Kv <sup>2</sup> :	0,013
Amax:	1,253
Beta <sup>1</sup> :	0,180
Beta <sup>2</sup> :	0,200

#### *SLV:*

Ss:	1,560
Cc:	1,890
St:	1,200
Kh <sup>1</sup> :	0,075
Kh <sup>2</sup> :	0,075
Kv <sup>1</sup> :	0,037
Kv <sup>2</sup> :	0,037
Amax:	3,056
Beta <sup>1</sup> :	0,240
Beta <sup>2</sup> :	0,240

#### *SLC:*

Ss:	1,440
Cc:	1,880
St:	1,200
Kh <sup>1</sup> :	0,114
Kh <sup>2</sup> :	0,103
Kv <sup>1</sup> :	0,057
Kv <sup>2</sup> :	0,052
Amax:	3,612
Beta <sup>1</sup> :	0,310
Beta <sup>2</sup> :	0,280

con Ss = fattore di amplificazione stratigrafica  
Cc = coefficiente correlato alla categoria del sottosuolo  
St = fattore di amplificazione topografica  
Kh<sup>1</sup> = coefficiente sismico orizzontale per muri e fondazioni  
Kh<sup>2</sup> = coefficiente sismico orizzontale per stabilità di pendii  
Kv<sup>1</sup> = coefficiente sismico verticale per muri e fondazioni  
Kv<sup>2</sup> = coefficiente sismico verticale per stabilità di pendii  
Amax = accelerazione massima in m/s<sup>2</sup>  
Beta<sup>1</sup> = coefficiente di riduzione per muri e fondazioni  
Beta<sup>2</sup> = coefficiente di riduzione per stabilità di pendii

## 7. VERIFICHE DI STABILITA'

Le verifiche di stabilità sono state effettuate per la Zona 2, mentre sono state omesse sia per la Zona 1, dove le sezioni evidenziano ripide pendici con terreni superficiali sciolti evidentemente in condizioni di equilibrio a lungo termine. Parimenti è stata omessa la verifica per la sezione della zona 4 dove la roccia è affiorante.

Per la Zona 2 sono state considerate le tre sezioni B-B', C-C' e D-D' che abbracciano tutta l'area stradale a sud del vecchio movimento franoso non protetto da strutture di sostegno.

Mediante il programma di calcolo Slope 2010 sono state ricercate le superfici di scivolamento con minore coefficiente di sicurezza utilizzando il metodo di Bishop per superfici cilindriche.

Le verifiche sono state eseguite a lungo termine, utilizzando i parametri di coesione e angolo di attrito interno indicati in Tabella 6, inserendo i coefficienti di riduzione M2 necessari per le verifiche agli stati limite ultimi SLU, secondo l'approccio 1 combinazione 2 (GEO) richiesto dalle N.T.C.

In condizioni sismiche sono stati utilizzati gli opportuni parametri sismici (verifica SLV) riportati nel precedente capitolo.

Per la sezione B-B' è stata prevista la circolazione di una falda superficiale, come effettivamente misurato nel terreno, mentre per le rimanenti sezioni non è stata prevista la circolazione idrica di sottosuolo.

Gli elaborati delle verifiche denominati **VERIFICHE 1** (B,C,D relativamente alle rispettive sezioni) per le condizioni statiche, e **VERIFICHE 2** (B,C,D) per le condizioni sismiche, sono allegati in appendice, e di seguito brevemente descritti.

#### **VERIFICA 1 B**

Riguarda la sezione tracciata nell'area dove si nota la principale lesione sul manto stradale.

La superficie critica comprendente anche l'abitazione sottostante è dotata di coefficiente di sicurezza maggiore rispetto a quanto richiesto dalla normativa ( $F_s = 1,10$ ), in quanto risulta  $F_s = 1,56$ , denotando la stabilità del terreno in condizioni statiche.

#### **VERIFICA 1 C**

Riguarda la zona immediatamente a sud dell'area lesionata.

La superficie critica individuata nell'analisi è dotata di un coefficiente di sicurezza pari a  $F_s = 1,56$ .

#### **VERIFICA 1 D**

Riguarda la zona esterna all'area lesionata.

La superficie critica è dotata di un coefficiente di sicurezza pari a  $F_s = 1,79$ .

#### **VERIFICA 2 B**

In condizioni sismiche la superficie critica individuata è dotata di un coefficiente di sicurezza pari a  $F_s = 1,08$ , ovvero di poco inferiore al minimo richiesto.

#### **VERIFICA 2 C**

Anche in questo caso  $F_s$  si riduce sensibilmente, con superficie critica dotata di coefficiente di sicurezza  $F_s = 1,105$ , ovvero appena al di sopra del minimo richiesto.

## VERIFICA 2D

Nell'area più meridionale tra quelle considerate la superficie critica individuata è dotata di coefficiente di sicurezza pari a  $F_s = 1,25$ .

In sintesi di quanto emerso dalle verifiche, si rileva che la presenza delle acque sotterranee è determinante per l'assetto della stabilità.

In condizioni statiche tutte le sezioni sono comunque verificate, mentre in condizioni sismiche unicamente la zona lesionata (sezione B-B') si trova con equilibrio precario in quanto pur essendo  $F_s$  maggiore di 1,0 risulta inferiore al coefficiente di sicurezza minimo richiesto.

## 8. CONCLUSIONI

In conclusione dell'indagine si possono ipotizzare delle previsioni di intervento che discendono direttamente dalla valutazione della pericolosità dei siti a seguito dei rilievi, delle indagini, e delle verifiche di stabilità, nonché dal grado di vulnerabilità delle opere esistenti.

Si possono prevedere quattro tipologie di interventi, alcuni specifici lungo la viabilità o nelle incisioni dei fossi, più interventi generici validi per tutte le zone esaminate, e precisamente :

### - Interventi di consolidamento delle strade

Riferibili a cortine di micropali o altre strutture idonee a garantire un sostegno senza appesantimento del terreno, ovvero capaci di trasmettere il proprio peso al substrato roccioso



resistente; saranno utilizzabili a protezione della Via comunale dei Canali nelle zone più soggette all'azione erosiva e di richiamo da parte dei tre fossi presenti in loco (Zona 1), e lungo la Via provinciale Mammianese (Zona 2) nell'area lesionata a prolungamento del cordolo esistente verso sud.

#### **- Interventi di sostegno**

Riferibili a opere strutturali (briglie in muratura o in gabbioni), a reti paramassi, oltre ad eventuali interventi di ingegneria naturalistica (briglie in legname e pietre, scogliere, palizzate). Si rendono necessari nella Zona 3 dove sono evidenti condizioni di instabilità nell'incisione del Fosso della Mora tra Provinciale e Via dei Canali al fine di stabilizzare il fondo del rio e rallentarne il corso, evitando che l'acqua percorra Via dei Canali. Saranno altresì realizzabili opere di contenimento della ripida scarpata anche nella pendice soprastante la Provinciale in sinistra idraulica del fosso.

#### **- Interventi di drenaggio del sottosuolo**

Si tratta di opere drenanti idonee ad intercettare e raccogliere le acque di sottosuolo, quali ad es. canne drenanti suborizzontali.

Possono essere utilizzate nella porzione di versante della Zona 2 soggetta a filtrazioni superficiali individuata in corrispondenza del Sondaggio n.1.

#### **- Interventi di regimazione delle acque superficiali e controllo delle reti fognarie**

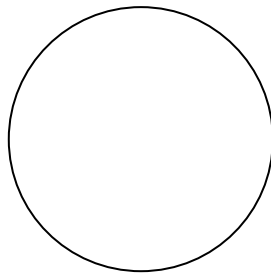
Trattasi dei consueti interventi idonei ad intercettare e raccogliere le acque di superficie, indirizzandole nella rete di naturale deflusso, oltre all'ispezione del sottosuolo nei tratti stradali ribassati.

Si rendono necessari per disciplinare l'andamento irregolare delle acque meteoriche, al fine di evitare l'infiltrazione nelle coltri detritiche.

Il controllo delle fognature appare più necessario lungo la Provinciale nella Zona 2, e lungo la Via delle Mura in Zona 4.

Pescia, 8 ottobre 2014

Il Relatore  
Dr. Franco Menetti



## **ALLEGATI**

### *In appendice*

- **ELABORATI DELLE VERIFICHE DI STABILITÀ**

### *fuori testo*

- **TAVOLA 3 – CARTA GEOMORFOLOGICA**
- **TAVOLA 4 – UBICAZIONE DELLE INDAGINI**
- **TAVOLA 5 – SEZIONI GEOLOGICHE E LITOTECNICHE ZONE 1 / 4**
- **TAVOLA 6 – SEZIONI GEOLOGICHE E LITOTECNICHE ZONA 2**
  
- **ELABORATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE**
- **ELABORATI DELLE INDAGINI GEOFISICHE**