

# GEOAMIATA

**GEOLOGIA GEOMORFOLOGIA IDROGEOLOGIA IDRAULICA**  
**GEOFISICA GEOTECNICA**

## **IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO «MONTENERO» Indagine Geologica, Geomorfologica e Geotecnica dell'Area di Centrale e Postazione MN1**

### **Committente**

STEAM s.r.l

### **Località**

Montenero

### **Comune**

Casteldelpiano (GR)

### **Incarico n.**

22/15

### **Data**

AGOSTO 2015



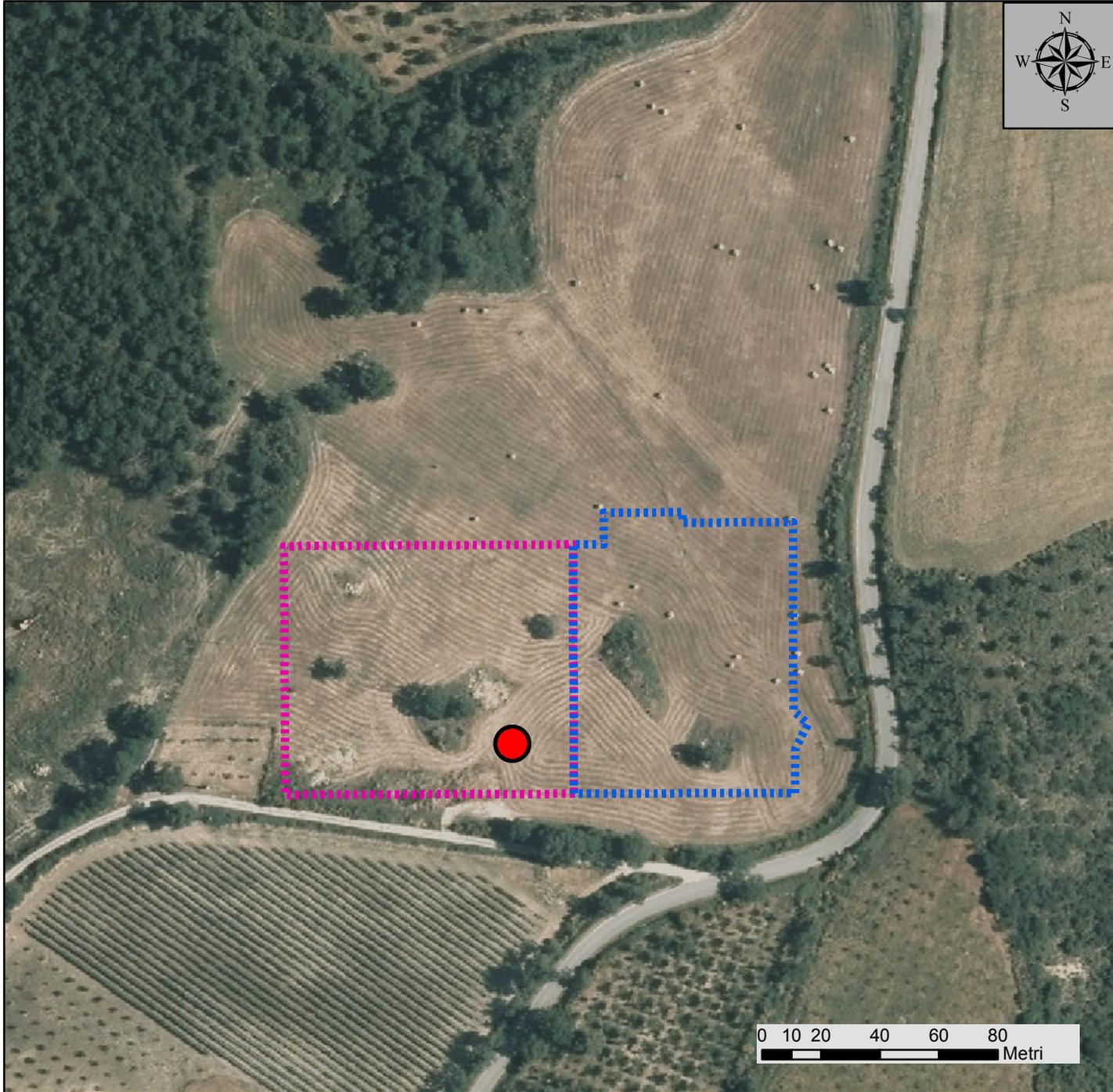
## 1. PREMESSA

Il presente lavoro è redatto al fine di fornire risposta alla richiesta da parte del MATTM, che ha percepito quelle effettuate Regione Toscana – Settore valutazione Impatto Ambientale, riguardo agli aspetti progettuali dell'impianto di produzione del Progetto di Ricerca "Montenero" ubicato in località Casalino, Comune di Casteldel piano. In particolare nel presente lavoro è stata approfondita la **caratterizzazione geologica e geotecnica del terreno di fondazione attraverso la realizzazione di un sondaggio geognostico**. In conformità alla richiesta di integrazione, ed ai successivi incontri con esponenti del Settore VIA della Regione Toscana e del Genio Civile di Grosseto, è stata programmata l'esecuzione di almeno un sondaggio nell'area sottesa dalla postazione di centrale e dalla postazione di perforazione MN1 dei pozzi di produzione, in quanto le due postazioni sono attigue e caratterizzate dalla stessa stratigrafia (vedi Allegato 2 al Progetto Definitivo). Inoltre, durante la riunione con il Genio Civile, è stato convenuto che un ulteriore sondaggio sarà realizzato nell'area dalla postazione di reiniezione subito dopo la costruzione della strada di accesso. Durante l'esecuzione dei lavori, l'intervento dei Vigili Urbani di Castel del Piano, e la rinuncia della ditta esecutrice, ambedue legati ad una mal interpretata finalità delle operazioni in corso da parte dell'opinione pubblica, hanno costretto la sospensione delle attività, avendo completato fortunatamente uno di due sondaggi commissionati.

In merito alla sospensione dei lavori si allega in appendice (Annesso 1) copia della comunicazione del Geologo Fabio Martellini.

Inoltre è stata presa in considerazione anche la richiesta di approfondire gli **aspetti legati alla presenza, ad una distanza di 100 metri dall'impianto, di un'area in frana attiva** individuata nel data base frane della Regione Toscana che insiste sulla strada del Cipressino.

Il sondaggio è stato realizzato nel corso del mese di **luglio 2015**. Per quanto riguarda gli aspetti geologici e sismici dell'area di intervento, questi sono già stati trattati nell'allegato 3 al



# UBICAZIONE SONDAGGIO

Scala 1:2.000

## Legenda

 Impianto di produzione MN1

 ORC

 Sondaggio realizzato

progetto definitivo, già in possesso degli Enti preposti all'esame della documentazione, alla quale si rimanda.

Si riportano all'interno della presente relazione:

1. **Ubicazione del sondaggio in scala 1.2.000;**
2. **Stratigrafia del sondaggio;**
3. **Carta geomorfologica in scala 1:5.000;**
4. **Documentazione fotografica.**

Si allega in appendice:

- relazione sulla **indagine geofisica;**
- copia **comunicazione** responsabile ditta incaricata della esecuzione dei sondaggi.

## 2. REALIZZAZIONE DEL SONDAGGIO

Allo scopo di valutare la stratigrafia del terreno nell'area destinata all'intervento, è stato realizzato un **sondaggio geognostico** ubicato come da **Ortofotocarta** (fig.1).

Il **sondaggio**, realizzato con sonda F.Ili MORI DCP 20, è stato spinto sino alla profondità di **8,57 metri** dal piano di campagna ed è stato arrestato **all'interno del substrato costituito da litotipi argillitici e calcarei, seppur variamente alterati**. Durante la realizzazione del foro è stata eseguita **una prova SPT** a punta chiusa alle profondità di 3,80 m dal piano di campagna.

Il sondaggio, al di sotto di un primo strato di suolo dello spessore di **0,50 m**, ha attraversato una **coltre detritica di accumulo** costituita da argilliti completamente alterate e frammenti calcarei fino alla profondità di **2,00 m**; al di sotto di questa quota e fino alla massima profondità indagata, sono presenti **argilliti e argilliti siltose**, seppur alterate nella porzione più superficiale, alternate a **calcari grigi** a grana fine che costituiscono il substrato del versante. Quanto sopra va a confermare quella che era l'interpretazione stratigrafica dell'indagine



Committente: <b>Dott. Geol. Nenci Daniele</b>	Ubicazione indagine: Strada Provinciale Monticello - Castel del Piano (GR)	Coordinate Gauss-Boaga: x: 1.702.687 Est - y: 4.754.299 Nord	Data esecuzione: 22 luglio 2015
<b>SONDAGGIO S1</b>			

**FOTO POSTAZIONE**



**CASSETTE CATALOGATRICI**



realizzata (allegato 3 del progetto definitivo), legata alle informazioni derivanti da quattro prove penetrometriche e uno stendimento sismico.

Le **prova SPT**, realizzata all'interno del substrato, seppur alterato, ha fatto registrare la seguente successione di colpi: **25 - 35 - 45**. Il numero di  $N_{spt}$  permetterebbe di rivalutare la caratterizzazione di questo terreno, incrementandone i valori della resistenza al taglio, ma tenuto conto che la normativa ci impone di essere cautelativi, la caratterizzazione dei terreni effettuata nel gennaio 2013 viene confermata per intero.

Si riporta nel testo lo **schema stratigrafico** del sondaggio.

### 3. ASPETTI GEOMORFOLOGICI

L'area di intervento si localizza all'interno di un pianoro leggermente ondulato in prossimità del crinale che fa da spartiacque tra il bacino del **Torrente Zancona** e quello del **Torrente Ribusieri**,



nel cui bacino idrografico rientra l'area di intervento.

Come anticipato in premessa, una vasta **area in frana** (classificata PFME dal PAI Ombrone) è presente a

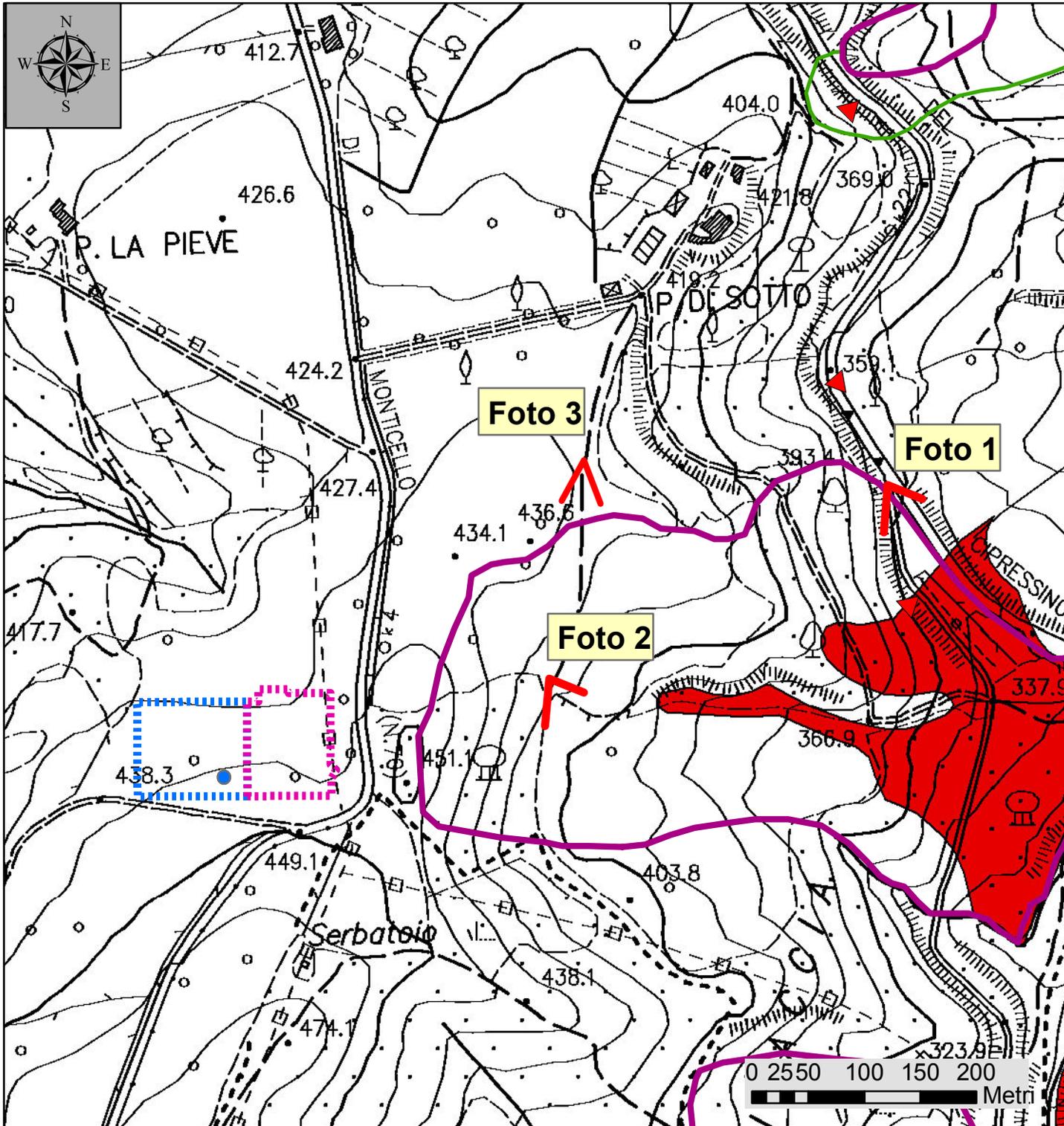
circa 250 m ad Est dalla postazione di produzione, sull'altro versante del crinale, quello che degrada verso il Torrente Zancona, ed è stata messa in evidenza sulla **Carta geologica e geomorfologica**; si tratta di un versante in sinistra idrografica del Torrente Zancona che interessa la Strada Provinciale per oltre 260 metri, fino al ponte sul torrente. Anche in questo caso l'ossatura del versante è costituita dalla **Formazione di Sillano – Santa Fiora**<sup>1</sup>, nella sua facies tipica costituita da argilloscisti e calcilutiti alternati in strati sottili, da centimetrici a decimetrici. Un attento esame geomorfologico della zona consente di restringere l'area effettivamente interessata dal dissesto, che si può definire meglio come **un'area a franosità diffusa**, così come visibile nella allegata **Carta geomorfologica**; in particolare la porzione apicale del versante mostra una morfologia arrotondata, senza segnali di attività, con terreni agricoli lavorati e superfici regolari (**Foto 2 e 3**) e pertanto tale porzione di pendio può ritenersi al momento stabile.

Per chiarire ulteriormente la situazione geomorfologica e litostratigrafica dell'area considerata in frana, lungo la vecchia strada provinciale è stata realizzata anche una **prospezione sismica a rifrazione in onde P** della lunghezza di 60 metri. Rimandando alla relazione geofisica riportata in appendice per maggiori dettagli sull'indagine condotta, comprensiva dell'**ubicazione planimetrica** dello stendimento e di una **sezione sismica** interpretativa dei dati, si riporta di seguito il modello della situazione stratigrafica individuata:

- **uno strato più superficiale, di spessore variabile tra 2 e 5 metri, interpretato come coltre detritica dimorante sul substrato, soggetta localmente e periodicamente a movimenti gravitativi;**
- **un substrato rigido, con velocità di 1581 m/sec, stabile.**

---

<sup>1</sup> Nella relazione allegata all'indagine del gennaio 2013 la formazione presente sul versante era indicata come appartenente alla Unità di Moneverdi-Lanciaia; in questa occasione si è voluto uniformarsi alla legenda della cartografia geologica ufficiale della Regione Toscana: si tratta comunque di differenze sostanzialmente legate alla nomenclatura, trattandosi in entrambi i casi di flysch appartenenti al Dominio Ligure esterno di età cretacea superiore.



# CARTA GEOMORFOLOGICA

Scala 1:5.000

## Legenda

 Frana attiva

### CLASSIFICAZIONE P.A.I. Ombrone

 PFME

 PFE

 Impianto di produzione MN1

 ORC

 Frane non cartografabili

 Punto di vista delle foto nel testo



Foto 2: la porzione apicale del versante classificato PFME



Foto 3: vista generale del rilievo a monte dell'area in frana

## 4. CONCLUSIONI

Nel presente lavoro è stata approfondita la caratterizzazione geologica e geotecnica del terreno di fondazione dell'impianto di produzione del Progetto di Ricerca "Montenero" attraverso la realizzazione di un sondaggio geognostico.

Inoltre è stata presa in considerazione anche la richiesta di approfondire gli aspetti legati alla presenza di un'area in frana attiva individuata nel data base frane della Regione Toscana che insiste sulla strada del Cipressino.

**Il sondaggio geognostico** e l'esecuzione di una prova SPT in foro hanno confermato, nella sostanza, quanto già emerso nell'indagine del gennaio 2013 (allegato 3 al progetto definitivo): la presenza di una coltre **detritica di accumulo** fino alla profondità di circa **2,00 m**, dimorante su di un substrato formato da **argilliti e argilliti siltose**, seppur alterate nella porzione più superficiale, alternate a **calcari grigi** a grana fine.

**La caratterizzazione geotecnica** corticale non è stata nuovamente appurata in questa sede dato che la progettazione esecutiva dovrà prevedere l'asportazione totale di tale livello per affidare le strutture fondali ai terreni del substrato; quest'ultimo è stato nuovamente caratterizzato mediante la realizzazione di una prova SPT: anche se il numero di colpi della prova avrebbe permesso di rivalutare la caratterizzazione di questo terreno, incrementandone i valori della resistenza al taglio, **la caratterizzazione dei terreni effettuata nel gennaio 2013 è stata confermata per motivi cautelativi.**

Per le motivazioni riportate in premessa è stato eseguito un solo sondaggio, ma possiamo considerare il quadro geologico e geotecnico definito sino a questo punto sufficientemente esaustivo delle condizioni presenti nella totalità dell'area di intervento che si presenta sostanzialmente uniforme. Nondimeno ulteriori indagini potranno essere realizzate in

concomitanza con la predisposizione della progettazione esecutiva dell'intervento, in adeguamento alle normative vigenti.

**L'esame geomorfologico** dell'area in frana ha portato ad una **riduzione** dell'area effettivamente interessata da forme di dissesto in atto; in particolare la porzione più a monte dell'area classificata PFME ha una morfologia molto regolare e arrotondata, per cui viene al momento considerata stabilizzata. In ogni caso l'area di intervento risulta comunque localizzata sul versante opposto a quello all'interno del quale si sviluppa la frana, per cui **non si prevedono problematiche di stabilità del versante neppure in dipendenza di evoluzioni future del dissesto.**

**ARCIDOSSO, luglio 2015**



The image shows a handwritten signature in black ink over a circular stamp. The stamp is the official seal of the Associazione Nazionale dei Geologi (Italian Geological Society), featuring the text "ASSOCIAZIONE NAZIONALE DEI GEOLOGI" around the perimeter and "ROMA" at the bottom. The signature is written in a cursive style.

## **APPENDICE**

- ***Relazione geofisica***
- ***Comunicazione ditta incaricata dei sondaggi***

# RELAZIONE GEOFISICA

## 1 Premessa

La presente indagine geofisica ha l'obiettivo di fornire alcune indicazioni sullo stato di attività del movimento franoso situato lungo la strada Provinciale del Cipressino all'altezza del ponte sulla Zancona all'interno del comune di Casteldelpiano; come visibile in figura 1 nell'area è stata eseguita un indagine di sismica a rifrazione in onde P al fine di distinguere una possibile coltre con scarse caratteristiche meccaniche da un substrato rigido.



*Fig.1: ubicazione frana (1a) in rosso, la linea blu indica lo stendimento di sismica a rifrazione.*

## 2 Strumentazione utilizzata

Il sistema usato per l'acquisizione è quello prodotto dalla SARA Electronic Instruments s.r.l ed è composto da:

- un sismografo a 12 canali;

- 12 geofoni;
- 1 geofono starter;
- un'unità di testa;

I geofoni hanno la sola componente verticale con una frequenza naturale di 4.5 hz e una sensibilità di 28 V/m/s .Il sismografo è costituito da 12 unità poste lungo il cavo sismico a distanze regolare; questa unità sono essenzialmente dei convertitori analogico-digitali SARA 16 bit, con filtro passa basso con 200 hz di frequenza di taglio e un filtro passa alto con frequenza di taglio posta a 2 hz. Il trigger, ovvero lo start della registrazione, viene dato attraverso il geofono starter. L'unità di testa, infine, non è altro che un'interfaccia tra i vari digitalizzatori posti lungo il cavo e il computer collegato ad essi. L'energizzazione del terreno è stata eseguita con un colpo di maglio da 6 kg su una piastra battente in PVC.

## **3 Descrizione delle operazione di acquisizione, processing e inversione**

### **3.1 Acquisizione sismica a rifrazione in onde P**

I parametri utilizzati nell'acquisizione dei sismogrammi sono stati selezionati sulla base delle velocità e delle geometrie attese sul sito studiato; nel sito in oggetto si è optato per un tempo di registrazione di 0.25 s, con una frequenza di campionamento di 5000 hz e uno **stendimento lungo 44 metri con 23 geofoni** simulati grazie alla tecnica della traslazione la quale permette di eseguire stendimenti lunghi, con interasse breve nonostante il numero limitato di canali. Il numero di **punti sorgente utilizzati è 7 di cui 4 esterni e 3 interni.**

Al fine di definire in maniera precisa il primo arrivo su ogni traccia si è eseguito lo stacking (somma) di più energizzazioni su ogni punto sorgente. Nell'allegato in calce a questa relazione è presente uno schema con l'ubicazione e la geometria dettagliata dello stendimento.

## 3.2 Processing ed inversione della sismica a rifrazione P

L'elaborazione della sismica a rifrazione prevede il primo fondamentale passaggio del picking dei primi arrivi, in cui si cerca di definire i tempi di primo arrivo dell'onda rifratta per ogni traccia misurata. Si costruisce così una dromocrona (curva che mostra la variazione dei tempi di arrivo in base alla distanza dalla sorgente) per ogni energizzazione. I metodi per ottenere la sezione di velocità delle onde P partendo dalle dromocrone e dalla geometria dello stendimento sono molteplici, in questo studio si è utilizzato il metodo GRM teorizzato da Palmer. Il passaggio più delicato di questo metodo è la ricostruzione della dromocrona relativa ad ogni strato, seguendola, se possibile, da un estremo all'altro dello stendimento, assemblando quindi insieme tratti di dromocrone relative a sorgenti differenti ma i cui segnali provengono dallo stesso rifrattore. Ciò andrà fatto sia per il tiro diretto che per quello coniugato. Il processing e l'inversione dei dati è stata eseguita con il programma SismaCon prodotto da ProgramGeo.

## 4 Presentazione dei risultati

I risultati dell'indagine sismica a rifrazione in onde P sono riassunti nell'allegato posto in calce alla relazione geofisica il quale è così composto:

- **ubicazione dettagliata, documentazione fotografica e geometria dello stendimento a pag 1;**
- **Dromocrone, relativi tempi di arrivo (pag 2);**
- **sezione risultante (pag.3) ;**

La sezione risultante ha evidenziato due sismostrati:

1. una **coltre superficiale con velocità di 482m/s** e spessore che si riduce da 5,5 m a 2 m, procedendo verso NO;
2. un livello con **velocità di 1581 m/s e spessore indefinito identificabile come substrato alterato e fratturato.**

## Allegato: Frana su strada Provinciale Cipressino Casteldelpliano (GR)

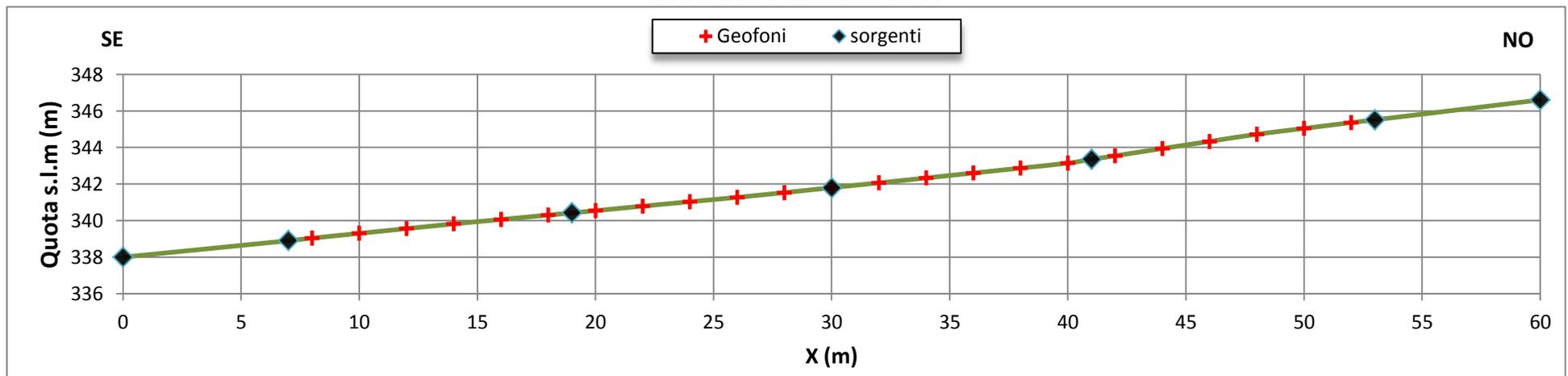
### Ubicazione



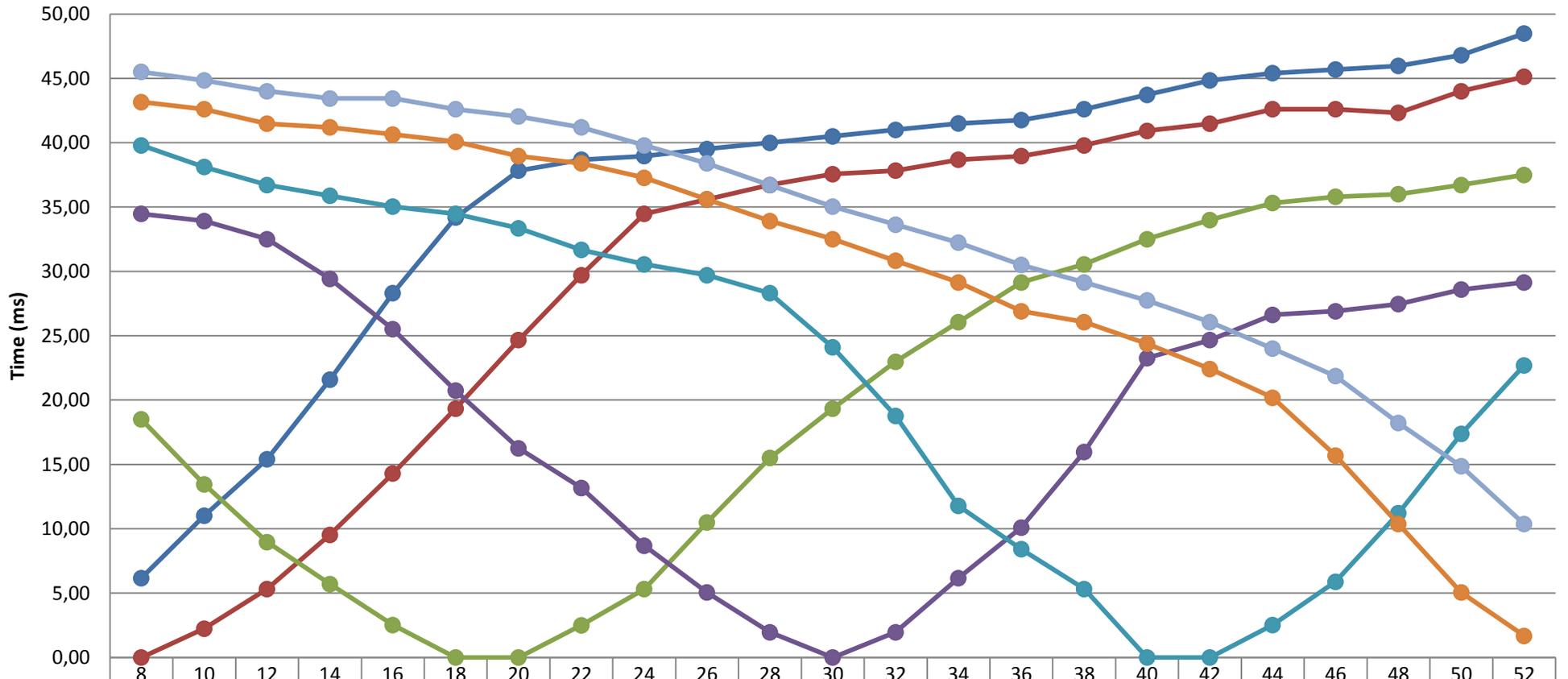
### Documentazione fotografica



### Geometria stendimento

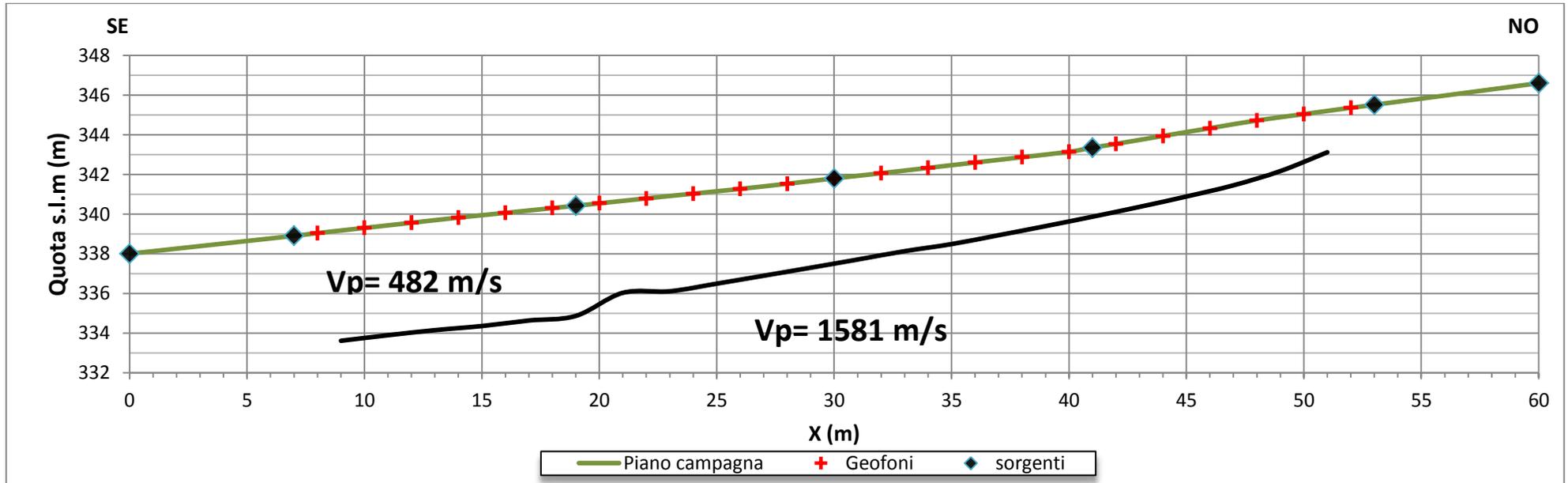


# Dromocrone



	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52
0m	6,17	11,01	15,41	21,58	28,31	34,19	37,84	38,68	38,96	39,52	40,00	40,50	41,00	41,50	41,76	42,60	43,72	44,84	45,40	45,68	45,96	46,80	48,49
7m	0,00	2,24	5,33	9,53	14,29	19,34	24,66	29,71	34,47	35,59	36,72	37,56	37,84	38,68	38,96	39,80	40,92	41,48	42,60	42,60	42,32	44,00	45,12
19m	18,50	13,45	8,97	5,70	2,52	0,00	0,00	2,50	5,31	10,50	15,50	19,34	22,98	26,07	29,15	30,55	32,51	34,00	35,31	35,80	36,00	36,72	37,50
30m	34,47	33,91	32,51	29,43	25,50	20,74	16,26	13,17	8,69	5,04	1,96	0,00	1,96	6,17	10,09	15,98	23,26	24,66	26,63	26,91	27,47	28,59	29,15
41m	39,80	38,12	36,72	35,87	35,03	34,47	33,35	31,67	30,55	29,71	28,31	24,10	18,78	11,77	8,41	5,33	0,00	0,00	2,52	5,89	11,21	17,38	22,70
53m	43,16	42,60	41,48	41,20	40,64	40,08	38,96	38,40	37,28	35,59	33,91	32,51	30,83	29,15	26,91	26,07	24,38	22,42	20,18	15,70	10,37	5,04	1,68
60m	45,50	44,84	44,00	43,44	43,44	42,60	42,04	41,20	39,80	38,40	36,71	35,03	33,63	32,23	30,50	29,15	27,75	26,07	24,00	21,86	18,22	14,85	10,37

## Sezione risultante



Piano campagna					
Ascissa	Quota	Ascissa	Quota	Ascissa	Quota
0	338	24	341,03	44	343,94
7	338,9	26	341,27	46	344,33
8	339,04	28	341,53	48	344,72
10	339,3	30	341,8	50	345,04
12	339,56	32	342,06	52	345,36
14	339,82	34	342,33	53	345,51
16	340,06	36	342,6	60	346,6
18	340,3	38	342,87		
19	340,42	40	343,14		
20	340,54	41	343,35		
22	340,79	42	343,54		

Interfaccia 1			
Ascissa	quota	Ascissa	Quota
9	333,611	31	337,707
11	333,891	33	338,128
13	334,147	35	338,485
15	334,355	37	338,932
17	334,634	39	339,391
19	334,865	41	339,866
21	336,029	43	340,362
23	336,108	45	340,886
25	336,492	47	341,45
27	336,891	49	342,168
29	337,295	51	343,117

----- Original Message -----

**From:** [fabio martellini](mailto:fabio.martellini@geo-ee.it)

**To:** 'd.nenci\_Geoamiata'

**Sent:** Monday, July 27, 2015 12:21 PM

**Subject:** Situazione carotaggio area monticello Comune di castel del Piano - interruzione dei carotaggi

Comunico con la presente, che una volta provveduto alla riparazione della sonda di perforazione (guasto alla pompa di igneazione) la scrivente provvederà a rimuovere la stessa e non proseguirà le attività programmate da codesta spettabile D.L.. Le condizioni di cui sopra sono sopraggiunte in seguito alla conoscenza da parte di assessore del vicino Comune di Cinigiano che sull'area era prevista la possibilità di effettuare una ricerca geotermica fortemente osteggiata dalla comunità locale di Monticello, Montenero ecc... In data 22.07.2015 un sopralluogo dei Vigili Urbani del Comune di Castel del Piano, oltre ad chiedermi delucidazioni sulle motivazioni del sondaggio, mi hanno identificato e mi hanno imposto verbalmente di attendere per il prosieguo delle attività sino a nuova comunicazione. **Stante la situazione illustrata e temendo danni ai macchinari ancora presenti, provvederemo con urgenza a interrompere le attività di indagine geognostica e a rimuovere il cantiere non appena riparata l'anomalia.**

Cordiali Saluti

Dott. Geol. Fabio Martellini

[fabiomartellini@geo-ee.it](mailto:fabiomartellini@geo-ee.it)

---

AVVERTENZE AI SENSI DEL D.LGS 196/2003

Le informazioni contenute in questo messaggio di posta elettronica e/o nel/i file/s allegato/i, sono da considerarsi estremamente riservate: Il loro utilizzo è consentito unicamente al destinatario del messaggio per le finalità indicate nel messaggio stesso. Qualora ricevete questo messaggio senza esserne il destinatario, Vi preghiamo cortesemente di darcene notizia via e-mail e di procedere alla distruzione del messaggio medesimo cancellandolo dal Vostro sistema; costituisce comportamento contrario ai principi dettati dal D.Lgs 196/2003 il trattenere il messaggio, divulgarlo anche in parte, distribuirlo ad altri soggetti, copiarlo o utilizzarlo per finalità diverse. Grazie

LEGAL WARNING – D.LGS 196/2003

This message is intended only for the use by individual entity to which it is addressed and may contain information privileged, confidential and exempt from disclosure under applicable laws. If the reader of this message is not the intended recipient, you are hereby notified that any dissemination, distribution or copying of this communication is strictly prohibited. If you have received this communication in error, please notify us immediately and delete original message and any attachments. Thank you.

 Prima di stampare questa e-mail, accertati che sia veramente necessario - risparmia gli alberi.