



## **Impianto Pilota Geotermico “Montenero”**

### **[ID:2777] Risposte alle Richieste di Integrazioni**

*Allegato 5: Indagine Geomorfologica*

*Preparato per:*  
**Gesto Italia Srl**

Agosto 2015

*Codice Progetto:*  
P15\_GES\_015

Revisione: 0

**STEAM**  
**Sistemi Energetici Ambientali**  
Lungarno Mediceo, 40  
I – 56127 Pisa  
Telefono +39 050 9711664  
Fax +39 050 3136505  
Email : info@steam-group.net



**STEAM**

# GEOAMIATA

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

## **IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO «MONTENERO»** **Indagine geomorfologica**

### **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 a due richieste d'integrazione del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (MATTM) che ha recepito quelle della Regione Toscana – Settore valutazione Impatto Ambientale (richieste 2.1 e 2.2) riguardo agli aspetti progettuali del **tracciato dell'elettrodotto MT** che unirà l'impianto di produzione del Progetto di Ricerca "Montenero" (in località Casalino, Comune di Casteldelpiano) con la cabina di consegna presso la centrale ENEL di Bagnore (Comune di Santa Fiora).

In particolare **nel presente lavoro è stata approfondita l'analisi geomorfologica delle aree, interessate dal tracciato dell'elettrodotto in progetto, ricadenti in pericolosità da frana molto elevata (P.F.M.E.) ed elevata (P.F.E.) del P.A.I. del bacino del Fiume Ombrone ed in pericolosità da frana elevata (P.F.3) del P.A.I. del bacino del Fiume Fiora.** Si tratta di **17 zone** che verranno trattate una ad una nei paragrafi seguenti; la numerazione di ciascuna di esse è visibile nella **TAV.1 (Planimetria dell'elettrodotto)**: in ciascuna di esse sono stati effettuati una serie di sopralluoghi ed un rilievo geomorfologico di dettaglio (vedi **foto** inserite nel testo) allo scopo di evidenziare l'attuale situazione di stabilità dei versanti. Laddove ritenuto necessario sono stati predisposti approfondimenti con indagini geofisiche in situ, allo scopo di definire morfologie sepolte e/o superfici di scorrimento.

I sopralluoghi per l'accertamento delle condizioni locali a base della presente relazione sono stati compiuti nel **Luglio 2015**.

Si riportano in appendice:

- **Fig. 1: Ubicazione della zona di intervento in scala 1:25.000;**
- **Fig. 2-16: Carte geologiche e geomorfologiche delle singole aree in scala 1:5.000 e 1:2.000;**
- **Fig.17: Carta della vulnerabilità della falda (stralcio P.S. di Casteldelpiano);**
- **Fig.18: Carta geomorfologica dell'area destinata alla posa della tubazione provvisoria di approvvigionamento idrico;**

- **Indagini geofisiche.**

Si allega fuori testo la Planimetria dell'elettrodotto (Tavola 1).

## **1.1 DESCRIZIONE TRACCIATO ELETTRODOTTO**

L'elettrodotto sarà realizzato mediante una linea MT interrata in doppia terna con conduttore in alluminio da 500 mm<sup>2</sup>; il tracciato si svilupperà per una lunghezza di circa 15,5 km, con andamento NO-SE, attraversando un terreno collinare e montano, che appartiene amministrativamente ai comuni di Casteldelpiano (4,1 km), Arcidosso (10,7 km) e Santa Fiora (0,7 km).

Il tracciato interessa quasi esclusivamente strade già esistenti (asfaltate e non).

Nello specifico, il cavo MT esce dalla cabina di impianto e si sviluppa lungo la **SP n° 70** di Monticello, per una lunghezza di circa 1.000 m in direzione Nord, per poi immettersi nella **SP n° 64** "Il Cipressino", percorrendola in direzione Sud-Est ed attraversando il Torrente Zancona. Immediatamente dopo l'attraversamento del torrente, il tracciato devia in direzione Sud verso località "Cantoniera" e da qui percorre strade vicinali in direzione Est, fino ad immettersi nuovamente nella SP 64 "Il Cipressino". Prosegue quindi verso Sud, raggiungendo il bivio Begname e proseguendo lungo la **SP di Arcidosso**, raggiungendo il comune omonimo dal lato ovest. Giunto al km 9,9, il tracciato devia nuovamente verso Sud, percorrendo la strada comunale Vecchia di Zancona in direzione del poggio della Crocina, dove subirà una deviazione verso Ovest avvicinandosi alla località "Aiole". Si dirige, quindi, verso Sud percorrendo la **SS n°323** del Monte Amiata per circa 1,5 km

Per specifiche tecniche sul tracciato si rimanda all'*Allegato 3* al Progetto Definitivo.



## 2. GEOLOGIA E STRATIGRAFIA

I terreni affioranti nell'area in esame ricadono quasi per intero nei vasti affioramenti alloctoni appartenenti al Dominio Austroalpino che, sovrascorsi sui terreni in Serie Toscana (Dominio Toscano), fungono da basamento alle Vulcaniti del Monte Amiata.

La **storia geologica** della zona circostante il Monte Amiata è molto complessa, comprendendo eventi sedimentari e tettonici che si sono susseguiti tra il Mesozoico (Giurassico, 200 milioni di anni fa) ed il Quaternario recente (150 mila anni fa), gli stessi che hanno dato vita al corrugamento ed al sollevamento della Catena appenninica. Senza addentrarci troppo nella ricostruzione di questa storia, dobbiamo comunque tenere presente che i Complessi geologici presenti nell'area amiatina provengono da bacini di sedimentazione distinti e con caratteristiche paleoambientali diverse (*Domini paleogeografici*) ed oggi si trovano tettonicamente sovrapposti l'uno sull'altro. Sulla base dei rapporti di giacitura dei vari complessi e delle caratteristiche sedimentologiche delle rispettive successioni, si ritiene oggi che essi provengano da tre diversi Domini che all'inizio del Cretacico (150 milioni di anni fa) dovevano succedersi da Ovest verso Est, all'interno dell'oceano ligure - piemontese (un braccio dell'**Oceano Tetide**), nel seguente modo: **Dominio ligure, Dominio austroalpino** (o *Dominio ligure esterno e sub-ligure*), **Dominio toscano**.

I vari domini paleogeografici sopraelencati dopo la chiusura dell'oceano (Eocene, 45 milioni di anni fa) e la successiva **collisione continentale Europa - Africa**, hanno subito un raccorciamento con conseguente accavallamento dei terreni più occidentali su quelli più orientali: queste unità tettoniche oggi, sovrapposte l'una sull'altra, formano l'ossatura della Catena appenninica. A queste unità si sovrappongono, nell'area amiatina, sia sedimenti di origine lacustre e marina di età mio-pliocenica (tra i 10 ed i 2 milioni di anni fa), sia **rocce vulcaniche** legate all'attività pleistocenica (300.000 - 150.000 anni fa) del Monte Amiata.

In particolare il tracciato interessa lungo il suo percorso principalmente le Unità del **Dominio Ligure Esterno** rappresentate dalla **Formazione di Pietraforte** (arenarie, siltiti e ruditi; Cretaceo) e

dalla **Formazione di Sillano-S.Fiora** (argilliti, arenarie e conglomerati; Cretaceo). Inoltre, il tracciato intercetta:

- per un breve tratto iniziale di circa 500 m i **Depositi Quaternari** formati da conglomerati arenarie e calcari.
- per circa 600 m, nella parte centrale del suo percorso, argilliti, calcari e siltiti afferenti al **Dominio Ligure** (Calcari di Groppo del Vescovo; Eocene)
- nella sua parte terminale, per circa 1 km, i litotipi calcarenitici (Cretaceo inf. – Oligocene)

È da sottolineare che per la realizzazione dell'elettrodotto interrato verranno realizzati degli **scavi fino ad una profondità di 1,2 m**, nel caso in cui l'elettrodotto passerà al disotto della strada asfaltata esistente, quindi interesserà quasi esclusivamente il volume della massicciata stradale, e di 1,1 m nel caso in cui l'elettrodotto interessi terreni agricoli ed in strade sterrate. In entrambi i casi lo scavo avrà una larghezza di circa 0,7 m.

### 3. GEOMORFOLOGIA



Foto 1 – Zona 1a: rete paramassi a protezione della carreggiata

Nel seguente paragrafo verranno analizzate singolarmente le **zone** in cui il tracciato dell'elettrodotto interessa aree **ricadenti in pericolosità da frana molto elevata ed elevata** dei

## P.A.I. dei bacini del Fiume Ombrone e del Fiume Fiora.

### **Zona 1a – Classe PFE/PFME**

Si localizza lungo un tratto in leggera pendenza lungo la S.P. del Cipressino, ad una quota compresa tra 380 e 370 m s.l.m., a valle del Podere di Sotto; il tracciato dell'elettrodotto interseca l'area PFE per un tratto di **90 metri**, mentre subito a valle della strada è segnalata un'area di dissesto attiva. L'ossatura del versante è costituita dalla Formazione di Sillano, nella sua facies tipica costituita da argillocisti e calcilutiti alternati in strati sottili, da centimetrici a decimetrici. A monte della strada sono presenti scarpate sub-verticali che presentano segnali di crollo: reti paramassi e opere di contenimento sono state posizionate nel passato a protezione della carreggiata, come visibile nelle **Foto 1 e 2** inserite nel testo.

La carreggiata, al contrario, non mostra alcun segno di dissesto e nel complesso, il versante non



Foto 2 – Zona 1a: la carreggiata stradale e sullo sfondo opere di contenimento della scarpata

mostra una instabilità generalizzata, ma solo puntuale in corrispondenza delle scarpate più acclivi; pertanto si può concludere che l'intervento in oggetto, anche per la sua modestissima entità, non andrà

ad aumentare il rischio di frana nelle aree adiacenti.



### **Zona 1b – Classe PFME**

Una vasta area, classificata **PFME** dal PAI Ombrone è presente poche centinaia di metri più a valle rispetto all'area prima considerata (Foto 3); si tratta di un versante in sinistra idrografica del Torrente Zancona che intercetta il tracciato dell'elettrodotto per **oltre 260**



Foto 3 – Zona 1b: tratto della carreggiata interessato dall'elettrodotto

**metri**, fino al ponte sullo stesso torrente. Anche in questo caso l'ossatura del versante è costituita dalla Formazione di Sillano, nella sua facies tipica costituita da argiloscisti e calcilutiti alternati in strati sottili, da centimetrici a decimetrici. Un attento esame geomorfologico dell'area 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 **Figura 2** (*Carta Geologica e geomorfologica*); in particolare la porzione apicale del versante mostra una morfologia arrotondata, senza segnali di attività, con terreni agricoli lavorati e superfici regolari (**Foto 4**) 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,

Foto 4 – Zona 1b: la porzione apicale del versante classificato PFME



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.**

**In sintesi**, dall'analisi svolta è emerso quanto segue:

- l'ossatura del versante è costituita da argillocisti e calcilutiti alternati in strati sottili, da centimetrici a decimetrici;
- il substrato risulta ricoperto da una **coltre detritica** di spessore variabile tra 2 e 5 metri, che mostra **a luoghi** una residua tendenza allo scivolamento gravitativo, presumibilmente legata alle **infiltrazioni idriche** connesse con le precipitazioni meteoriche;

- l'area PFME, comprendente anche l'area di possibile evoluzione del dissesto, intercetta l'elettrodotto per **circa 260 metri**, mentre l'area a franosità diffusa, considerata al momento attiva, intercetta il tracciato dell'elettrodotto per un tratto di **circa 105 metri**;
- **verso monte** l'area classificata PFME ha una morfologia molto regolare e arrotondata, per cui **viene al momento considerata stabilizzata**.

Tenuto conto di quanto suesposto si conclude quanto segue:

1. il tracciato dell'elettrodotto, che è posato all'interno di uno scavo di profondità massima pari a 1,20 m, correrà all'interno della coltre detritica superficiale;
2. la posa del cavo non andrà a peggiorare la situazione di precario equilibrio geomorfologico del versante e ad aumentare il rischio di frana nelle aree adiacenti;
3. l'utilizzo di materiale arido drenante aiuterà lo smaltimento delle acque di circolazione superficiale e sub-superficiale, allontanandole dall'area in frana.

### ***Zona 1c – Classe PFE***

Si localizza appena oltrepassato il ponte sul Torrente Zancona; si tratta di un versante molto acclive (pendenza media 55 %) in destra idrografica del torrente, la cui ossatura è formata dalla litofacies argilloso-calcareo della Formazione di Santa Fiora. In questo tratto **l'elettrodotto non intercetta il versante dato che correrà ancorato all'impalcato del viadotto che attraversa la valle della Zancona**, per cui non potrà aumentare il rischio di frana nelle aree adiacenti.



### **Zona 1d – Classe PFE**

Si localizza in destra idrografica del Torrente Zancona, lungo la strada bianca che, in prossimità della Casa Cantoniera, si distacca dalla vecchia provinciale per salire verso la sommità di Poggio Bendico. Il tracciato dell'elettrodotto interseca l'area PFE per un tratto di 20 metri. Si tratta di un versante

particolarmente  
acclive

(pendenza  
media 44 %, cfr.

**Foto 5** inserita  
nel testo) la cui

ossatura è  
formata, anche

in questo caso,  
dalla litofacies

argilloso-  
calcareo della

Formazione di

Santa Fiora; **il versante è stato inserito nel PAI tra le aree a PFE per l'elevata acclività, ma al momento dei sopralluoghi, effettuati lungo il tracciato dell'elettrodotto previsto, non vi sono indizi di dissesti in atto né quiescenti.** Si conclude, pertanto, che **lo scavo necessario per alloggiare l'elettrodotto non andrà ad aumentare il rischio di frana nelle aree adiacenti.**



Foto 5 – Zona 1d: la strada bianca ha una acclività elevata, ma non mostra segni di dissesto

### **Zona 2a – Classe PFE**



Si tratta di una stretta area che interseca il tracciato dell'elettrodotto per una lunghezza di 70 metri; si localizza su di un versante esposto verso Nord, nel tratto della Strada Provinciale a tre

corsie, poco prima del bivio per l'abitato di Montegiovi. In questo tratto l'ossatura del pendio è rappresentata dalle argilliti della Pietraforte, localmente ricoperte da una coltre detritica quiescente (cfr. **Figura 3**, *Carta geologica e geomorfologica*). A tutt'oggi **non sono visibili né sulla carreggiata né a valle di essa segnali di cedimento o di mobilizzazione del versante** (cfr. **Foto 6**). Si conclude, pertanto, che **lo scavo necessario per alloggiare l'elettrodotto non andrà ad aumentare il rischio di frana nelle aree adiacenti**.

### **Zona 2b – Classe PFE**

Si tratta di due aree contigue che intersecano il tracciato dell'elettrodotto per una lunghezza complessiva di 250 metri; si localizzano su di un versante esposto verso Nord, nel tratto della Strada Provinciale a tre corsie, poco prima del bivio per l'abitato di Montegiovi. In questo tratto l'ossatura del pendio è rappresentata dalle argilliti della Pietraforte, localmente ricoperte da una coltre detritica quiescente (cfr. **Figura 3**, *Carta geologica e geomorfologica*). Opere di sostegno



vennero realizzate nel passato a protezione delle scarpate che si generarono a monte della carreggiata in occasione dell'allargamento della sede stradale (cfr. **Foto 7**); **a tutt'oggi non sono visibili né sulla carreggiata né a valle di essa segnali di cedimento o di mobilitazione del**



**versante.** Si conclude, pertanto, che **lo scavo necessario per alloggiare l'elettrodotto non andrà ad aumentare il rischio di frana nelle aree adiacenti.**

### **Zona 3a – Classe PFE**

Si tratta di una zona che interseca il tracciato dell'elettrodotto per una lunghezza di 65 metri, su di un'area pianeggiante compresa tra il bivio per Montegiovi e quello per Begname, in prossimità del Ristorante Le Pergole. L'area coincide con il contatto tettonico tra i calcari dell'Unità di Canetolo e le arenarie della Pietraforte (cfr. **Figura 4**, *Carta geologica e geomorfologica*), contatto mascherato dalla presenza di una **coltre detritica** che non presenta ad oggi segnali di attivazione, dato che attenti sopralluoghi **non hanno messo in evidenza né sulla carreggiata né a valle di essa segnali di cedimento o di mobilitazione del versante** (cfr. **Foto 8**). Si conclude, pertanto, che **lo scavo necessario per alloggiare l'elettrodotto non andrà ad aumentare il rischio di frana nelle aree adiacenti.**



### **Zona 3b – Classe PFME**

In questa zona, ubicata in località **Bivio Begname**, è presente un dissesto “storico”, rilevato negli anni '80 del secolo scorso quando venne realizzata una vasta campagna geognostica (GEOTECNO, 1984. *Indagini geologiche e geognostiche sul movimento franoso in località Case Rosse – Bivio Begname*) che è stata presa come base per il presente lavoro. L'area PFME intercetta l'elettrodotto per un tratto di **circa 120 metri**.

L'assetto stratigrafico della zona è riconducibile ad un substrato costituito dal **complesso degli Argilloscisti** del Cretaceo Inferiore sul quale poggiano le **Arenarie della Pietraforte**. Nella **Figura 5 (Carta geolitologica)** e nella **Figura 6 (Sezione geologica)** sono state distinte le diverse unità litologiche presenti nella zona studiata.

Una campagna geognostica realizzata nel 1983 (5 sondaggi spinti sino a profondità variabili tra i 25 ed i 35 metri) consentì di ricostruire un profilo litologico del versante che presentava la seguente successione dall'alto:

- Detrito di arenaria con sabbia e limi rossastri di alterazione (spessore max 1,50 metri);
- Livello arenaceo talora fratturato, con spessore di 4-5 metri, talora appoggiato ad un livello detritico arenaceo di alterazione;
- Complesso disturbato costituito da pacchi di argilloscisti, argilliti, livelli detritici di marne e calcari (spessore variabile);
- Substrato litoide stratificato formato da marne, calcari marnosi, marnoscisti ed arenarie calcaree al cui tetto è presente un livello costituito da una "milonite" sabbiosa che viene interpretata come prodotto della frizione tra pacchi di terreno lungo superfici di scorrimento a forte attrito.

In particolare, il sondaggio n. 3 risulta ubicato in prossimità della Strada Provinciale, in corrispondenza del passaggio dell'elettrodotto oggetto della presente indagine. **Dalla stratigrafia di tale sondaggio (Figura 7)**, inserita nel testo della presente relazione, si nota che dal piano di campagna fino a 2,5 metri di profondità, è presente un litotipo costituito da un **detrito arenaceo sabbioso rossastro**.

I piezometri con i quali erano stati equipaggiati alcuni dei sondaggi mettevano in evidenza la presenza di un livello piezometrico ad una profondità attorno ai **4,30 metri dal p.c.**, nel sondaggio 2 (realizzato a quota 570 m s.l.m.), in corrispondenza della base delle arenarie, mentre nel piezometro del sondaggio 5 (quota 530 m) il livello piezometrico è piuttosto profondo (tra 9,50 e 15,20 m dal p.c.) ed interessa il substrato calcareo-marnoso.

Dalla revisione delle indagini svolte negli anni '80 si evince che:

- ✓ la **corona** di frana è a quota di 625 m s.m e la quota dell'**unghia** è a 450 m s.m., per un **dislivello complessivo di 175 metri**;

- ✓ **la lunghezza della frana è di circa 800 metri**, con una pendenza media di 12°, e copre una **superficie di 147.000 mq**;
- ✓ **la profondità della superficie di rottura è compresa tra 7 e 12 m**, lungo il piano di contatto tra la copertura arenacea e la formazione argilloso-calcareo che ne costituisce la base;
- ✓ dalle letture inclinometriche effettuate negli anni 1983-84 risultava che il dissesto era in atto con la **velocità di alcuni cm all'anno**;

I **fattori predisponenti** del dissesto vanno ricercati nell'assetto geologico del versante e nella diversa permeabilità dei litotipi; le **cause innescanti** il movimento, invece, nelle infiltrazioni di acque superficiali e in modifiche della pendenza; il movimento fa parte di un fenomeno che interessa l'intero versante il cui innesco storico è **l'azione erosiva al piede del T. Ente** con conseguente aumento della pendenza del profilo topografico e richiamo a valle del versante. L'elevata permeabilità del detrito arenaceo e delle arenarie fratturate ha permesso abbondanti infiltrazioni di acqua che hanno provocato un ammolimento delle argille di appoggio delle arenarie favorendo così lo scivolamento verso valle.

Numerosi ed estesi sono gli scoscendimenti e le colate argillose a valle della Strada Provinciale, in posizioni che non la interessano direttamente, ma che testimoniano della instabilità e dei processi attivi esistenti su gran parte del versante. Queste generali condizioni di dissesto **non si manifestano, ad oggi, sulla carreggiata della Strada Provinciale e sulle costruzioni presenti lungo la Provinciale e più a monte, le cui lesioni, manifestatesi negli anni '80 e proseguite negli anni '90, non hanno messo in evidenza evoluzioni parte negli ultimi anni.**

D

- l'ossatura del versante è costituita da un complesso flyscioide formato da **arenarie carbonatico-quarzose grigie stratificate**, con regolari intercalazioni di **argilliti** e, più raramente, marnoscisti spesso fogliettati;

- una **campagna geognostica realizzata nel 1983** consente di ricostruire un **profilo litologico** del versante, individuando quattro livelli:
  - a) detrito arenaceo;
  - b) livello arenaceo dello spessore di 3-4 metri talora fratturato;
  - c) complesso disturbato costituito da argilloscisti, argilliti brecciate, livelli detritici di marne e calcari;
  - d) substrato litoide stratificato con presenza di livelli milonitici;
- **la profondità della superficie di rottura è compresa tra 7 e 12 m**, lungo il piano di contatto tra la copertura arenacea e la formazione argilloso-calcareo che ne costituisce la base;
- la **permeabilità** dei materiali detritici è discreta e nell'area è presente una **falda libera** il cui livello piezometrico non è direttamente influenzato dalle precipitazioni;
- dalle letture inclinometriche effettuate negli anni 1983-84 risultava che il dissesto era in atto con la **velocità di alcuni cm all'anno**;
- i **fattori predisponenti** del dissesto vanno ricercati nell'assetto geologico del versante e nella diversa permeabilità dei litotipi;
- le **cause innescanti** il movimento, invece, nelle infiltrazioni di acque superficiali e in modifiche della pendenza;
- il movimento fa parte di un fenomeno che interessa l'intero versante il cui innesco storico è **l'azione erosiva al piede del T. Ente** con conseguente aumento della pendenza del profilo topografico e richiamo a valle del versante. L'elevata permeabilità del detrito arenaceo e delle arenarie fratturate ha permesso abbondanti infiltrazioni di acqua che hanno provocato un ammolimento delle argille di appoggio delle arenarie favorendo così lo scivolamento verso valle;
- gli elementi raccolti durante la campagna geognostica del 1983 indicavano la presenza di numerosi ed estesi scoscendimenti e colate argillose a valle della Strada Provinciale, in

posizioni che non la interessano direttamente, ma che testimoniano della instabilità e dei processi attivi esistenti su gran parte del versante;

- queste generali condizioni di dissesto **non si manifestano, ad oggi, sulla carreggiata della Provinciale e sulle costruzioni presenti lungo essa e più a monte**, le cui lesioni, manifestatesi negli anni '80, non hanno messo in evidenza evoluzioni da diversi anni a questa parte;
- l'area PFME intercetta l'elettrodotto per un tratto di **circa 120 metri**, mentre, secondo il DB della Regione Toscana l'area attualmente in frana attiva **non interessa il tracciato dell'elettrodotto**, mantenendosi ad una **distanza minima da esso di 120 metri** (cfr. **Fig. 8, Carta geomorfologica**).

Tenuto conto di quanto suesposto si conclude quanto segue:

1. il tracciato dell'elettrodotto, che è posato all'interno di uno scavo di profondità massima pari a 1,20 m, correrà all'interno dello strato superficiale costituito da un detrito arenaceo sabbioso;
2. la posa del cavo non andrà ad alterare l'equilibrio geomorfologico del versante;
3. l'utilizzo di materiale arido drenante aiuterà lo smaltimento delle acque di circolazione superficiale e sub-superficiale, allontanandole dall'area a PFME;

#### **Zona 4a – Classe PFME**

In località **Pieve ad Lamulas** è stato segnalato in passato un movimento attivo rappresentato da uno **scivolamento traslativo**; nel **PAI Ombrone** l'area è classificata **PFME** e interseca per una lunghezza di **circa 470 metri** il tracciato dell'elettrodotto in oggetto.

L'area di studio è ubicata lungo la provinciale 26 all'altezza del Santuario della Pieve, su di un versante rivolto verso Est, ad una quota compresa tra 700 e 530 metri s.l.m. (cfr. **Figura 9, Carta geologica e geomorfologica**). L'area di intervento si colloca all'interno di un versante la cui ossatura è formata dalla formazione conosciuta con il nome di "**Arenaria Pietraforte**", facente parte della "**Formazione di Santa Fiora e della Pietraforte**".

Nel sottosuolo dell'area interessata dal dissesto si evidenziano quattro livelli:

- a) Coltre colluviale di sedimenti prevalentemente limoso-sabbiosi-argillosi (fino a 4-5 m dal piano di campagna);
- b) Detrito di Pietraforte (fino ad una profondità massima di 10-13 m dal piano di campagna);
- c) Zona di accumulo di frana costituita da pacchi di arenaria disarticolati e disposti caoticamente;
- d) Substrato costituito dalla Pietraforte



Foto 9 – Zona 4a: la carreggiata stradale e il folto castagneto a monte

Superficialmente è presente un **accumulo di paleofrana**: si tratta probabilmente di un'antica **frana di crollo** nella quale le scarpate di distacco principali e secondarie non sarebbero più visibili avendo il versante raggiunto una condizione

di sostanziale stabilità. In zona sono presenti altri fenomeni franosi testimoniati dalla presenza di piccole coltri detritiche collocate alla base del pendio di raccordo tra il terrazzo su cui sorge la Pieve ed il fondovalle, causate da fenomeni di erosione laterale operata dal Torrente Ente.

Uno studio organico della frana è stato svolto nel 1988 (ROSSI PACCANI, 1988. *Indagine geognostica relativa all'individuazione delle cause di dissesto della Pieve di S. Maria ad Lamulas*); da tale studio si evinceva che:

- ✓ la **corona** di frana è a quota di 690 m s.m e la quota dell'**unghia** è a 535 m s.m., per un **dislivello complessivo di 155 metri**;



- ✓ **la lunghezza della frana è di circa 600 metri**, con una pendenza media di 14°, e copre una **superficie di 190.000 mq**;
- ✓ **la profondità massima della superficie di rottura è compresa tra i 14 ed i 19 m**, per un volume mobilizzabile ipotizzato di oltre 500.000 mc.

Per quanto concerne **l'idrogeologia** locale la formazione argilloso-litoide della Pietraforte può essere considerata a **permeabilità discreta** con grado di permeabilità condizionato dalla presenza della maggiore o minore componente litoide. Infatti, le fratture e diaclasi che caratterizzano il litotipo lapideo determinano delle vie di penetrazione delle acque, mentre le intercalazioni argillose creano ostacoli alle infiltrazioni idriche che talvolta si arrestano a livelli superficiali. Tali livelli a differente permeabilità determinano percorsi preferenziali delle acque che generano effimere manifestazioni sorgentizie stagionali lungo le pareti incise.

La **rete idrografica superficiale** è poco sviluppata; corsi d'acqua di una certa importanza, il **Fiume Ente** ed il **Torrente Zancona**, scorrono molto lontani dall'area di intervento che si inquadra, comunque, proprio sul crinale che fa da spartiacque ai bacini dei due corsi d'acqua suddetti.

Movimenti di riassetamento registrati nel passato e localizzati in particolare nei dintorni del Santuario stesso, hanno determinato la classificazione di tutto l'accumulo in **frana attiva**; l'area in frana è stata sottoposta negli anni scorsi a **lavori di bonifica**, comprendenti la realizzazione di una trincea drenante superficiale che, dal centro del piazzale antistante la Pieve, convoglia le acque verso il lato nord-ovest. Ad oggi, comunque, **non ci sono elementi ed indizi premonitori tali da far presumere il verificarsi di evoluzioni a breve ed a medio termine**; non ci sono segnali né a carico della carreggiata stradale né a carico del versante nel suo complesso che possano mettere in evidenza attività di frana. Inoltre, a monte della Statale il versante ha una stratificazione dell'Arenaria Pietraforte, a reggipoggio, ed è ricoperto da un folto castagneto secolare che va a favorire la stabilità complessiva del pendio (cfr. **Foto 9**).

**In sintesi**, dall'analisi svolta è emerso quanto segue:



- l'ossatura del versante è costituita da un complesso flyschioide formato da **arenarie carbonatico-quarzose grigie stratificate**, con regolari intercalazioni di **argilliti** e, più raramente, marnoscisti spesso fogliettati;
- nel sottosuolo, dell'area interessata dal dissesto, si evidenziano tre livelli detritici al di sopra del substrato in posto, per uno spessore massimo complessivo di 14/19 metri;
- l'area PFME, raffigurata in Figura 9, intercetta l'elettrodotto per un tratto di **circa 470 metri**, ma **attualmente non sono visibili tracce di movimenti in atto**; a valle della strada è presente una zona di coltre **attualmente quiescente**;

Tenuto conto di quanto suesposto si conclude che **lo scavo necessario per alloggiare l'elettrodotto non andrà ad aumentare il rischio di frana nelle aree adiacenti.**

### **Zona 5a – Classe PFE**

All'ingresso del centro abitato di Arcidosso, lungo la S.P. 26, è presente una zona classificata P.F.E.



nel PAI Ombrone che interseca il tracciato dell'elettrodotto per circa 80 metri. Il versante, la cui ossatura è rappresentata dal membro arenaceo della Pietraforte, è ricoperto da una

coltre di paleofrana attualmente quiescente (cfr. **Figura 10**, *Carta geologica e geomorfologica*); a causa della **forte l'acclività della scarpata a monte della carreggiata** (cfr. **Foto 10**), superiore al 40%, una porzione del pendio, che interessa anche la sede stradale, è stato classificato a PFE dal PAI. **Al momento dei sopralluoghi, effettuati lungo il tracciato dell'elettrodotto, non vi sono indizi di dissesti in atto**, pertanto si può concludere che **lo scavo necessario per alloggiare l'elettrodotto non andrà ad aumentare il rischio di frana nelle aree adiacenti.**

### **Zona 5b – Classe PFME**

In questa zona, localizzata in adiacenza al **Santuario della Madonna Incoronata**, è presente un **colamento lento "storico"**, segnalata a partire dagli anni '80 del secolo scorso; in quel periodo venne realizzata una vasta campagna geognostica (GEOTECNO, 1983. *Indagine geognostica sui*

*movimenti franosi in località Madonna Incoronata*) che è stata presa come base per il presente lavoro. **L'area PFME lambisce il tracciato dell'elettrodotto per 85 metri**, lungo Via Giuranna.

Come per la frana di Bivio Begname (**Zona 3b**), anche in questo caso l'assetto stratigrafico è riconducibile ad un substrato costituito dal **complesso degli Argilloscisti** del Cretaceo Inferiore sul quale poggiano le **Arenarie della Pietraforte**: il complesso degli Argilloscisti affiora estesamente all'interno della vallata solcata dal Fosso del Giunco e, quindi, **costituisce il substrato del versante oggetto del movimento franoso**, mentre la Pietraforte affiora sui bordi della valle, costituendo i rilievi che fanno da spartiacque al bacino del Fosso del Giunco. Il risultato è rappresentato nella **Figura 11 (Carta geomorfologica)** e nella **Figura 12 (Sezione geologica)**.

Come già detto, il versante in oggetto è interessato da dissesti geomorfologici che sono stati, in passato, oggetto di approfondite indagini geognostiche; tali indagini hanno consentito di delimitare con chiarezza le aree stabili da quelle instabili o in condizioni di dubbia stabilità.

**Aree stabili sono da considerarsi senz'altro quelle modellate nella Pietraforte e, almeno in parte, quelle occupate dalle fasce di detrito che bordano il piede dei versanti di arenaria** (vedi carta geomorfologica).

**Le aree chiaramente instabili o in condizioni di dubbia stabilità sono quelle costituite da accumuli di materiali di frana poggianti sul substrato formato dal Complesso degli Argilloscisti.** I materiali, con ogni probabilità, sono stati messi in posto da **movimenti franosi** tipo "colata".

A seguito di una prima campagna di indagini - realizzata nel **1981** - fu possibile ricostruire una successione stratigrafica che comprendeva, dall'alto in basso:

- **un livello argilloso detritico superficiale interessato da un movimento di assestamento e lento scivolamento (spessore compreso tra 5 e 9 metri);**
- **un livello intermedio costituito da argilloscisti e subordinatamente arenarie rimaneggiate e fratturate giudicato, pur con qualche dubbio, in posto (sino ad una profondità compresa tra 17 e 21 metri dal p.c.);**

– **il substrato in posto costituito da serie di argilloscisti, marnoscisti e arenarie, tutti ben stratificati e con buone caratteristiche meccaniche.**

In seguito **(1984)** fu realizzata una **seconda campagna di sondaggi** (RI.CO.SS., 1985. *Misure geotecniche*) preliminari alla realizzazione degli interventi di stabilizzazione previsti; sulla base di tali indagini e delle indicazioni provenienti dalla strumentazione inclinometrica furono **parzialmente riviste** le conclusioni precedentemente riportate, compresa anche la profondità presunta della superficie di scivolamento della frana. Tale superficie **venne localizzata al contatto tra la porzione "in posto" del Complesso argilloscistoso e l'accumulo detritico (da paleofrana) che la sormonta**; la profondità dello scorrimento diveniva maggiore man mano che dai bordi ci si avvicinava al centro della paleovalle. Le conclusioni furono, perciò, che **lo scorrimento nell'area avveniva a profondità comprese tra 17 e 21 metri** al di sotto del p.c., con spostamenti dell'ordine di qualche centimetro all'anno. La profondità dello scorrimento e la sua velocità risultano progressivamente maggiori andando dai bordi verso il centro della valle.

La **situazione idraulica** del sottosuolo risulta piuttosto complessa, in accordo con la disuniformità di composizione e la caoticità di assetto dei terreni. Le misure piezometriche realizzate nel corso delle indagini hanno fornito valori non chiaramente correlabili tra loro e con le condizioni idrauliche al contorno. Il livello statico della falda coincideva, infatti, in alcuni casi con il piano di campagna, mentre per altri sondaggi raggiungeva profondità comprese tra 5 e 10 metri; inoltre, i livelli sono risultati estremamente variabili durante i diversi periodi dell'anno, in relazione agli apporti idrici esterni.

Da un punto di vista **idrologico** l'area di intervento si trova all'interno del bacino del **Fiume Ente**, affluente dell'Orcia, verso il quale le acque vengono drenate da una serie di fossi e torrenti (tra cui per l'appunto il Fosso del Giunco) che incanalano quasi ovunque con regolarità le acque superficiali. Il **Fosso del Giunco** ha un **bacino idrografico** molto piccolo, di superficie nettamente inferiore al chilometro quadrato

Al termine delle indagini si era giunti alla conclusione che i movimenti osservati potevano essere collegati sia a movimenti superficiali della coltre di materiale detritico, sia a movimenti più estesi e profondi riguardanti anche il complesso degli argilloscisti scompaginati; in questa situazione si riteneva che innalzamenti del livello della falda avrebbero potuto creare una rottura generalizzata dell'equilibrio del versante. Fu prevista, pertanto, una serie di interventi volti al miglioramento delle condizioni di stabilità del versante, intervenendo soprattutto sulla **regolamentazione e sul controllo della circolazione idrica superficiale e sub-superficiale**; si decise di operare in maniera tale da **mantenere il livello della falda a 5-6 metri al disotto del p.c.**, materializzando le seguenti opere:

- rete di **trincee drenanti** a monte di Via Giuranna (profondità circa 7 m) disposta in modo da favorire il deflusso delle acque sotterranee verso il Fosso Giunco;
- rete di **drenaggi profondi** a valle della Strada Provinciale;
- **pozzi drenanti** nella zona centrale realizzati con una cintura di pali trivellati di 600 mm di diametro opportunamente distanziati; la zona di influenza dei pozzi è regolata da una serie di **dreni orizzontali** che si addentrano nelle zone adiacenti ai pozzi stessi. Lo smaltimento delle acque di drenaggio è assicurato da un setto drenante che collega i pozzi alla rete di trincee drenanti poste a valle della Provinciale.

Gli effetti di questi interventi non sono stati purtroppo monitorati nel tempo, ma **a livello qualitativo, si può affermare che degli effetti positivi sono stati notati**. Il rilevamento geologico recente di campagna e le osservazioni di carattere geotecnico sulle opere esistenti fanno ritenere che l'area, che sarà attraversata dal tracciato in oggetto, non sia interessata da movimenti gravitativi recenti o in atto, considerando nella definizione di "recente" un periodo superiore a 30 anni.

Il fattore maggiormente predisponente alla stabilità consiste, senza dubbio, nella bassa o molto bassa acclività che il pendio ha raggiunto nella sua naturale evoluzione morfologica, **favorito**

**anche da una discreta capacità di drenaggio delle acque superficiali ad opera del fosso naturale che lo attraversa.**

**In ogni caso il tracciato lambisce solamente l'area ritenuta in frana, per cui si può senz'altro concludere che lo scavo necessario per alloggiare l'elettrodotto non andrà ad aumentare il rischio di frana nelle aree adiacenti.**

**Zona 6a e 6b – Classe PFE**



Foto 11 – Zona 6a: pascoli a monte e a valle della strada bianca

Lungo la strada bianca che da Pian Perugino porta verso Podere San Michele, sono presenti numerose coltri di paleofrana la cui ossatura è rappresentata dai terreni argilloso-calcarei

(argilliti, siltiti e calcari micritici, in strati da sottili a spessi) dell'Unità (subligure) di Canetolo (cfr. **Figura 13**, *Carta geologica e geomorfologica*). Una superficie tettonica di



Foto 12 – Zona 6b: l'acclività dei versanti è molto blanda nella zona di intervento



sovrascorrimento mette a contatto tali terreni con la soprastante Pietraforte che geometricamente occupa le porzioni più a valle dei rilievi. In generale, le superfici concave di tali rilievi sono occupate da coltri di accumulo che **non mostrano attualmente segni di riattivazioni in atto**; i versanti risultano per gran parte coltivati (cfr. **Foto 11**), con pendenze ridotte (cfr. **Foto 12**) e con una buona regimazione delle acque di scorrimento superficiale che contribuisce a mantenere in equilibrio geomorfologico i pendii. Si può senz'altro concludere che **lo scavo necessario per alloggiare l'elettrodotto non andrà ad aumentare il rischio di frana nelle aree adiacenti.**

### **Zona 6c – Classe PFME**

Poco oltre le zone precedenti la linea dell'elettrodotto incrocia l'alveo del Fosso di Pratortorto che scorre sui terreni argilloso-calcarei del Canetolo (cfr. **Figura 14**, *Carta geologica e geomorfologica*).

Il fosso ha inciso sensibilmente i pendii, soprattutto in destra idrografica, determinando forti

pendenze dei versanti nelle immediate vicinanze dell'alveo (cfr. **Foto 13**); su questo tratto di pendio si snoda una parte della carrareccia che ospiterà lo scavo per l'alloggiamento



Foto 13 – Zona 6c: l'alveo del Fosso di Pratortorto in corrispondenza dell'attraversamento dell'elettrodotto



dell'elettrodotto. Data la forte pendenza, questo tratto di strada (cfr. **Foto 14**) è soggetto ad un

forte  
ruscellamento  
che  
determina  
una cospicua  
erosione del  
versante in  
concomitanza  
con gli eventi  
piovosi di  
forte  
intensità. Sarà



Foto 14 – Zona 6c: la ripida carrareccia in destra idrografica del F.so di Prato-torto

necessario

**pertanto intercettare le acque di scorrimento superficiale, al fine di impedirne il ruscellamento selvaggio e la conseguente cospicua erosione del terreno.** Le acque raccolte dovranno essere incanalate, in un canale di drenaggio parallelo alla carrareccia, ed immesse nel Fosso di Pratortorto a valle dell'attraversamento dell'elettrodotto. In tal modo **lo scavo necessario per alloggiare l'elettrodotto non andrà ad aumentare il rischio di frana nelle aree adiacenti.**

### ***Zona 7a – Classe PFME***

In località **Podere San Michele** è presente un movimento gravitativo attivo rappresentato da un franamento rototraslativo; nel **PAI Ombrone l'area è classificata PFME** e interseca per una lunghezza di **circa 150 metri** l'elettrodotto in oggetto. L'area in oggetto si trova circa 2 km a Sud-

Est del centro abitato di Arcidosso, nei pressi dell'Hotel Colle degli Angeli, su di un versante variamente acclive rivolto verso NE, a quote comprese tra 830 e 820 m s.l.m..

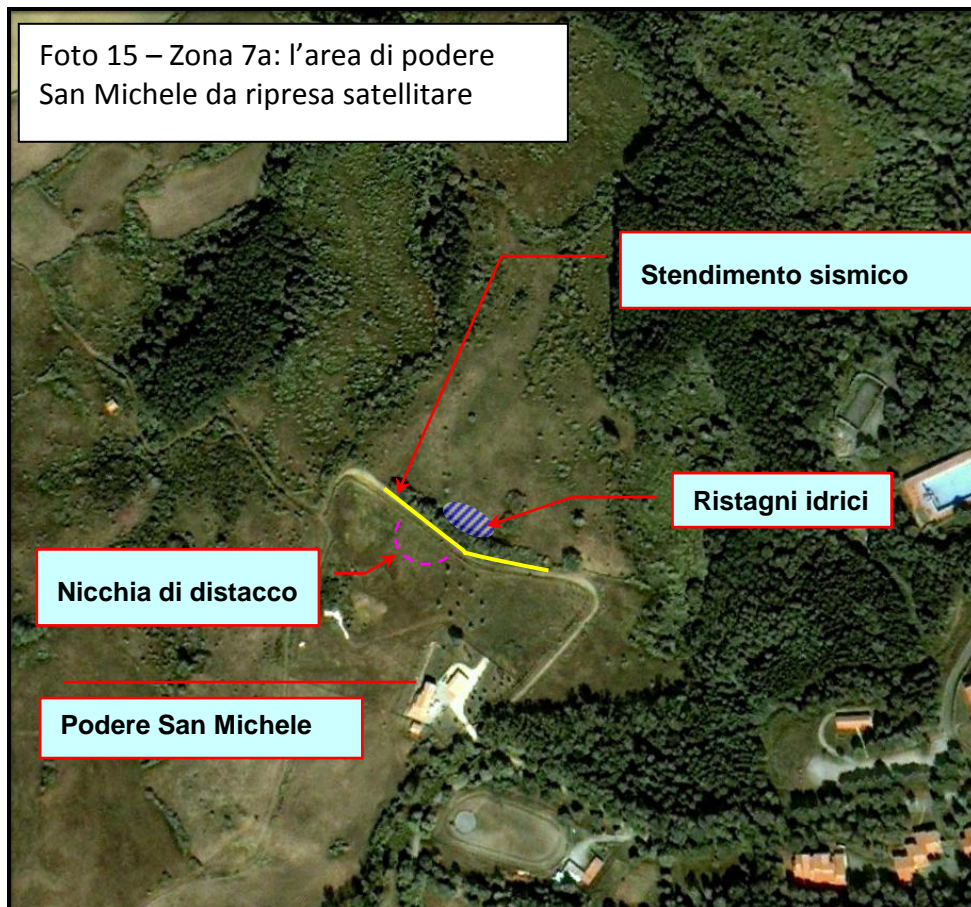
L'area di intervento si colloca all'interno di un versante la cui ossatura è costituita dalla formazione conosciuta con il nome di "**Arenaria Pietraforte**", facente parte della "**Formazione di Santa Fiora e della Pietraforte**". Morfologicamente siamo in presenza di un versante articolato, a fondo concavo, all'interno del quale scorre un piccolo fossato che raccoglie le acque piovane e le recapita nel Fosso Melacce, principale linea di drenaggio dell'area. La valle risulta ricoperta da una **coltre detritica di origine eluvio-colluviale** che mostra attualmente una residua tendenza allo scivolamento gravitativo; la **corona di frana** si manifesta con **fessurazioni** nel terreno di qualche decina di centimetri sia in ampiezza che in dislivello, visibili a monte della carreggiabile che attraversa l'impluvio (si veda anche l'allegata **documentazione fotografica**). Il corpo di frana si allunga all'interno della valle per circa 200 metri, arrivando ad occupare una larghezza massima di 100 metri nella sua porzione mediana; lungo l'asse stradale, interessato dal tracciato dell'elettrodotto, l'area in frana ha una lunghezza di 55 metri circa. Subito a valle della strada risulta visibile una zona di **ristagni idrici** che testimoniano un difficoltoso drenaggio delle acque di circolazione sub-superficiale. Quanto descritto risulta visibile graficamente nella **Carta geologica e geomorfologica (Figura 15)** in appendice e nella foto aerea (**Foto 15**) inserita nel testo.

**Al fine di verificare gli spessori della coltre** è stata realizzata una **prospezione sismica a rifrazione in onde P** della lunghezza di 48 metri, utilizzando 24 geofoni con interdistanza 2 m. 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.

In sintesi il **modello interpretativo** ci ha permesso di individuare tre strati:

- **1) strato più superficiale, denominato S1, di spessore compreso tra 1,7 e 4,6 m dal piano di campagna, interpretato come coltre di accumulo eluvio-colluviale;**

- 2) strato intermedio, denominato S2, di spessore compreso tra 2 e 6 metri, interpretato come substrato fratturato ed alterato;
- 3) substrato profondo, litoide, denominato S3, a profondità sempre superiori a 4,7 metri dal piano di campagna.



Sulla base delle indicazioni suesposte, la superficie di terreno interessata dalla frana ha una forma grossomodo triangolare con base 50 m e altezza 25 m, con uno spessore di terreno varia tra 1,7 e 4,6 metri.

In sintesi, **dall'analisi svolta è emerso quanto segue:**

- l'ossatura del versante è costituita da un complesso flyschoide formato da **arenarie carbonatico-quarzose grigie stratificate**, con regolari intercalazioni di **argilliti** e, più raramente, marnoscisti spesso fogliettati;
- il substrato risulta ricoperto da una **coltre detritica di origine eluvio-colluviale** che mostra una residua tendenza allo scivolamento gravitativo;
- l'area al momento attiva intercetta l'elettrodotto per un tratto di **circa 55 metri**, mentre l'area PFME, comprendente anche l'area di possibile evoluzione del dissesto, intercetta l'elettrodotto per **circa 125 metri**;
- la **corona di frana** si manifesta con **fessurazioni** nel terreno di qualche decina di centimetri sia in ampiezza che in dislivello;
- il corpo di frana si allunga all'interno della valle per **circa 200 metri**, arrivando ad occupare una larghezza massima di 100 metri nella sua porzione mediana;
- a valle della strada risulta visibile una zona di **ristagni idrici** che testimoniano un difficoltoso drenaggio delle acque di circolazione sub-superficiale;
- il modello interpretativo è rappresentato da **tre strati**:
  - uno più superficiale, denominato S1, di spessore compreso tra 1,7 e 4,6 m dal piano di campagna, interpretato come coltre di accumulo eluvio-colluviale;
  - uno strato intermedio, denominato S2, di spessore compreso tra 2 e 6 metri, interpretato come substrato fratturato ed alterato;
  - un substrato profondo, litoide, denominato S3, a profondità sempre superiori a 4,7 metri dal piano di campagna.

Tenuto conto di quanto suesposto si conclude quanto segue:

1. il tracciato dell'elettrodotto, che è posato all'interno di uno scavo di profondità massima pari a 1,20 m, correrà all'interno dello strato superficiale S1;
2. la posa del cavo non andrà ad alterare la situazione di equilibrio geomorfologico del versante;



3. l'utilizzo di materiale arido drenante aiuterà lo smaltimento delle acque di circolazione sub-superficiale, allontanandole dall'area in frana;

### **Zona 7b – Classe P.F.4**

All'interno del bacino del **Fiume Fiora** il tracciato dell'elettrodotto segue per intero la S.S. 323 del Monte Amiata, attraversando per tutta la sua lunghezza una zona considerata a pericolosità da frana elevata (P.F.3) dal P.A.I. del Bacino del Fiora. Tale classificazione è legata alla litologia dei



Foto 16 – Zona 7b: l'impluvio classificato in frana attiva (P.F.4) dal PAI Fiora

terreni che  
compongono  
l'ossatura dei  
versanti,  
rappresentati  
dalla facies  
arenacea della  
Pietraforte e  
dalla Formazione  
delle argille con  
calcarei Palombini  
(cfr. **Figura 16**,  
*Carta geologica*

*e geomorfologica*), separate tra loro da un contatto tettonico. In realtà la Statale si sviluppa quasi sul fondovalle del Fosso degli Ontani, con pendenze comprese tra il 3 ed il 5 % e non mostra allo stato attuale dissesti in atto. In località **Podere del Rosso** la S.S. 323 lambisce una zona classificata dal P.A.I. a **pericolosità da frana molto elevata (P.F.4)** che si sviluppa lungo un impluvio che si dirige con direzione W-E verso il Fosso degli Ontani (cfr. **Foto 16**). Un attento sopralluogo e lo studio delle foto aeree hanno escluso la presenza di movimenti in atto nella zona immediatamente a valle della statale; è stata comunque realizzata una **prospezione sismica a**

**rifrazione in onde P** della lunghezza di 60 metri, utilizzando 12 geofoni con interdistanza 3 m. 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 stratigrafico individuato.

Il **modello interpretativo** ha permesso di individuare tre strati:

- **uno strato più superficiale, di spessore circa 1 metro, interpretato come coltre di accumulo dimorante sul substrato;**
- **uno strato intermedio, di spessore attorno ai 10 metri, interpretato come substrato parzialmente alterato;**
- **un substrato profondo, litoide, a profondità sempre superiori a 11 m dal piano di campagna.**

Tenuto conto di quanto suesposto si può concludere quanto segue:

1. il tracciato dell'elettrodotto, che è posato all'interno di uno scavo di profondità massima pari a 1,20 m, correrà per circa **80 metri** all'interno dello strato superficiale rappresentato da una coltre di accumulo dimorante sul substrato;
2. tale coltre potrebbe essere soggetta a limitate mobilizzazioni gravitative in concomitanza di eventi piovosi particolarmente intensi;
3. l'utilizzo di materiale arido drenante aiuterà lo smaltimento delle acque di circolazione sub-superficiale, allontanandole dall'area in frana;

### ***Zona 7c – Classe P.F.4***

In località **Fonte del Saragio** verrà realizzata la **cabina di consegna** che rappresenta il punto di chiusura dell'elettrodotto; tale area insiste in una **zona P.F.4, ricadente all'interno del bacino del Fiume Fiora** (cfr. **Figura 16**, *Carta geologica e geomorfologica*), **già oggetto in passato di opere di stabilizzazione connesse con la costruzione della centrale di Bagnore 4**. In particolare l'area fu

sottoposta ai seguenti interventi (ENEL, 2011. Progetto di sviluppo Bagnore – Integrazioni volontarie di carattere geologico-idrogeologico-geotecnico):

a) **drenaggio profondo** realizzato con microdreni sub-orizzontali, sistema peraltro già utilizzato con successo nella vicina centrale di Bagnore 3;

b) **regimazione idraulica di superficie** che, oltre all'area di centrale, ha riguardato anche il ripristino degli esistenti sistemi di drenaggio superficiali ubicati a monte della strada statale, al fine di evitare infiltrazioni nel substrato;

c) **palificata** alla base del rilevato per incrementare la resistenza a taglio delle superfici di scorrimento critiche con pali trivellati di medio diametro (60-80 cm) e cortine di micropali nelle zone immediatamente a valle delle aree nelle quali fu risistemato il terreno di riporto proveniente dagli scavi;

d) realizzazione a tergo del piazzale di un'opera di sostegno flessibile (**gabbionata**) e di un **terrazzamento** con muretti in c.a. rivestiti in pietra.

Gli interventi di cui sopra hanno stabilizzato l'area di intervento, per cui si ritiene anche in questo caso che **lo scavo necessario all'alloggiamento dell'elettrodotto non andrà ad aumentare il rischio di frana nelle aree adiacenti.**

#### **4. VULNERABILITA' DELLA FALDA PRESSO L'IMPIANTO DI REINIEZIONE**

La postazione di reiniezione, previsto nel Progetto Definitivo, verrà realizzato nei pressi del fondovalle alla sinistra idrografica del Torrente Zancona (cfr. Fig. 18), in un'area classificata nel PAI Ombrone a pericolosità da frana elevata, data la presenza di una frana quiescente. La compatibilità dell'intervento con la stabilità complessiva del versante sarà verificata in sede di predisposizione del progetto esecutivo, anche in seguito alla realizzazione dei sondaggi geognostici rimandati alla fase esecutiva, per la necessità della costruzione della strada di accesso.

Nella Carta della Vulnerabilità della falda (2003) a corredo del Quadro Conoscitivo del Piano Regolatore Generale del Comune di Casteldelpiano, l'area destinata alla postazione di reiniezione rientra quasi per intero in area a vulnerabilità media ed in piccola parte ad area a vulnerabilità bassa (cfr. Figura 17). La vulnerabilità media è connessa alla presenza, nella cartografia del Quadro Conoscitivo del Piano, di una coltre detritica a permeabilità di poco superiore rispetto al substrato argilloso e praticamente impermeabile, su cui poggia. La coltre ha comunque uno spessore ed una estensione areale limitata, per cui non è sede di percolazioni perenni o di qualche interesse idrogeologico.

L'area di fondovalle, occupata dai depositi alluvionali del Torrente Zancona e classificata a vulnerabilità della falda elevata, risulta completamente esterna all'impianto, ad una distanza minima di oltre 20 metri ed in un contesto geologico-stratigrafico nettamente distinto.

Comunque, come riportato all'interno del Progetto Definitivo e come maggiormente dettagliato all'interno del documento di risposta alle integrazioni, verranno presi tutti gli accorgimenti affinché, sia durante la fase di cantiere che durante la fase di esercizio, non si verifichi alcun tipo di sversamento nel sottosuolo.



## **5. POSA DELLA TUBAZIONE PROVVISORIA DI APPROVVIGIONAMENTO IDRICO**

Come riportato all'interno del Progetto Definitivo "Montenero", durante la realizzazione dei pozzi sarà necessario un approvvigionamento idrico per le operazioni di avanzamento delle perforazioni. Tale approvvigionamento sarà garantito da acqua prelevata dal Torrente Zancona e trasportata agli impianti per mezzo di una tubazione provvisoria che verrà semplicemente appoggiata sul terreno, seguendo il percorso indicato nella Figura 18 allegata.

Il percorso della tubazione provvisoria, in effetti, interesserà una zona individuata come PFME nel PAI, la stessa che è già stata presa in esame nella presente relazione: Zona 1b; alla quale si rimanda per ulteriori informazioni. La posa in opera della tubazione, che ripetiamo sarà provvisoria e semplicemente appoggiata sul terreno, non potrà determinare un aumento di rischio di frana né nell'area in oggetto, né nelle aree adiacenti.

## 6. CONCLUSIONI

Nel presente lavoro sono state predisposte le risposte d'integrazione del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (MATTM), che ha percepito quelle della Regione Toscana – Settore valutazione Impatto Ambientale (richieste 2.1 e 2.2), riguardo agli aspetti progettuali del **tracciato dell'elettrodotto MT** che unirà l'impianto di produzione del Progetto di Ricerca "Montenero" con la cabina di consegna presso la centrale ENEL di Bagnore. Per la realizzazione dell'elettrodotto interrato verranno realizzati degli scavi fino ad una profondità di **1,2 m** e di larghezza pari a circa **0,7 m**.

Sono state individuate ed analizzate **17 zone** in cui il tracciato dell'elettrodotto intercetta aree classificate a pericolosità da frana elevata o molto elevata nei Piani di Assetto Idrogeologico dei Bacini Fiora e Ombrone; gli studi hanno evidenziato come l'intervento, sia per le proprie "dimensioni", sia per il contesto nel quale si inserirà, non aumenterà in nessuna zona il rischio da frana.

Le zone classificate in pericolosità da frana elevata ad oggi risultano stabili e l'intervento non andrà ad alterare l'equilibrio geomorfologico attualmente presente; alcune zone in frana attiva sono risultate, alla luce del rilevamento geomorfologico di dettaglio e delle indagini geofisiche supplementari eseguite, di estensione ridotta rispetto a quanto riportato dalla cartografia di bacino e per quattro di queste zone sono state segnalate condizioni di fattibilità specifiche per l'intervento in esame. In particolare:

- **per le zone 1b, 7a e 7b si è raccomandato l'uso di idonei accorgimenti in grado di sopportare traslazioni di qualche centimetro a causa di possibili e limitati movimenti gravitativi del terreno;**
- **per la zona 6c si è raccomandata una attenta regimazione delle acque di ruscellamento superficiale allo scopo di evitare una potenziale erosione diffusa sul versante che ospiterà lo scavo dell'elettrodotto.**

Per quanto riguarda la localizzazione della postazione di reiniezione, è stato chiarito che l'impianto verrà realizzato in area classificata a vulnerabilità media, escludendo la presenza di una falda di interesse idrogeologico nel sottosuolo. La compatibilità dell'intervento con la stabilità complessiva del versante e la dimostrazione del non aumento del livello di rischio nelle aree adiacenti dovrà essere verificata in sede di predisposizione del progetto esecutivo.

Per quanto riguarda, infine, la tubazione provvisoria di approvvigionamento idrico, si è chiarito che essa verrà semplicemente appoggiata sul terreno, senza opere di movimento terra né di sbancamento né di riporto, pertanto non potrà determinare un aumento di rischio di frana né nell'area in oggetto, né nelle aree adiacenti.

**ARCIDOSO, luglio 2015**



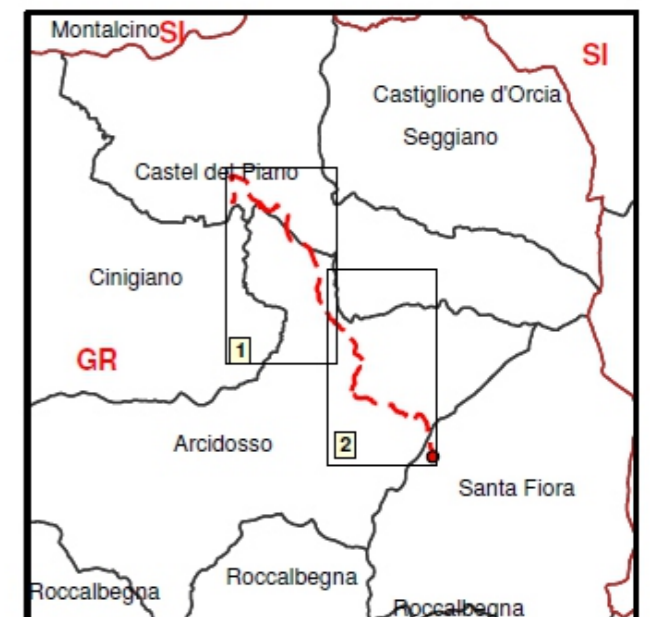
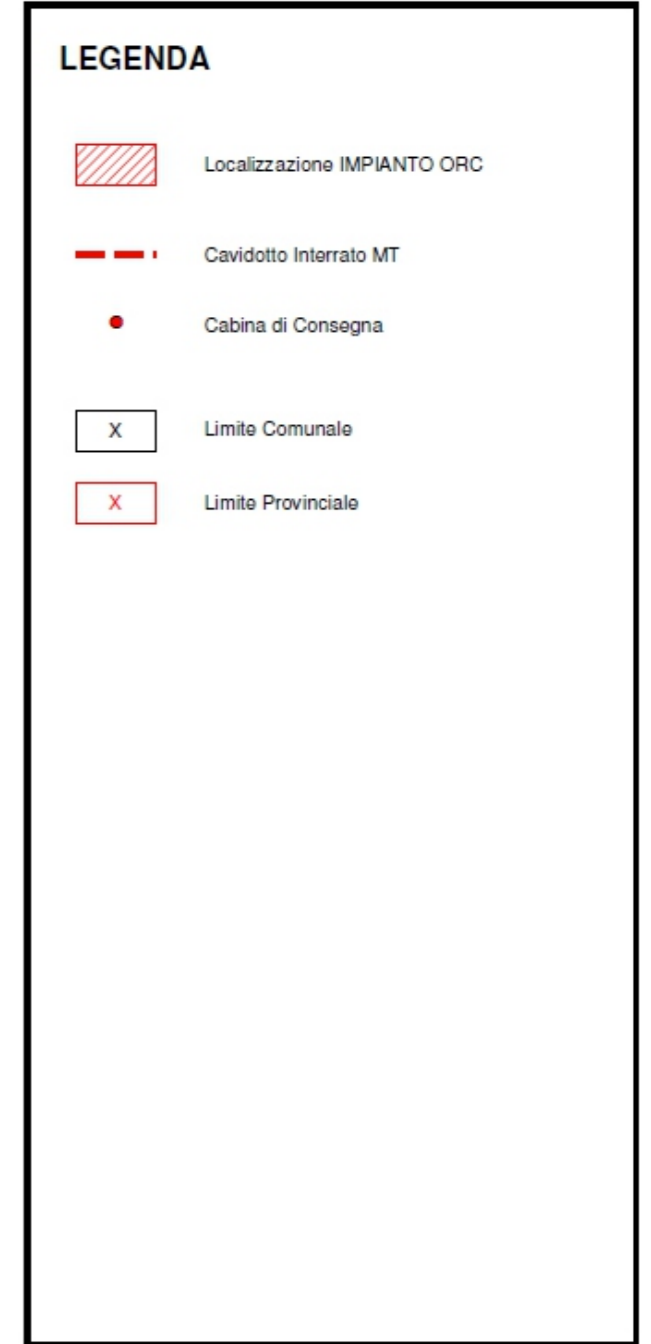
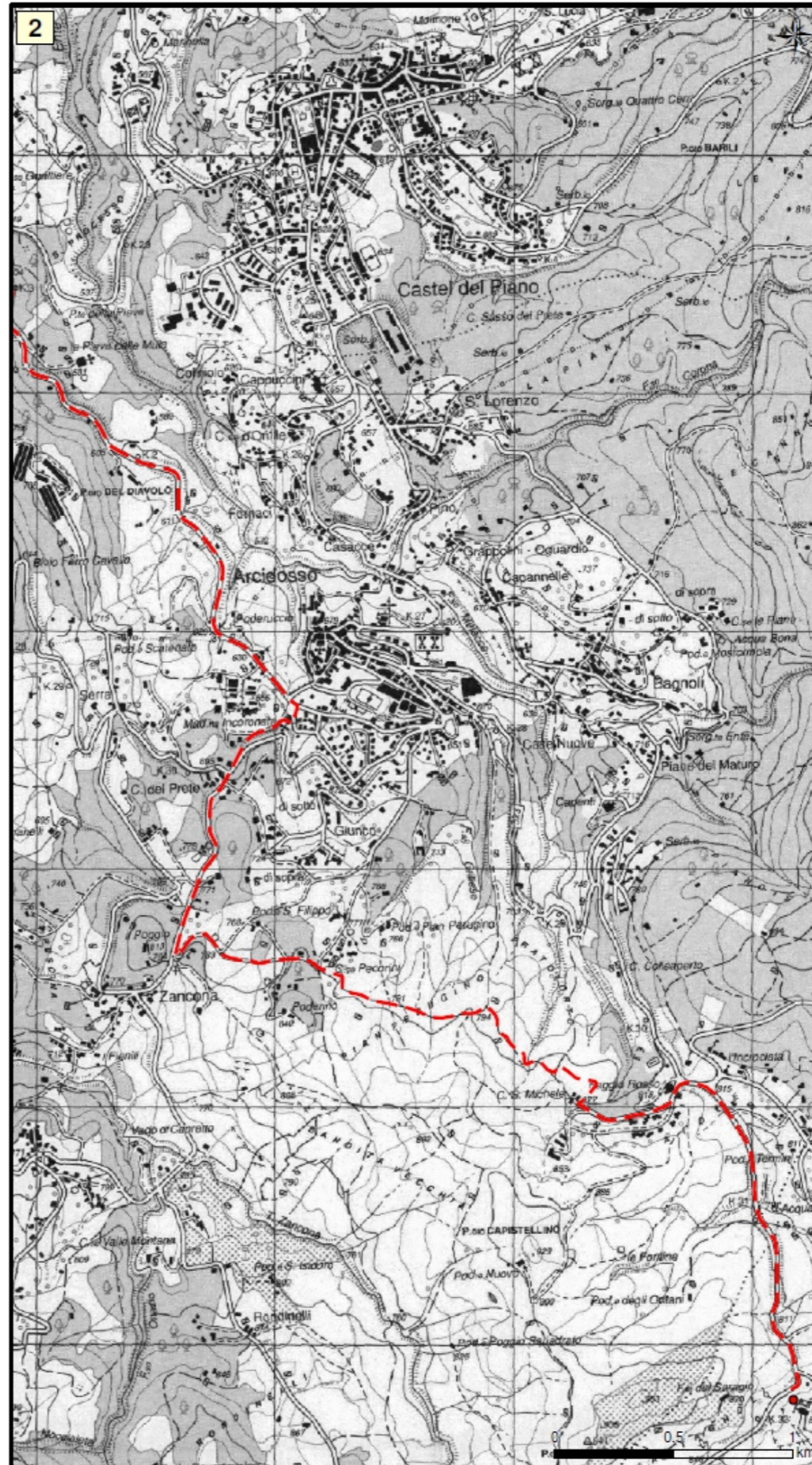
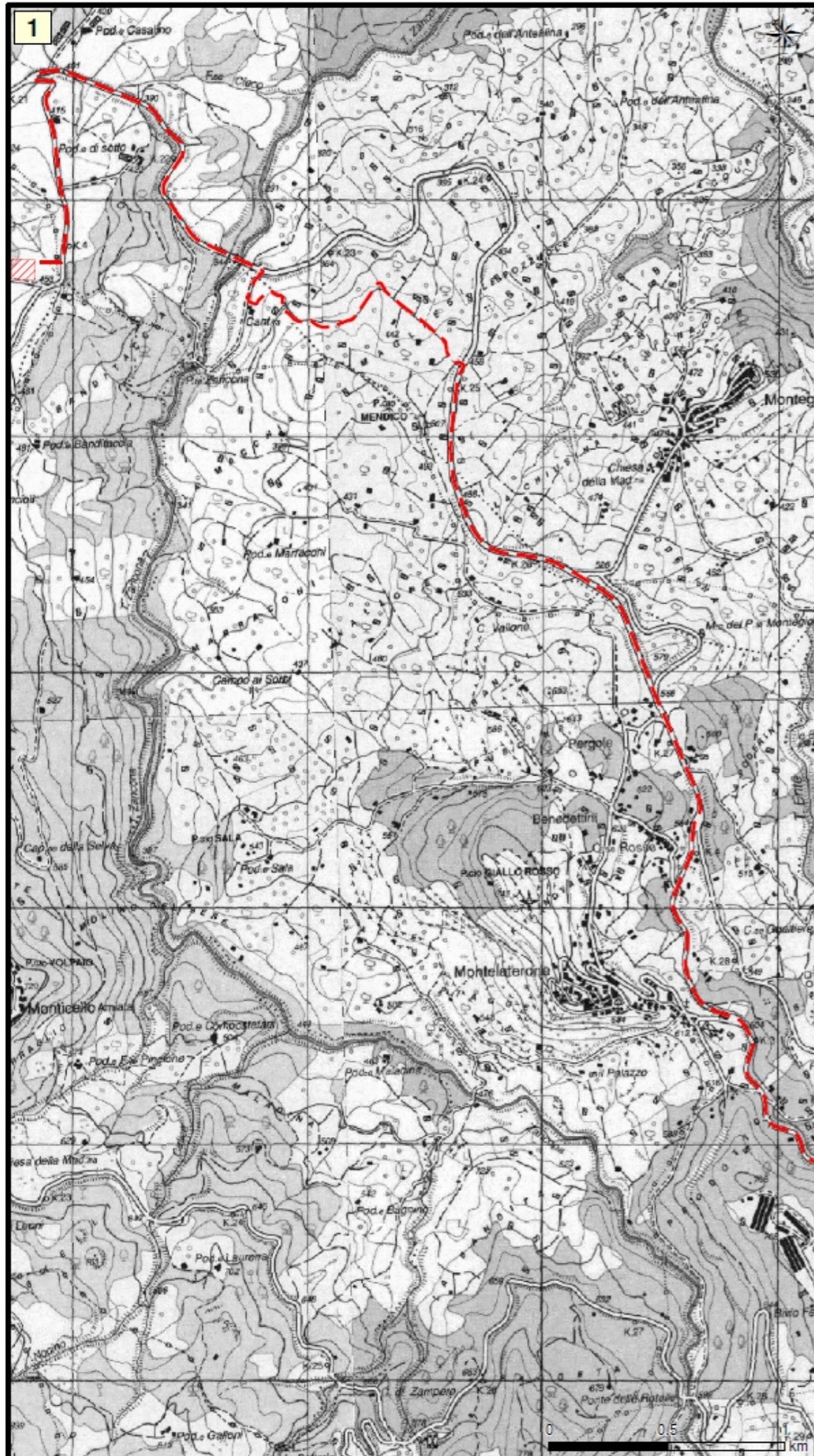
A handwritten signature in black ink, which appears to read "Daniele Fucini", is written over a circular blue stamp. The stamp contains the text "ASSOCIAZIONE NAZIONALE GEOLGICI" around the top edge and "TOSCANA" at the bottom. The center of the stamp contains some illegible text, possibly "114" and "114".

## **APPENDICE**

- **Fig. 1: Ubicazione della zona di intervento in scala 1:25.000**
- **Fig. 2-16: Carte geologiche e geomorfologiche delle singole aree in scala 1:5.000 e 1:2.000**
- **Fig. 17: Carta della vulnerabilità della falda (Stralcio da P.S Casteldelpiano);**
- **Fig.18: Carta geomorfologica dell'area destinata alla posa della tubazione provvisoria di approvvigionamento idrico;**
- **Indagini di approfondimento effettuate**



Figura 1: Localizzazione delle opere in oggetto (scala 1:25.000)







# CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Scala 1:5.000

## Legenda

 Depositi alluvionali attuali

### FORMAZIONE DI SILLANO - S. FIORA

 Argilliti grigio bruno e calcutiti (Cretaceo sup. - Paleocene)

### PIETRAFORTE


 Siltiti e argilliti (Cretaceo sup.)


### PAI Ombrone


 PFE

 PFME

 Frana attiva

 Frana quiescente

 Coltri con stato di attivita indeterminato

 Frane non cartografabili

 Misura di strato

 Tracciato elettrodotto

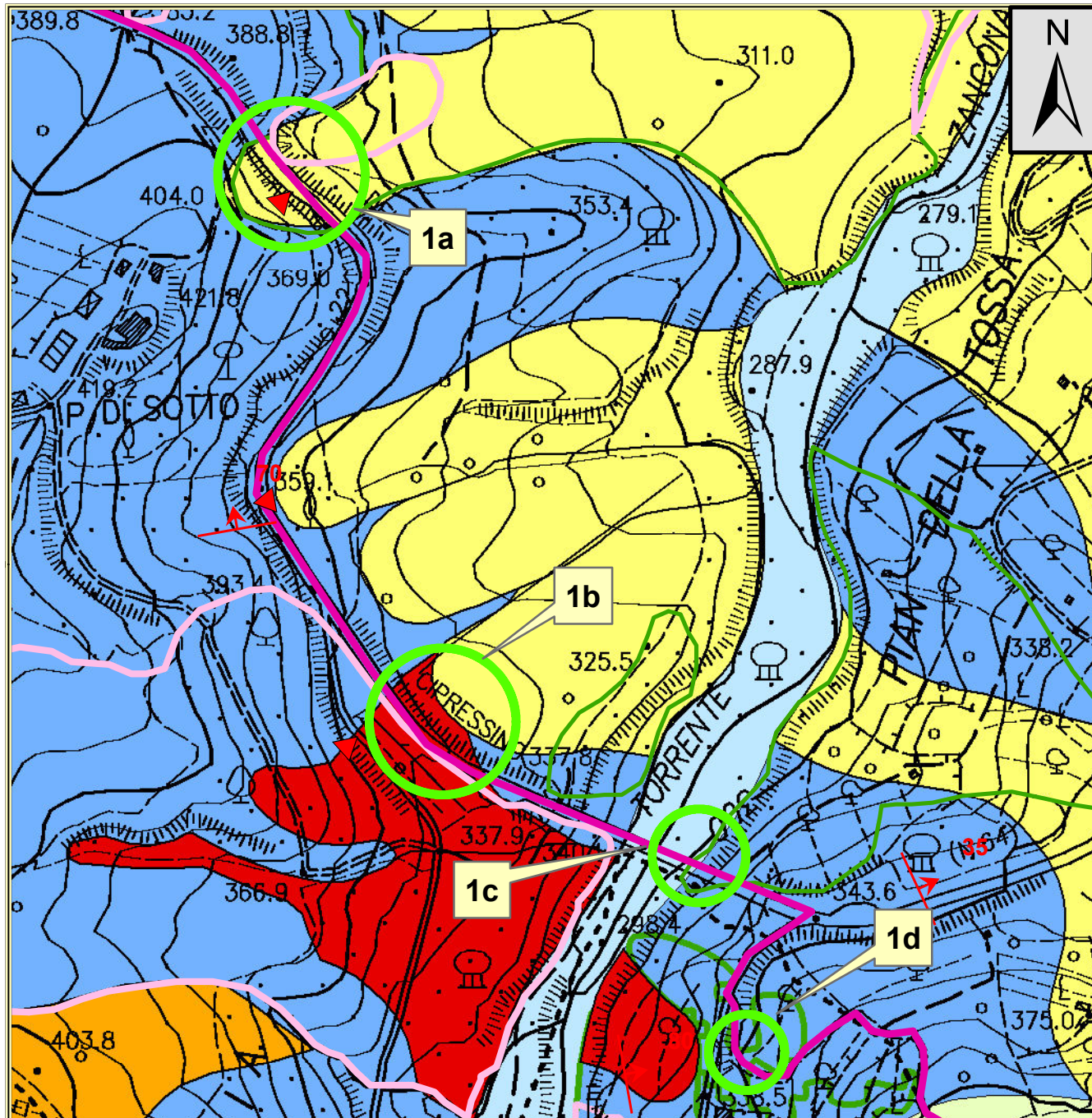


Figura 2



# CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Scala 1:5.000

## Legenda

### UNITA' DI CANETOLO

Calcarei di Groppo del Vescovo

### PIETRAFORTE

Siltiti e argilliti (Cretaceo sup.)

### PAI Ombrone

PFE

PFME

Frana quiescente

Orlo di evoluzione dei processi di versante

Frana non cartografabile

Movimento di massa del terreno

Misura di strato

Faglie dirette

Tracciato elettrodotto

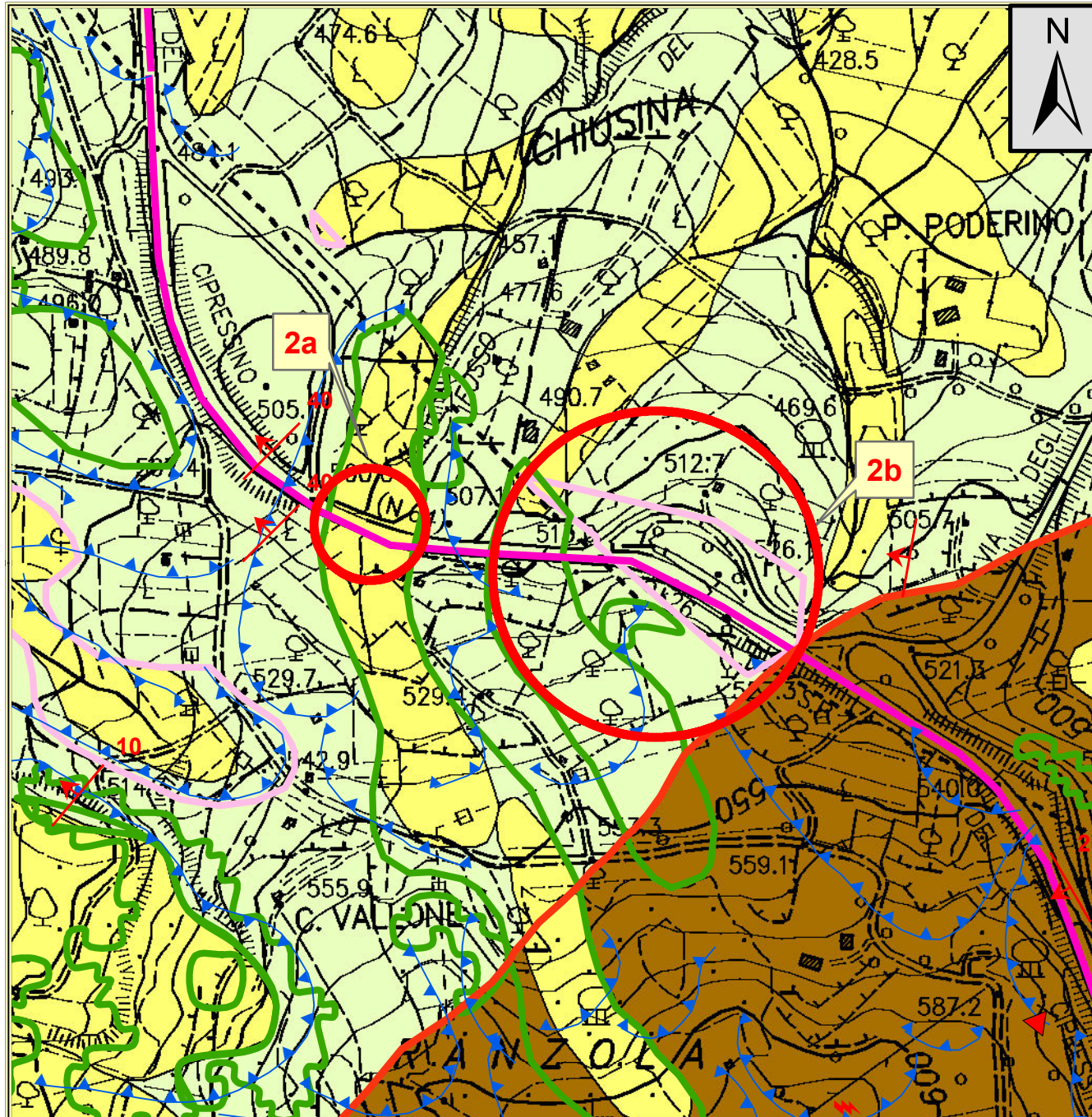


Figura 3



# CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Scala 1:5.000

## Legenda

### UNITA' DI CANETOLO

Calcarei di Groppo del Vescovo

### PIETRAFORTE

Arenaria Pietraforte (Cretaceo sup.)

Siltiti e argilliti (Cretaceo sup.)

### PAI Ombrone

PFE

PFME

Frana quiescente

Orlo di evoluzione dei processi di versante

Frana non cartografabile

Movimento di massa del terreno

Misura di strato

Faglie dirette

Tracciato elettrodotto

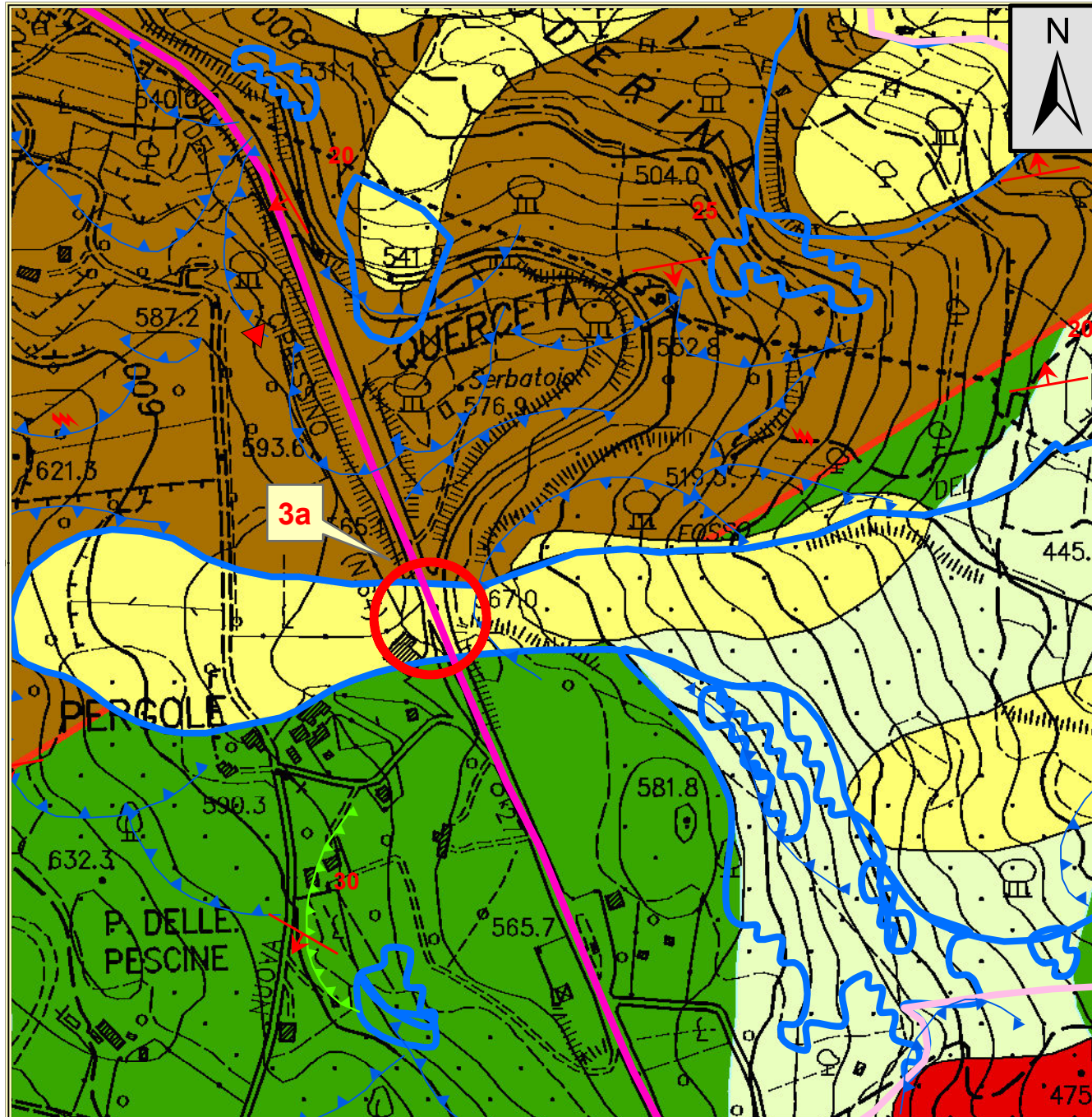
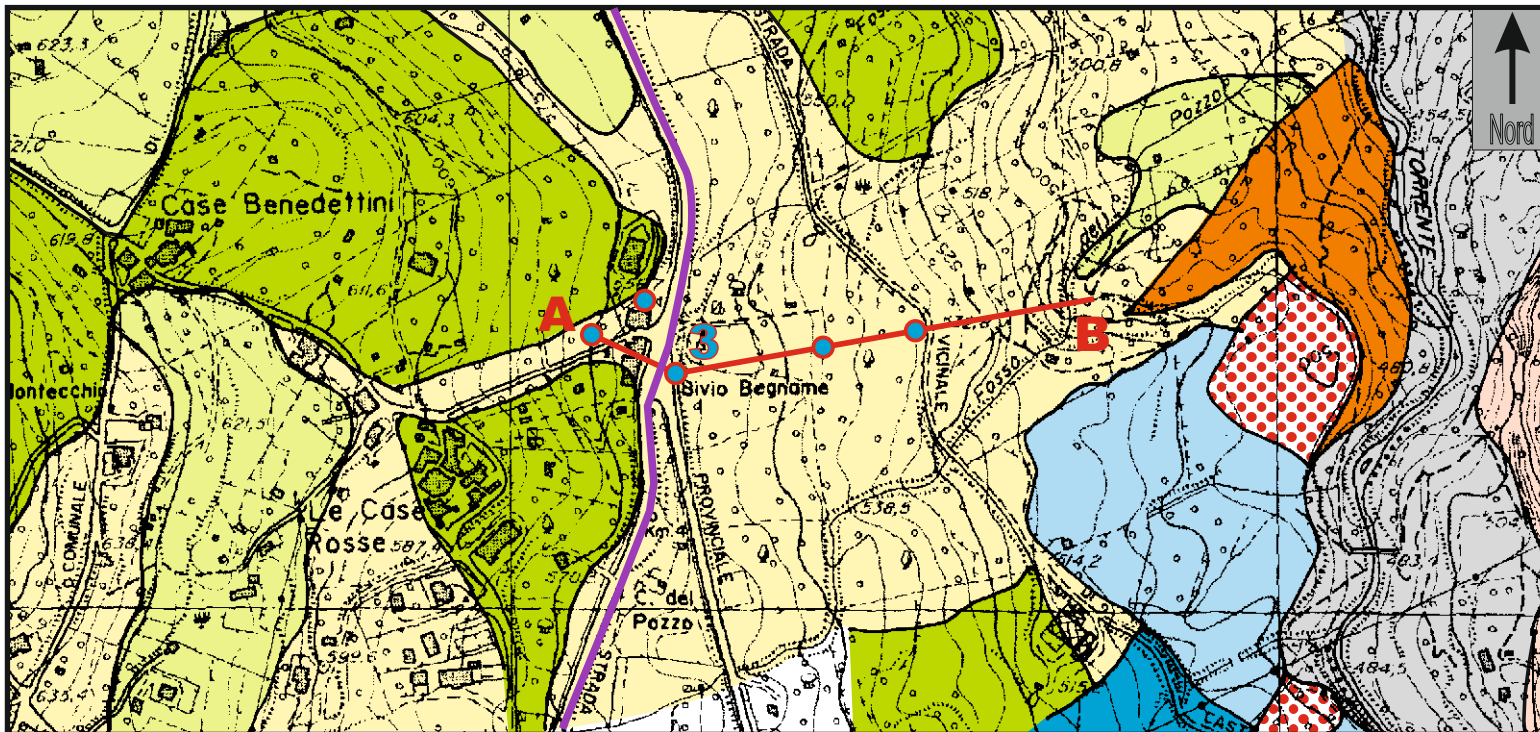


Figura 4

# Zona 3b - CARTA GEOLITOLOGICA

Scala 1:5.000

## Legenda



-  Coperture detritiche con materiali di ed alterazione da arenarie ai piedi dei rilievi
-  Accumuli residuali di paleofrana
-  Detrito di arenaria
-  Detrito prevalentemente argilloso
-  Detrito di vulcaniti e misto
-  Arenaria con copertura detritica e di alterazione di spessore medio < 2 m
-  Argilliti a diffusa copertura superficiale rimaneggiata con livelli calcarei e marnosi
-  Ignimbriti del M. Amiata
-  Stato di diffusa alterazione della roccia

 **A** **B** Traccia di sezione

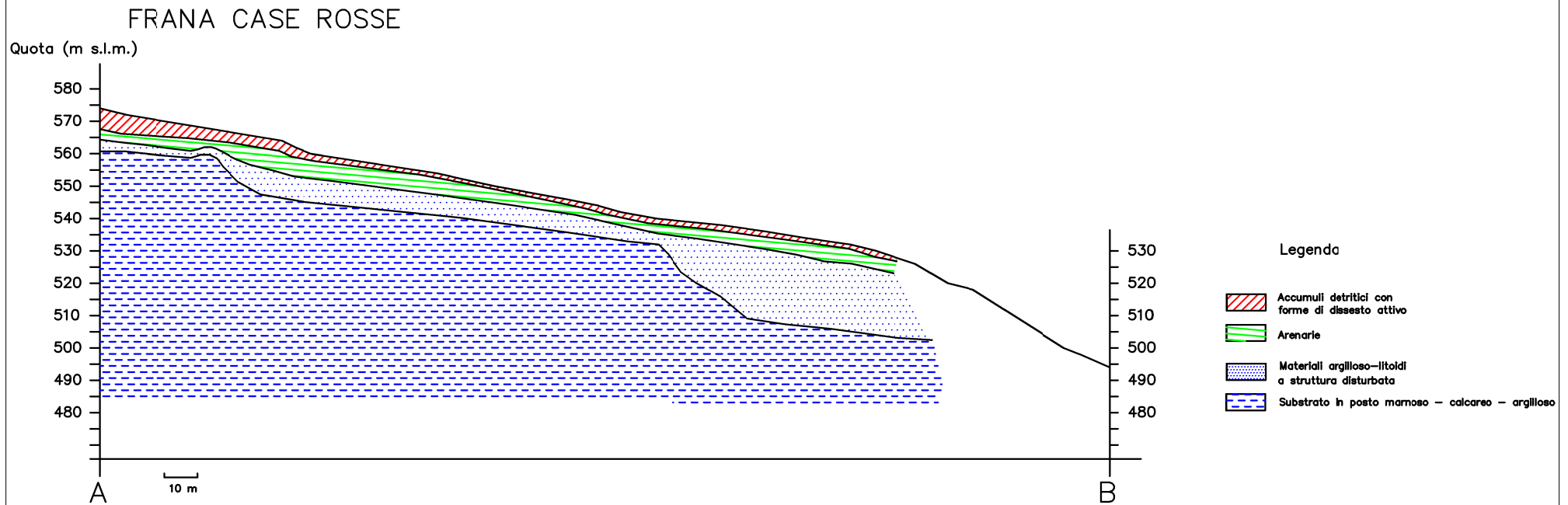
 Sondaggi campagna 1983

 Tracciato elettrodotto

Figura 5

Figura 6

# Sezione geologica





# Colonna stratigrafica sondaggio n. 3

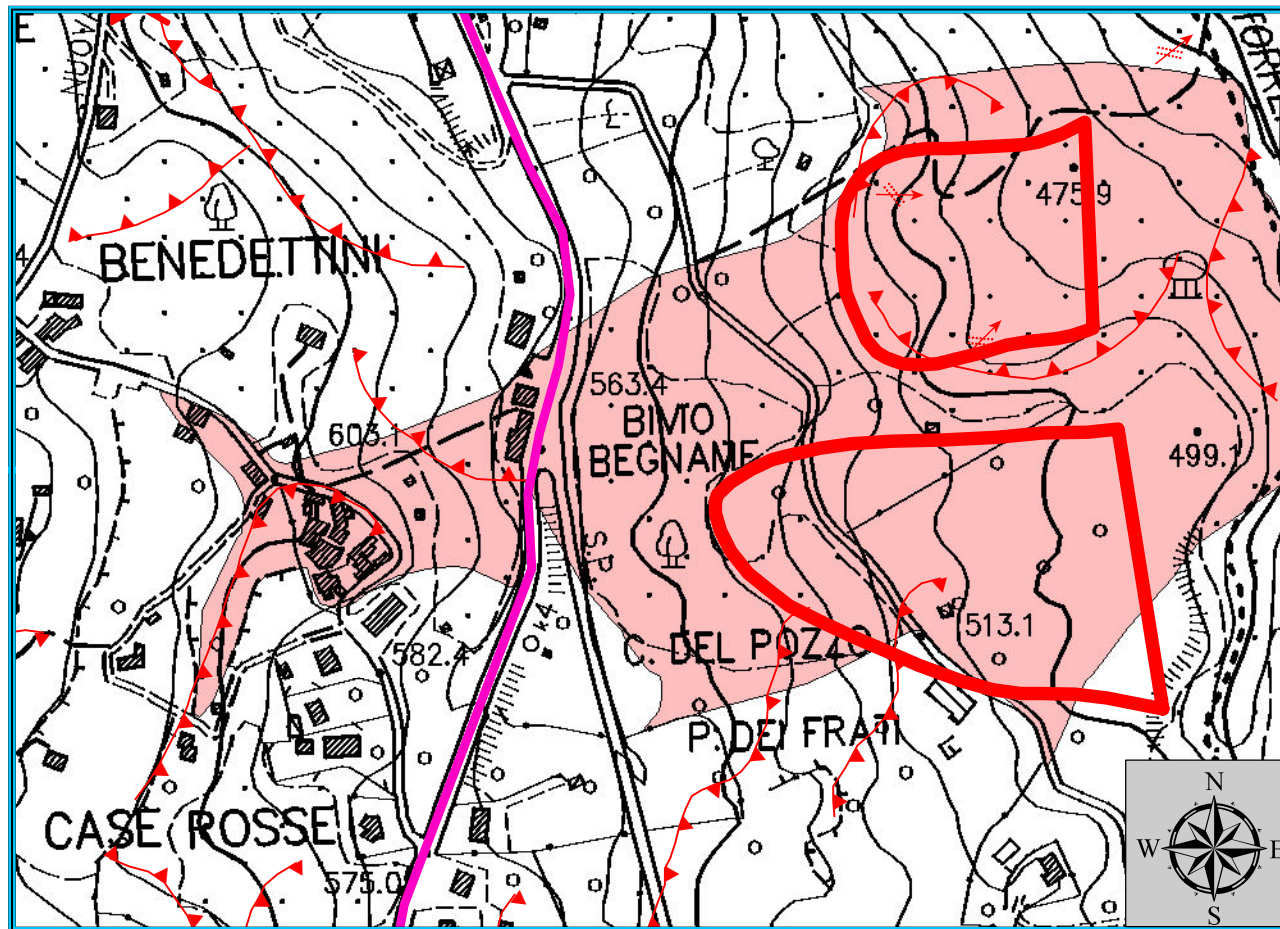
Diámetro	Profondità'	Profilo stratigrafico	Quota assoluta	<b>LITOLOGIA</b>	Livelli acquiferi	Campioni indisturbati	<b>Sondaggio n. 3</b>
							Località: CASE ROSSE BIVIO BEGNOME (Arcidosso)
							Committente: REGIONE TOSCANA-Ufficio del G. Civile di Grosseto
	0		568	Detrito e riporto			<b>OSSERVAZIONI</b>
	1			Detrito arenaceo sabbioso rossastro			INCLINOMETRO
	2						
	3			Arenaria fratturata			
	4						
	5			Sabbia e limi rossicci di alterazione			
	6						
	7						
	8			Arenaria da fratturata a compatta			
	9						
	10			Sabbia limosa, argilla e frammenti litoidi: livello di alterazione			
	11						
131	12			Argilla alterata e breccia di argilloscisto			
	13						
	14			Marnoscisto e marna compatta			
	15						
	16			Livello molle			
	17						
	18			Marna calcarea nerastra			
	19						
	20			Livello di breccia argillosa molle e "sabbione"			
	21						
	22						
	23			Marna argillosa compatta			
	24						
	25						

Figura 7

# Zona 3b - CARTA GEOMORFOLOGICA

Scala 1:5.000

## Legenda




### DB Frane Regione Toscana


 Frane attive


### PAI Ombrone

 PFME

 Tracciato elettrodotto

 Movimento di massa generico

 Orlo di evoluzione dei processi di versante

 Misure di strato

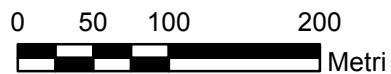


Figura 8



# CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Scala 1:5.000

## Legenda

### UNITA' VULCANICA DEL MONTE AMIATA

Formazione di Quaranta (Pliocene)

### PIETRAFORTE

Arenaria Pietraforte (Cretaceo sup.)

Siltiti e argilliti (Cretaceo sup.)

### PAI Ombrone

PFE

PFME

Misura di strato

Frana quiescente

Nicchia di distacco senza segni di attività

Orlo di evoluzione dei processi di versante

Orlo di scarpata rocciosa

Frana non cartografabile

Movimento di massa del terreno

Faglie dirette

Tracciato elettrodotto

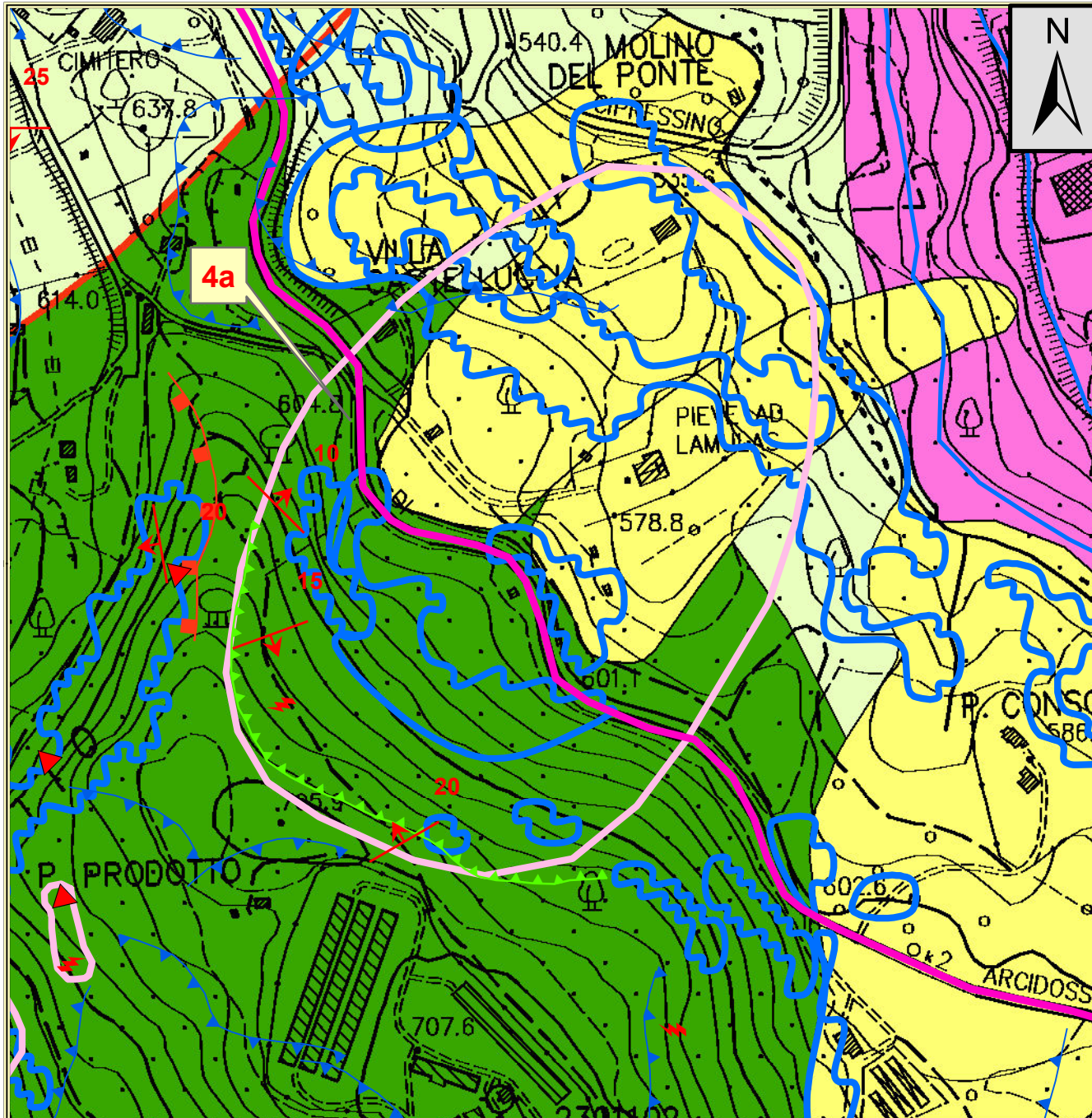


Figura 9



# CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Scala 1:5.000

## Legenda

### PIETRAFORTE

- Arenaria Pietraforte (Cretaceo sup.)
- Siltiti e argilliti (Cretaceo sup.)

### PAI Ombrone

- PFE
- PFME

Misura di strato

Frana quiescente

Frana attiva

Nicchia di distacco attiva

Orlo di evoluzione dei processi di versante

Movimento di massa del terreno

Tracciato elettrodotto

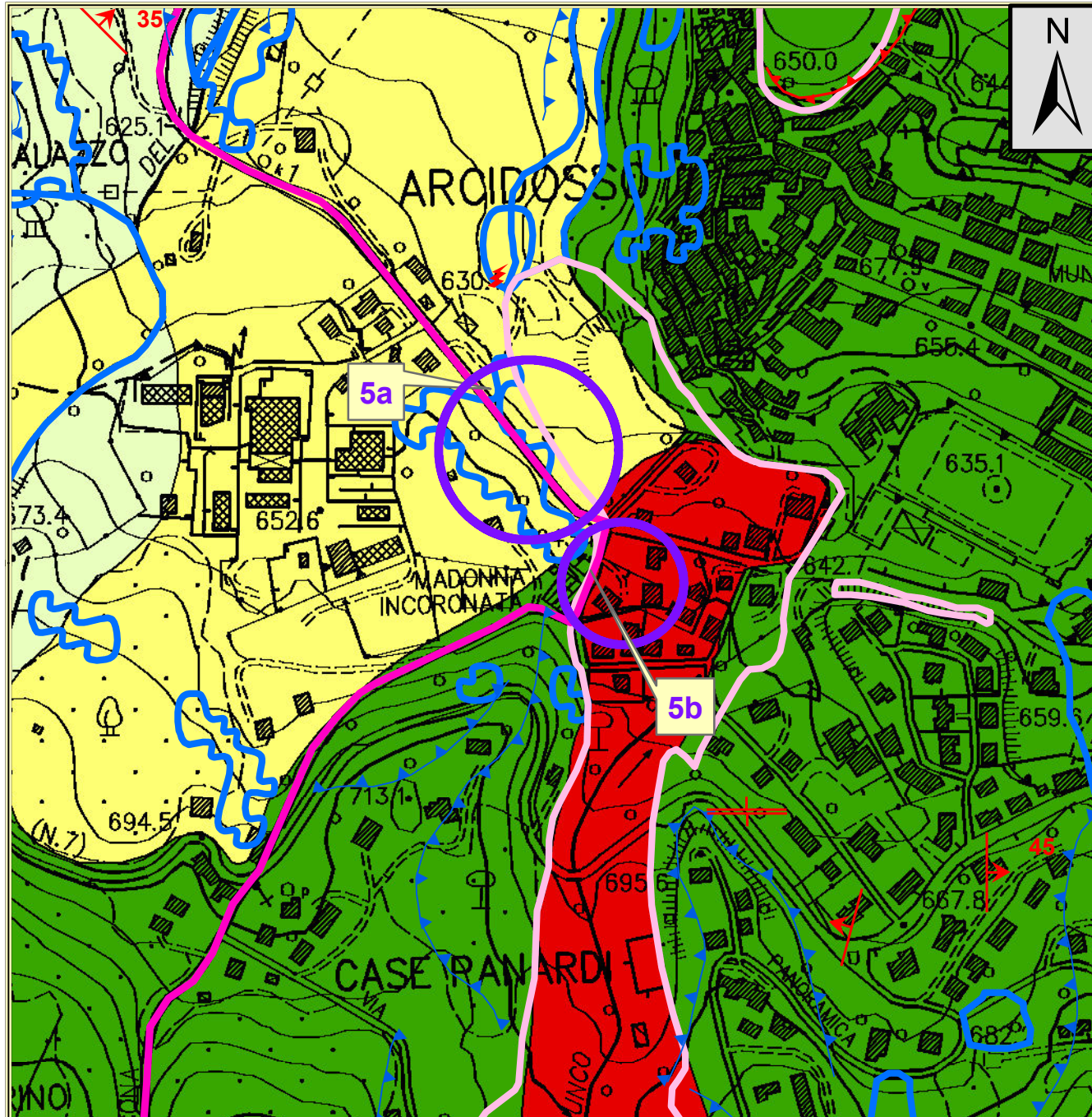


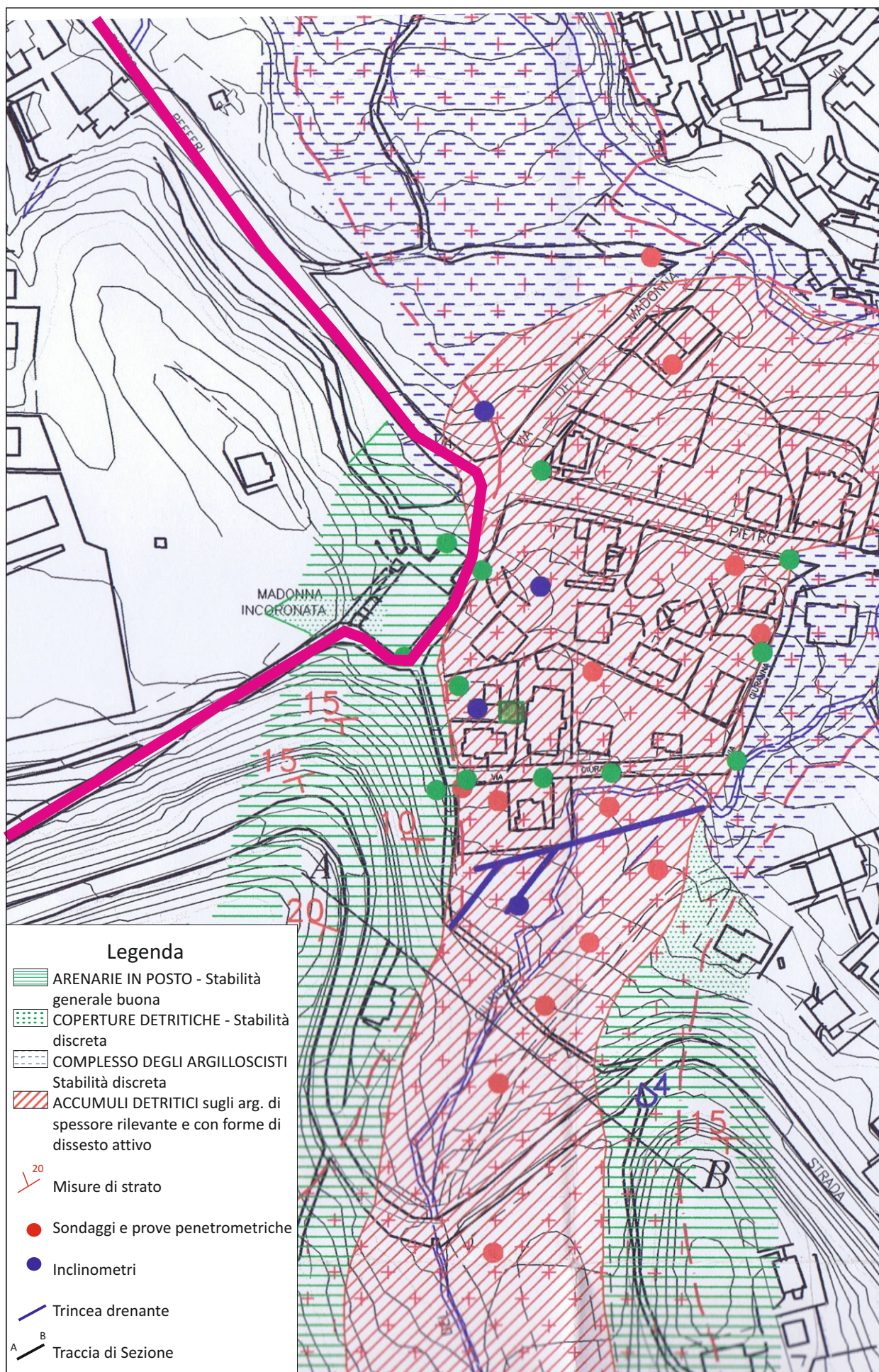
Figura 10



# Zona 5b - CARTA GEOMORFOLOGICA

Scala 1:2.000

Figura 11





# Sezione geologica

FRANA MADONNA INCORONATA

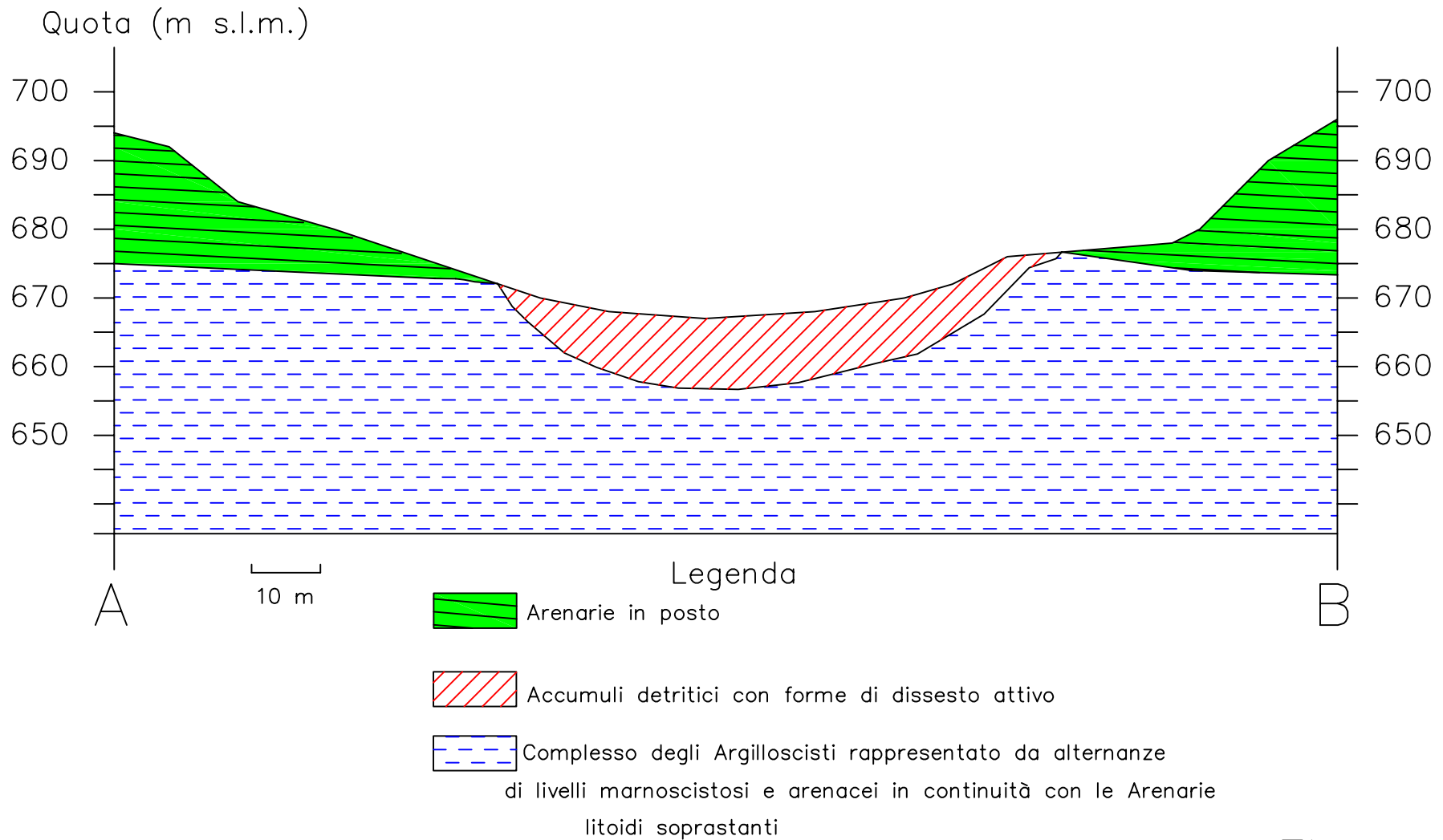


Figura 12

# CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Scala 1:5.000

## Legenda

### PIETRAFORTE

 Arenaria Pietraforte (Cretaceo sup.)


### UNITA' DI CANETOLO


 Litofacies calcareo-argillitica (Paleocene-Eocene)

### PAI Ombrone


 PFE


 PFME

 Misura di strato

 Frana quiescente

 Sovrascorrimento principale

 Orlo di evoluzione dei processi di versante

 Movimento di massa del terreno

 Tracciato elettrodotto

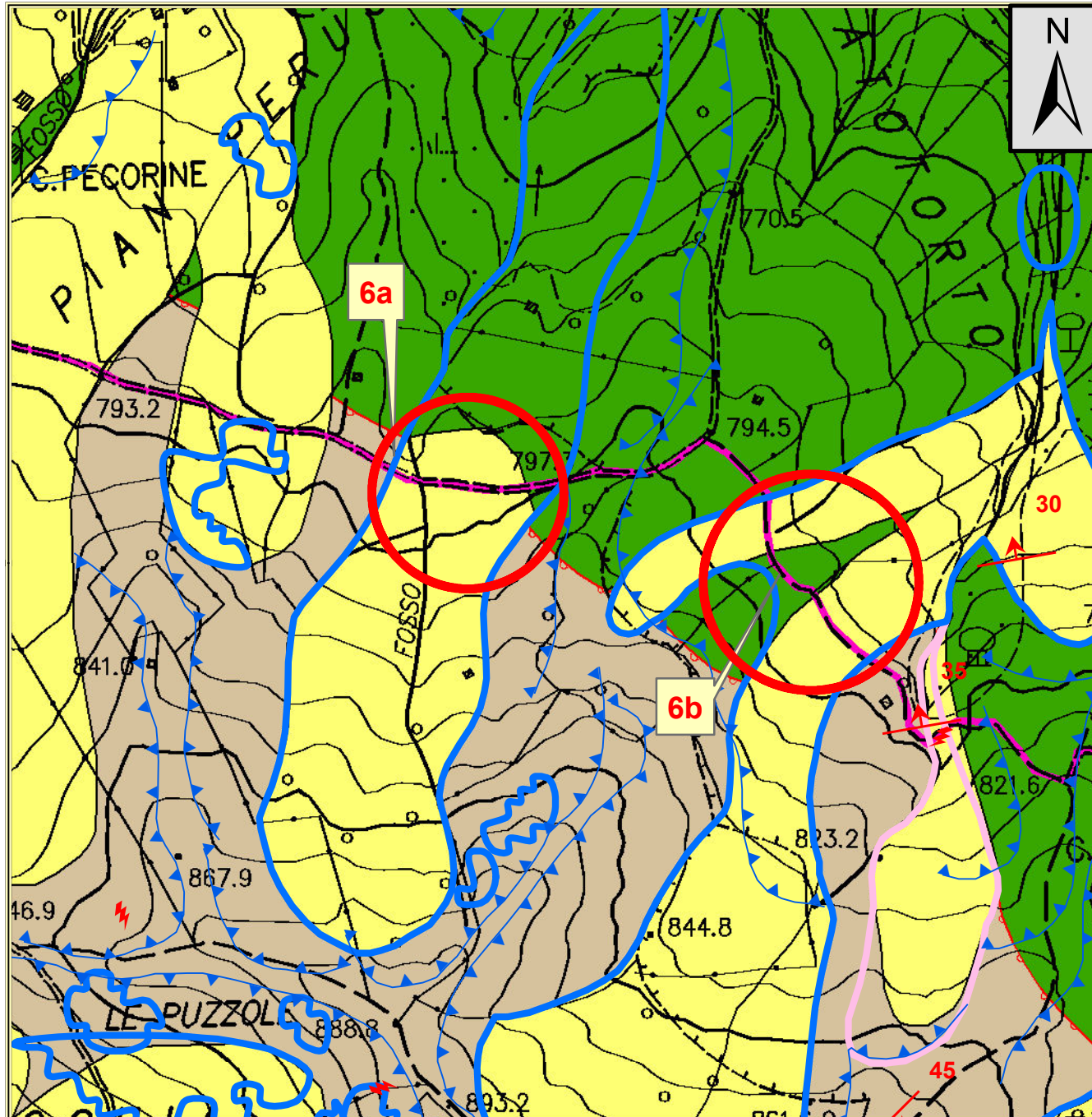
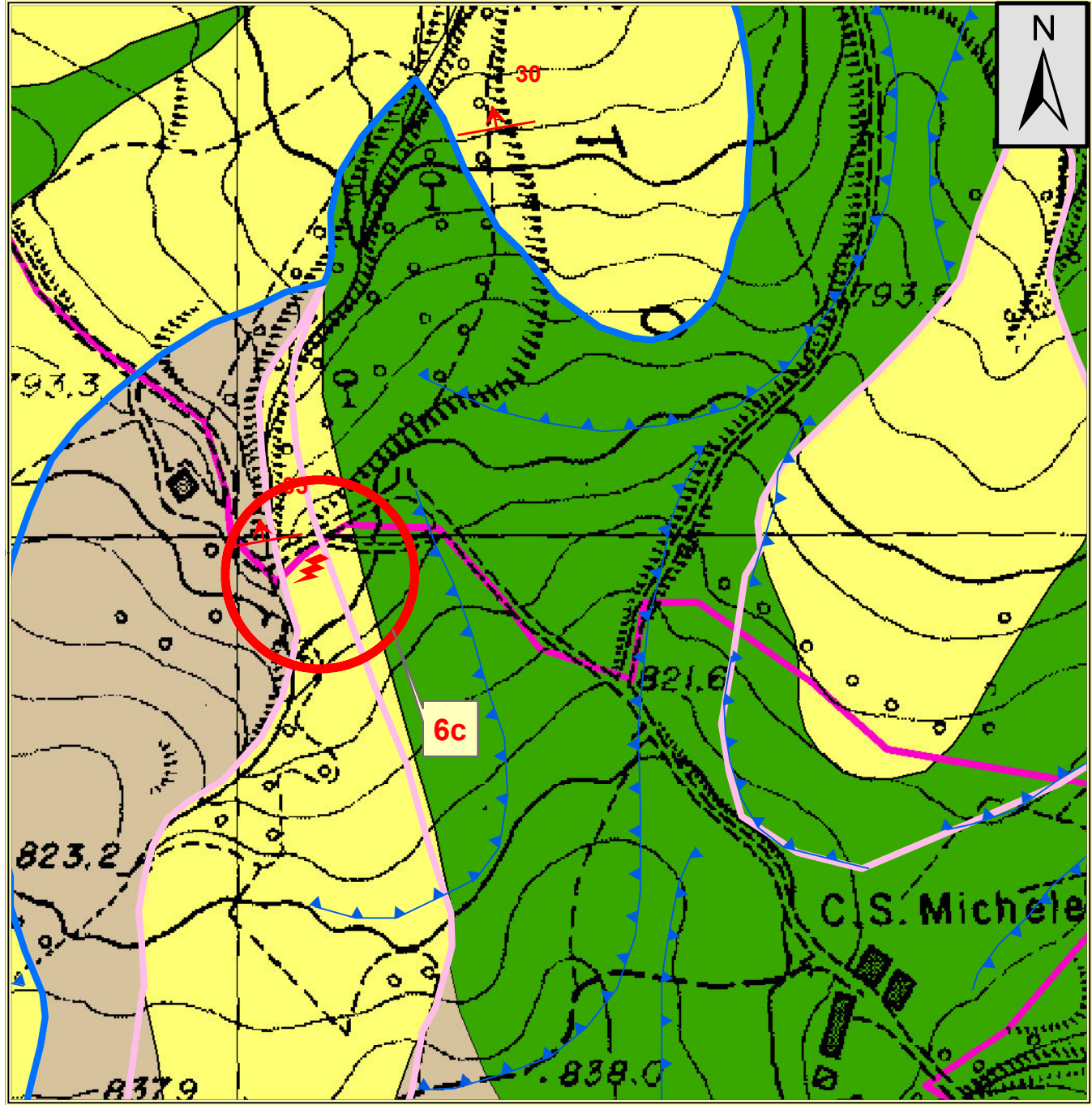


Figura 13



**CARTA GEOLOGICA E  
GEOMORFOLOGICA**  
Scala 1:2.000

**Legenda**

- PIETRAFORTE**  
 Arenaria Pietraforte (Cretaceo sup.)
- UNITA' DI CANETOLO**  
 Litofacies calcareo-argillitica (Paleocene-Eocene)
- PAI Ombrone**  
 PFE  
 PFME
- Frana quiescente
- Misura di strato
- Sovrascorrimento principale
- Orlo di evoluzione dei processi di versante
- Ruscellamento diffuso
- Tracciato elettrodotto

Figura 14



# CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Scala 1:5.000

## Legenda

### UNITA' VULCANICA DEL MONTE AMIATA

Membro di Poggio Pinzi (Pleistocene)

### PIETRAFORTE

Arenaria Pietraforte (Cretaceo sup.)

### UNITA' DI CANETOLO

Litofacies calcareo-argillitica (Paleocene-Eocene)

### PAI Ombrone

PFE

PFME

Misura di strato

Frana quiescente

Frana attiva

Orlo di evoluzione dei processi di versante

Orlo di scarpata rocciosa

Frana non cartografabile

Movimento di massa del terreno

Sovrascorrimento principale

Tracciato elettrodotto

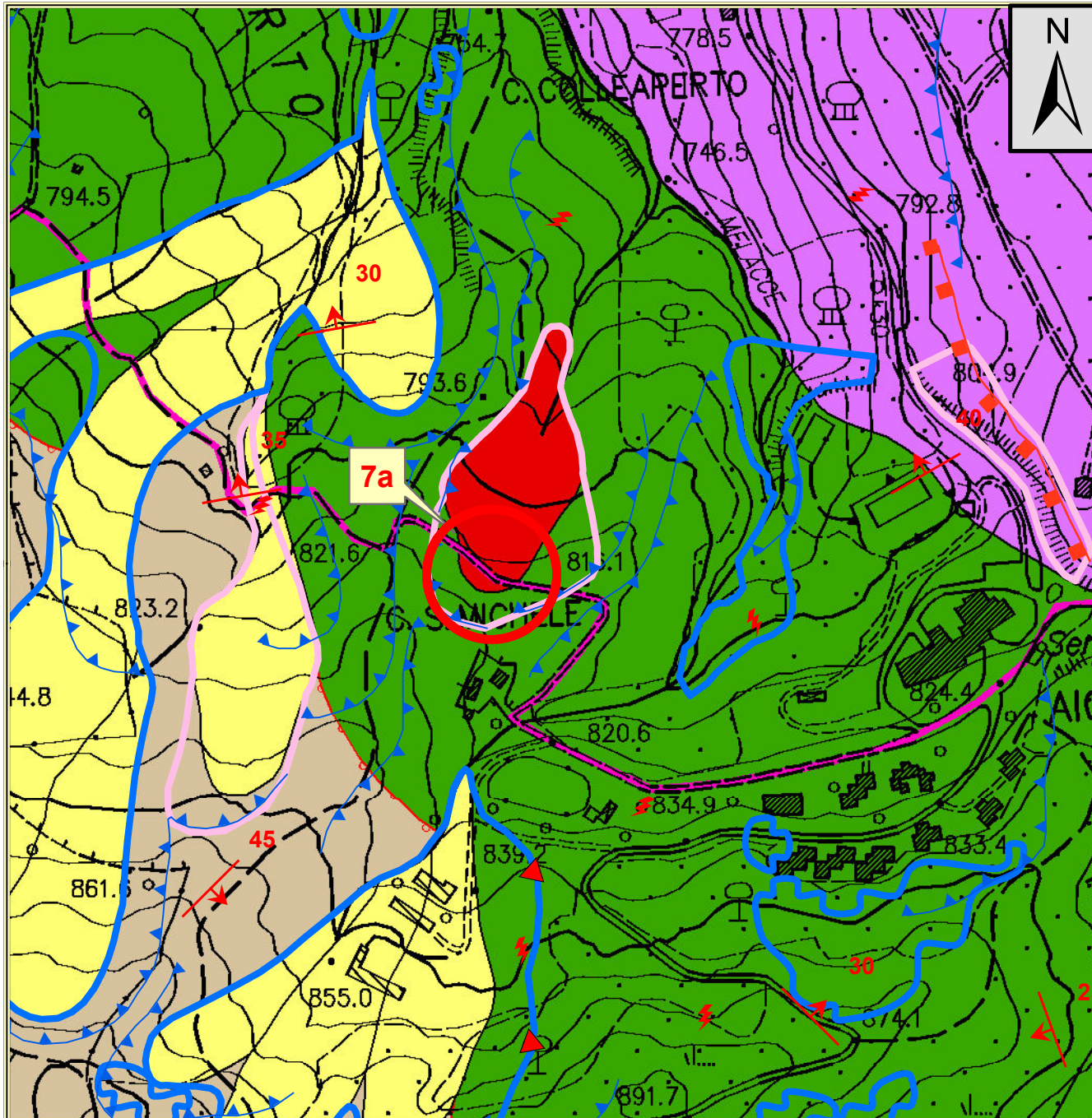


Figura 15



# CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Scala 1:5.000

## Legenda

Detriti di falda

### UNITA' VULCANICA DEL MONTE AMIATA

Formazione di Quaranta (Pleistocene)

### FORMAZIONE DELLE ARGILLE A PALOMBINI

Litofacies calcareo-marnosa (Cretaceo inf.)

### PIETRAFORTE

Arenaria Pietraforte (Cretaceo sup.)

### PAI Fiora

PFE

PFME

Misura di strato

Frana quiescente

Faglie

Tracciato elettrodotto

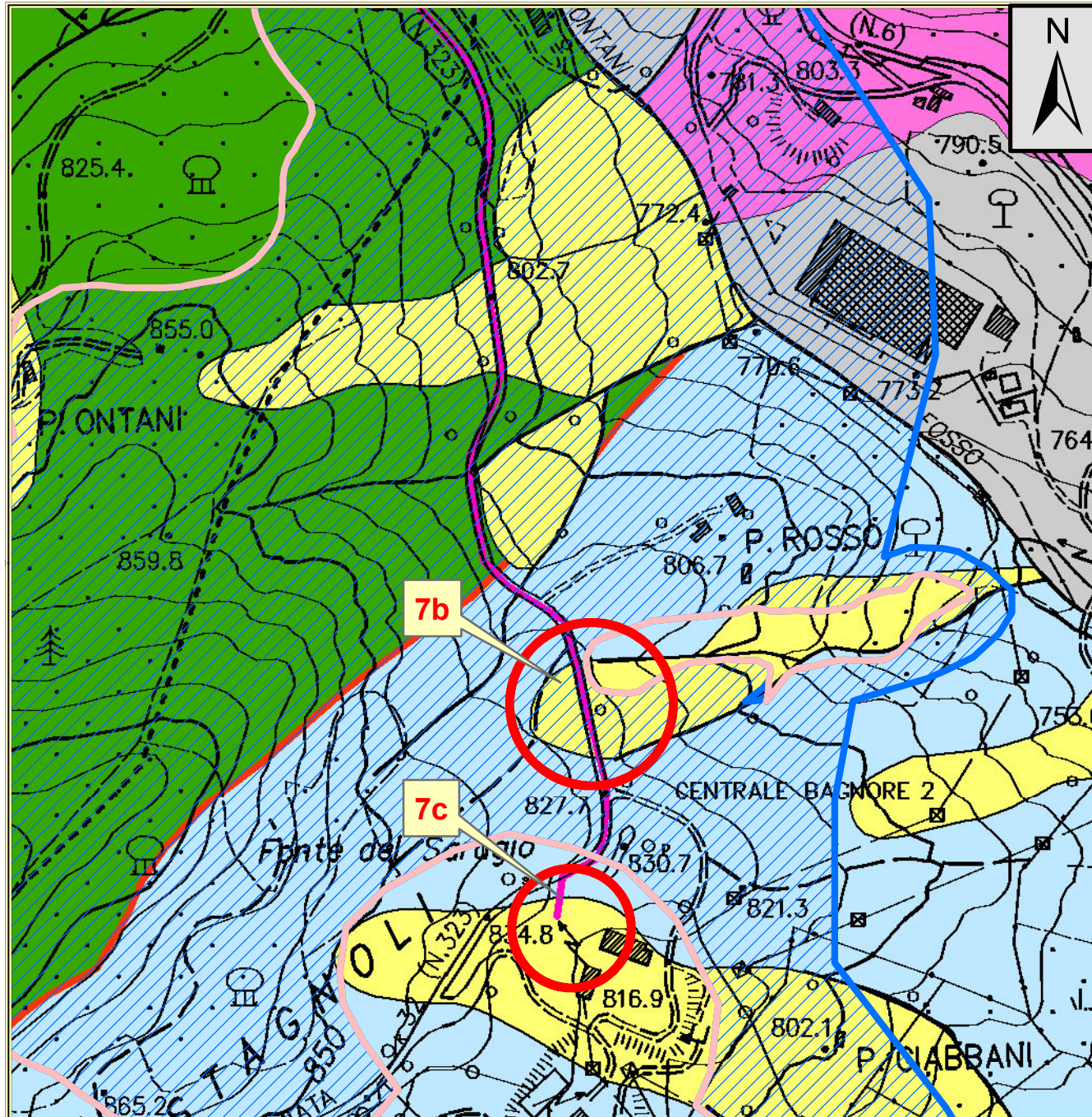
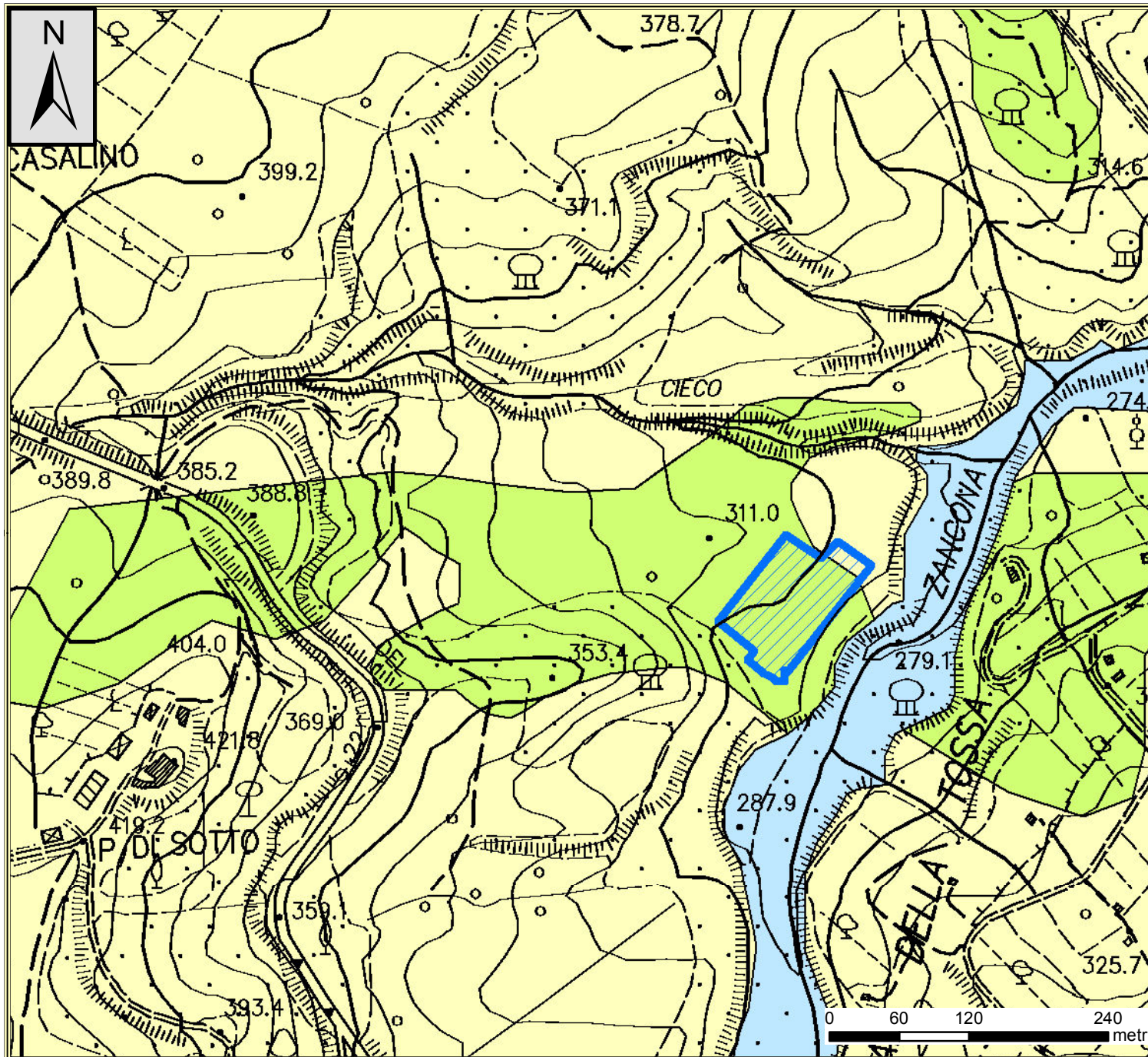


Figura 16





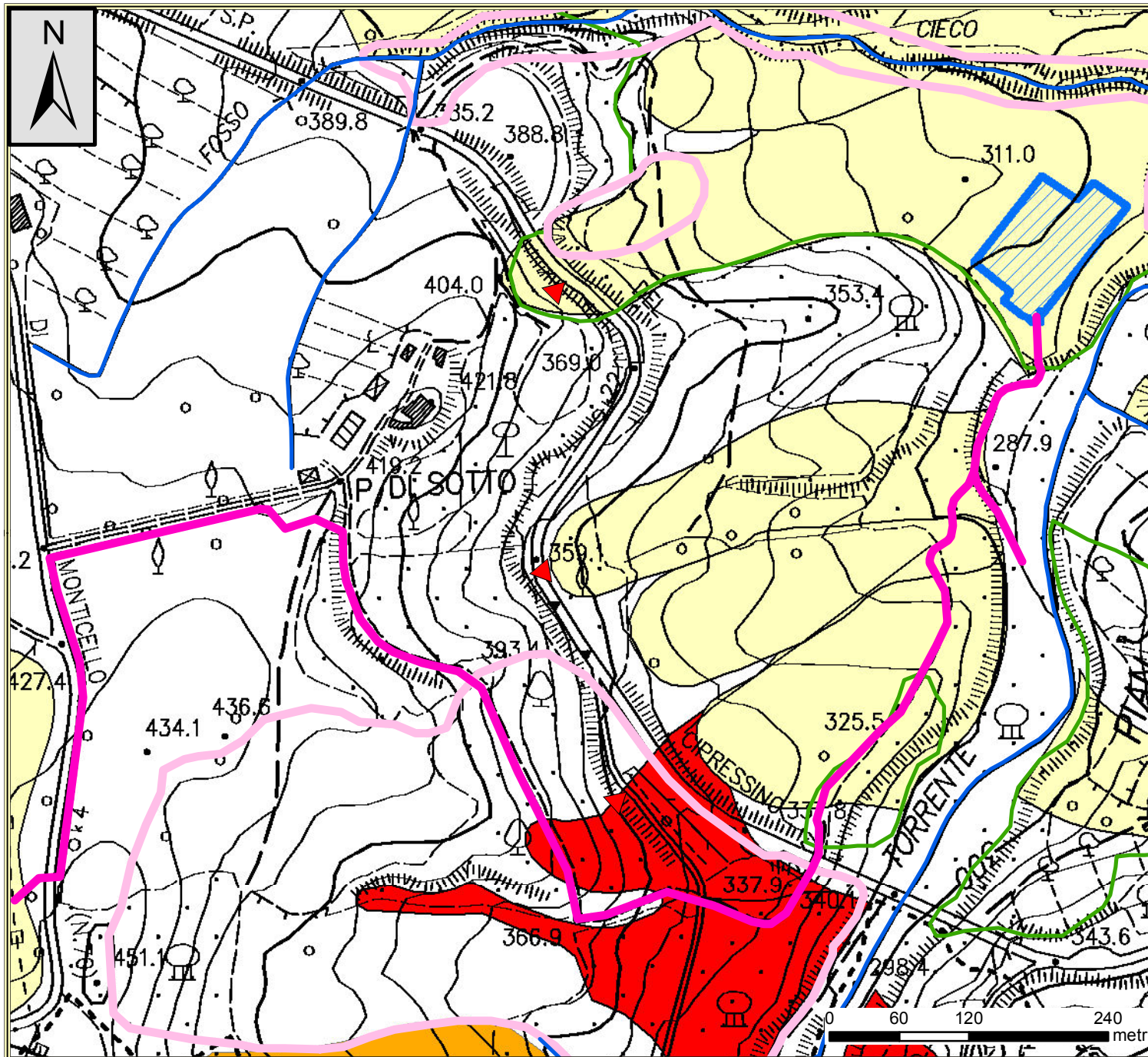
**CARTA DELLA VULNERABILITA' DELLA FALDA**  
**Stralcio da P.S. Casteldelpiano**

**Legenda**

- CLASSE 2: Vulnerabilità bassa
- CLASSE 3: Vulnerabilità media
- CLASSE 4: Vulnerabilità alta
- Postazione di reiniezione MN2

Figura 17





# CARTA GEOMORFOLOGICA

Scala 1:5.000

- PAI Ombrone**
- PFE
  - PFME
  - Frana attiva
  - Frana quiescente
  - Coltri con stato di attività indeterminato
  - Frane non cartografabili
  - Reticolo idrografico
  - Tracciato tubazione approvvigionamento idrico
  - Postazione di reiniezione MN2

Figura 18

# RELAZIONE GEOFISICA

## 1 Premessa

La presente indagine geofisica ha l'obiettivo di fornire alcune indicazioni sullo stato di attività di tre movimenti franosi:

1. il primo (1a) situato lungo la strada Provinciale del Cipressino all'altezza del ponte della Zancona all'interno del comune di Casteldelpiano;
2. il secondo (7b) situato lungo la strada Provinciale N.323 all'altezza del Podere Rosso all'interno del comune di Santa Fiora;
3. Il terzo (7a) situato nei pressi di podere San Michele in località Aiole.

In tutti i siti è stata effettuata un indagine di sismica a rifrazione in onde P al fine di distinguere una possibile coltre con scarse caratteristiche meccaniche da un substrato rigido. Nelle immagini seguenti è possibile osservare su topografie in scala 1:10.000 l'ubicazione delle frane e degli stendimenti utilizzati.

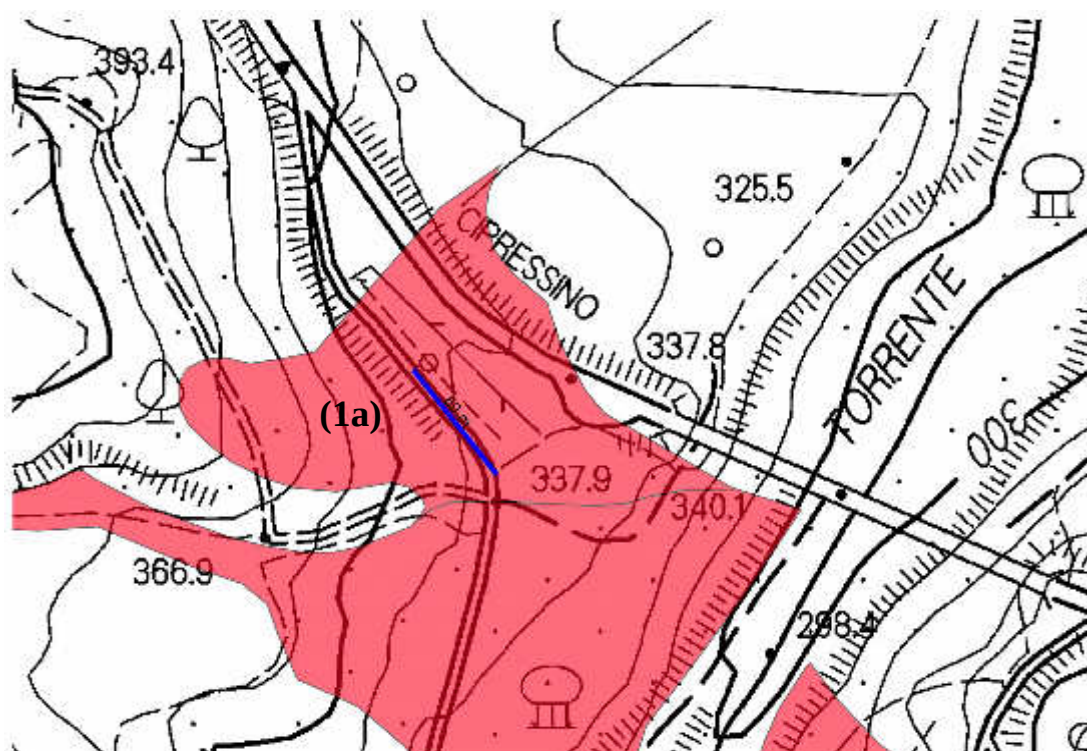


Fig.1: ubicazione frana (1a) in rosso, la linea blu indica lo stendimento di sismica a rifrazione.



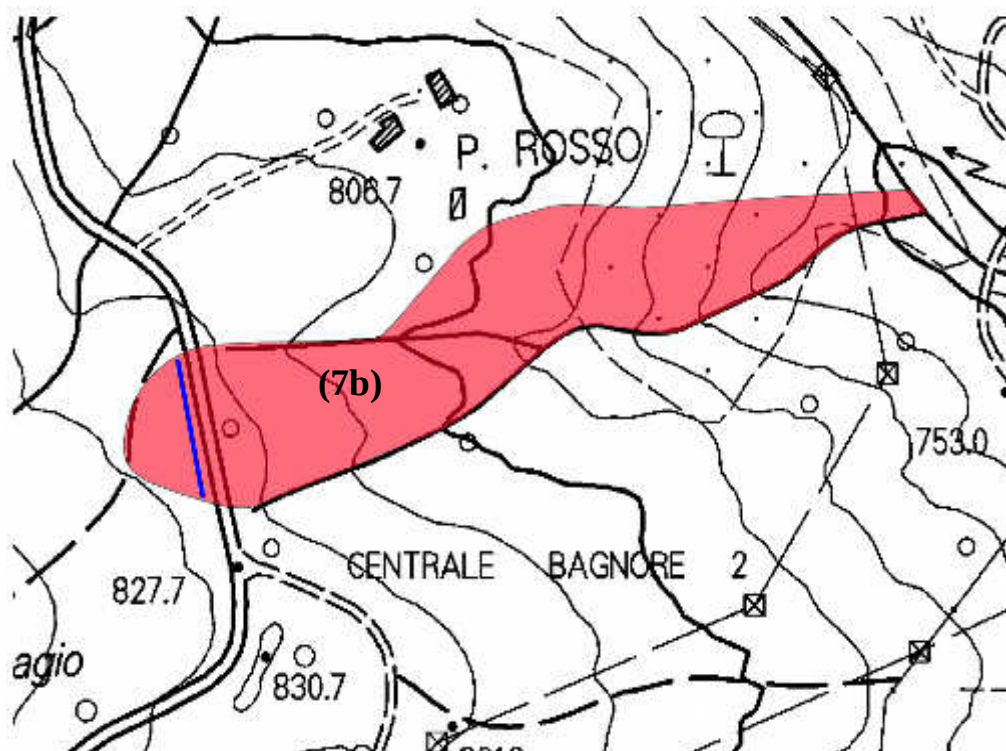


Fig.2: ubicazione frana (7b) in rosso, la linea blu indica lo stendimento di sismica a rifrazione.

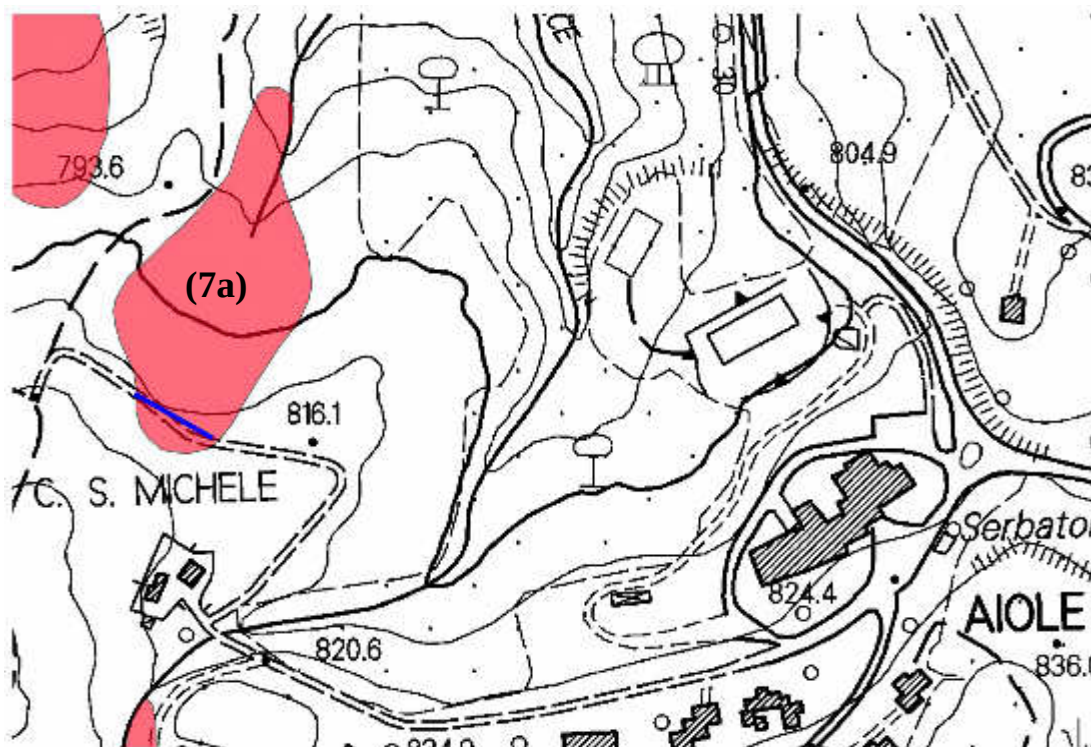


Fig.1: ubicazione frana (7a) in rosso, la linea blu indica lo stendimento di sismica a rifrazione.



## 2 Cenni teorici sui metodi utilizzati

### 2.1 Sismica a rifrazione in onde P

La prospezione sismica a rifrazione è un metodo geofisico che prevede la registrazione, lungo uno stendimento di geofoni, della forma d'onda generata da una sorgente impulsiva

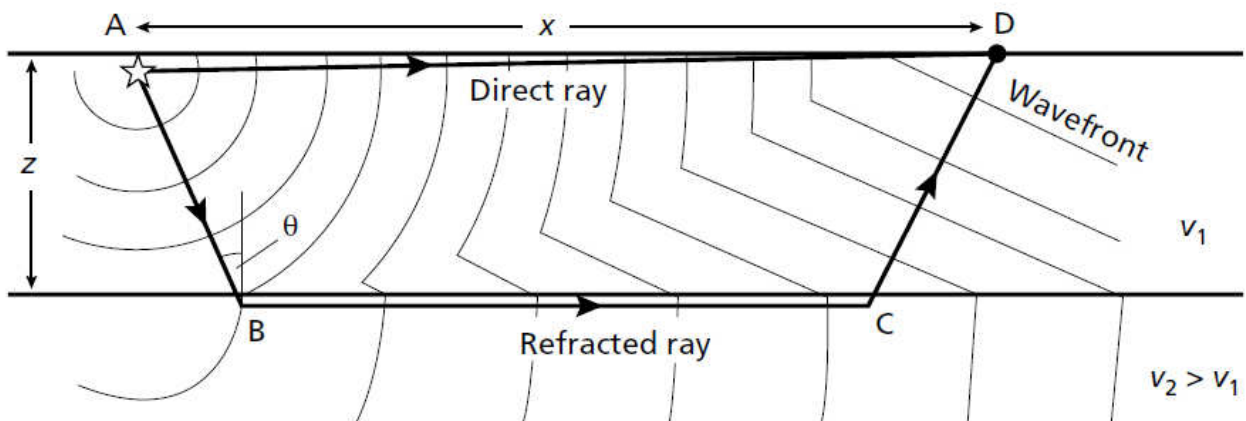


Fig.3: schema della propagazione di un'onda diretta e di un'onda rifratta

(maglio, fucile sismico ecc.). Dalla forma d'onda registrata si definisce i primi arrivi rifratti ai vari geofoni disposti con una geometria nota e utilizzando le leggi di Huygens e Snell, si ricava gli andamenti dei rifrattori e le velocità della porzione di terreno sottostante lo stendimento (fig.3).

Il metodo della rifrazione è affidabile e collaudato essendo uno dei metodi più utilizzati nella geofisica applicata all'ingegneria. I risultati di questo metodo vanno comunque analizzati ed utilizzati con molta attenzione in quanto presenta le seguenti limitazioni:

- è possibile individuare un orizzonte solo se esso ha una velocità delle onde P maggiore di quello sovrastante ovvero non si possono individuare le cosiddette inversioni di velocità;
- come in molte altre metodologie geofisiche esiste un trade off tra velocità e spessore dello strato, ovvero si può avere più modelli validi variando queste due incognite in maniera proporzionale;
- la profondità massima di investigazione è circa un quarto della lunghezza dello stendimento

- non è sempre possibile individuare spessori piccoli rispetto all'asse intergeofonico.

Si consiglia quindi di tener ben presente questi quattro punti durante l'interpretazione delle sezioni derivanti dalla sismica a rifrazione.

### **3 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.

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

### **4.1 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; in tutti i siti indagati si è optato per un tempo di registrazione di 0.25 s con una frequenza di campionamento di 5000 hz. Sono state utilizzate geometrie diverse nei tre siti indagati:

1. nella **frana (1a) posta lungo la strada Provinciale del Cipressino** e nella **frana(7a) in località Aiole** è stato utilizzato 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.**
2. Sulla **frana (7b) posta nei pressi del Podere Rosso** lungo la strada statale N.323 è stato utilizzato uno stendimento di **33 m con interasse geofonico pari a 3 m e con 9 punti sorgente di cui 5 esterni e 4 interni.**

Al fine di definire in maniera precisa il primo arrivo su ogni traccia si è eseguito in entrambi i casi lo stacking (somma) di più energizzazioni su ogni punto sorgente. Negli allegati in calce a questa relazione è presente la geometria di acquisizione dettagliata utilizzata in ognuno dei tre siti indagati

## **4.2 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 sono stati eseguiti con il programma SismaCon prodotto da ProgramGeo.

## **5 Presentazione dei risultati**

I risultati delle **3 indagini sismiche a rifrazione in onde P** sono riassunti in tre allegati posti in calce alla relazione geofisica. Tali allegati sono così organizzati:



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

La **sismica a rifrazione** in onde P riguardante la **frana (1a)** 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.**

La **sismica a rifrazione** in onde P riguardante la **frana (7b)** ha evidenziato tre sismostrati:

1. una **coltre superficiale con velocità di 569 m/s** e spessore di circa un 1 metro;
2. un livello assimilabile a **substrato alterato o fratturato con velocità di 1868 m/s** e spessore di circa 11,5 m;
3. un **substrato con velocità di 4332 m/s.**

La **sismica a rifrazione** in onde P riguardante la **frana (7a)** ha evidenziato tre sismostrati:

1. una **coltre superficiale con velocità di 534 m/s e spessore compreso tra 1.7 e 4.6 m;**
2. un livello con **spessore compreso tra 4.7 e 7.9 m e velocità di 840 m/s;**
3. l'ultimo livello con ha una velocità di **1851 m/s.**

# Allegato 1: Frana (1a) su strada Provinciale Cipressino Casteldelpiano (GR)

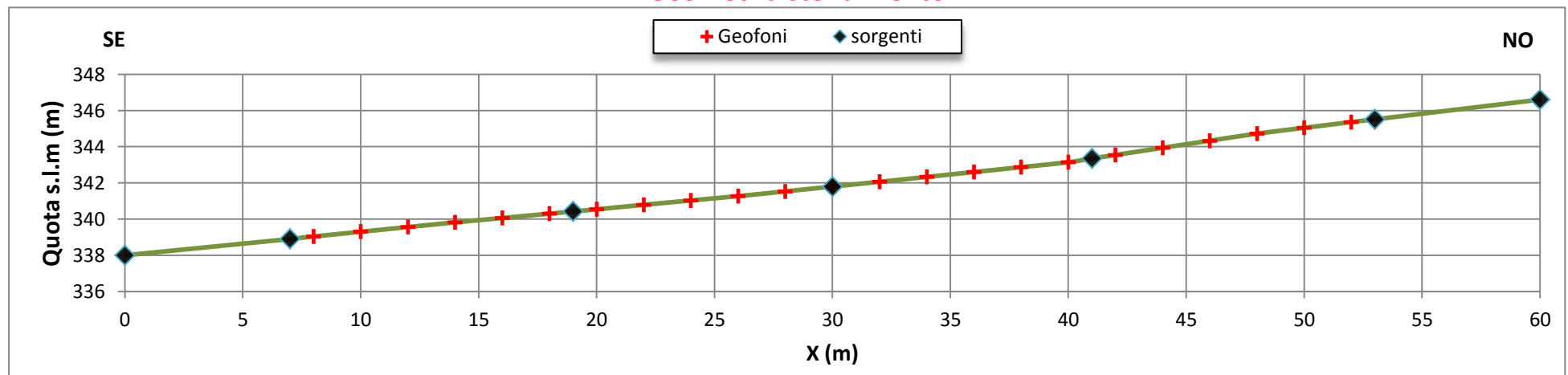
## Ubicazione



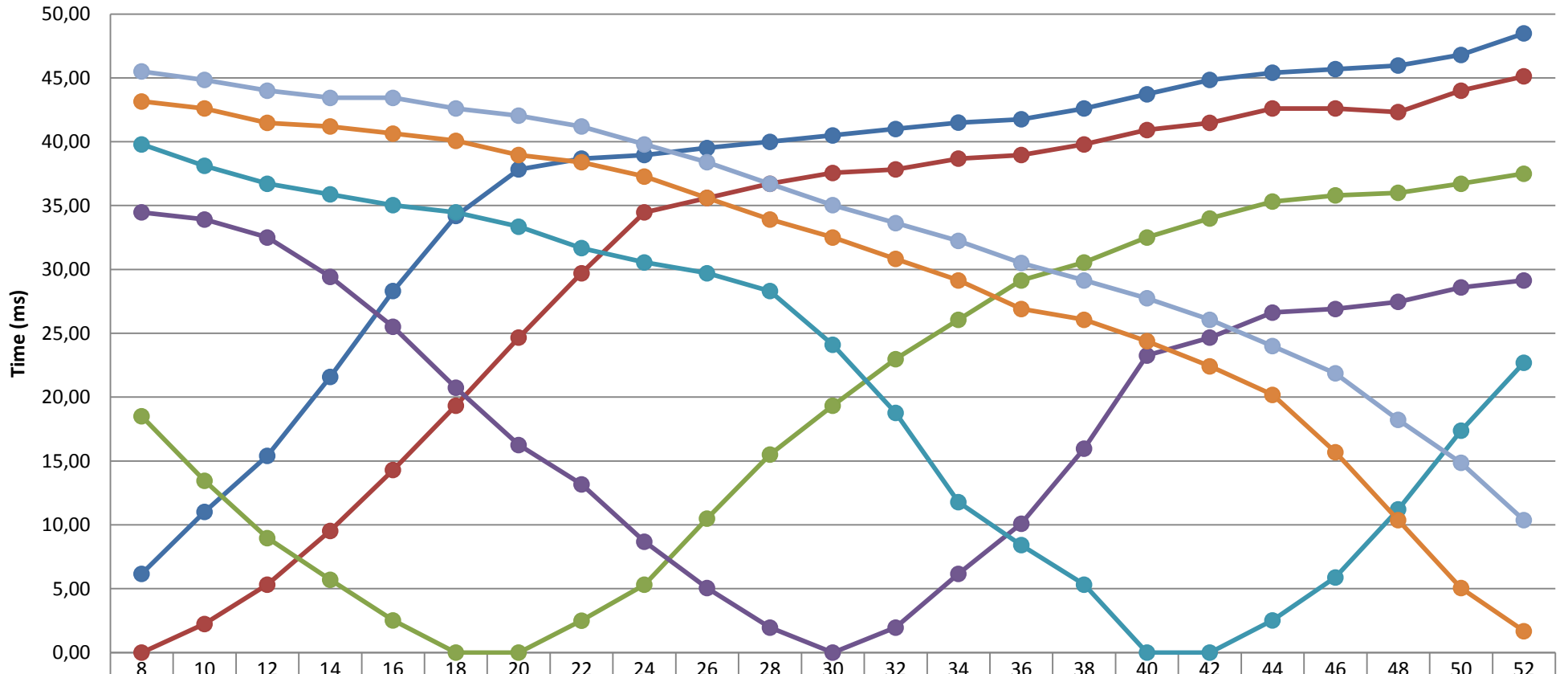
## Documentazione fotografica



## Geometria stendimento



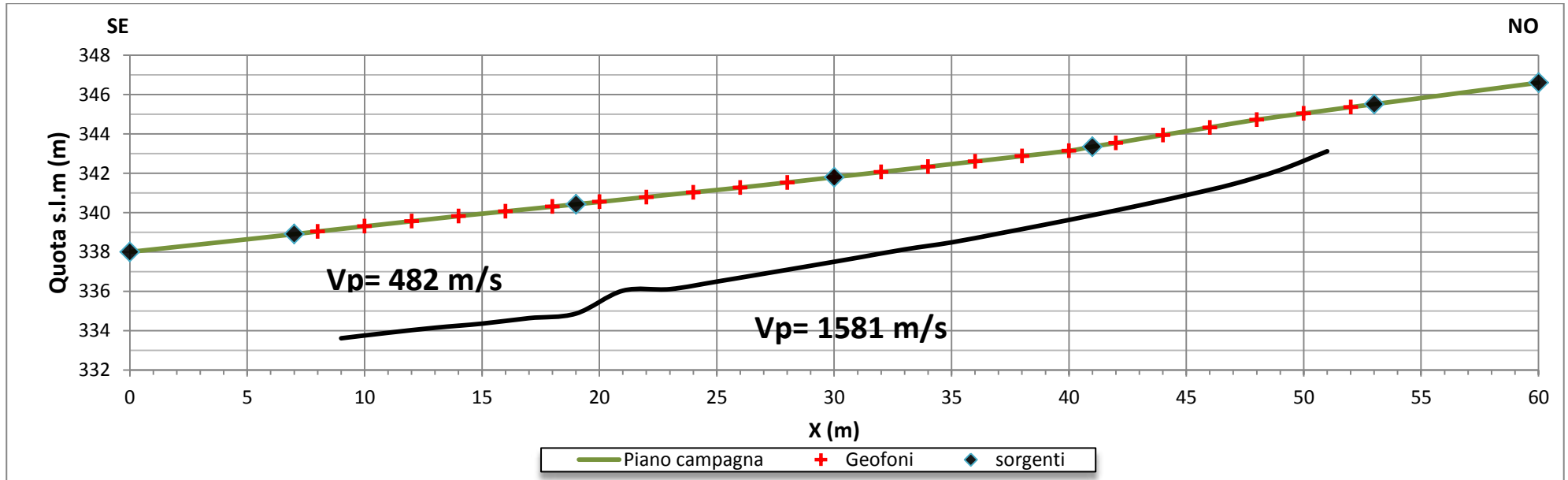
# Dromocrone



	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

## Allegato 2: Frana Podere Rosso (7b) Santa Fiora (GR)

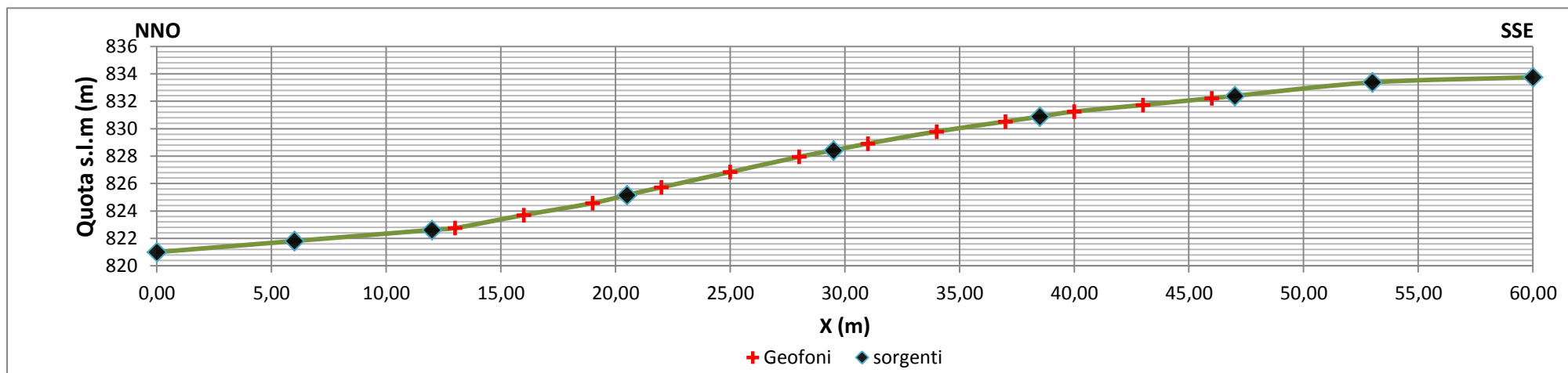
### Ubicazione



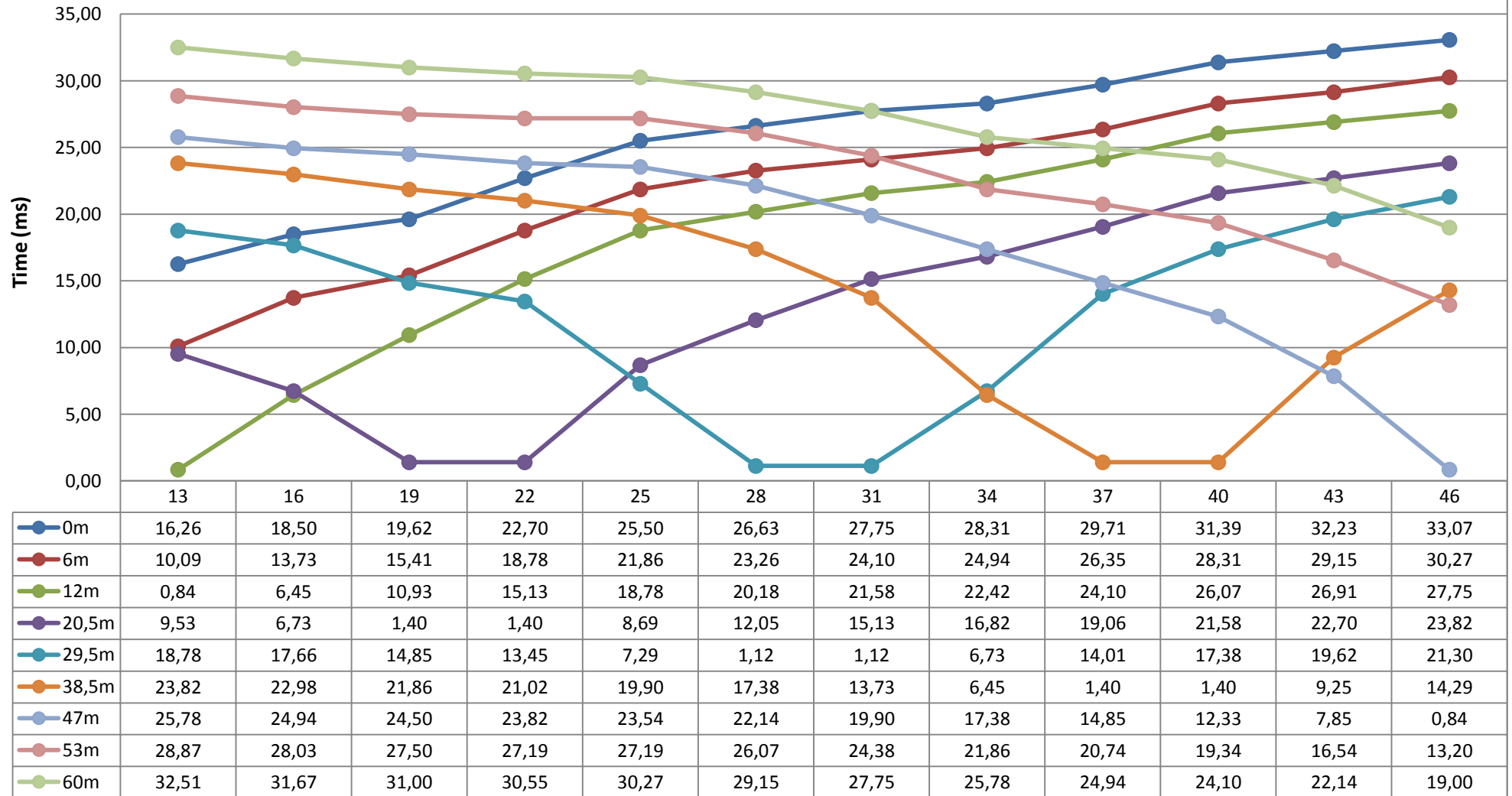
### Documentazione fotografica



### Geometria stendimento

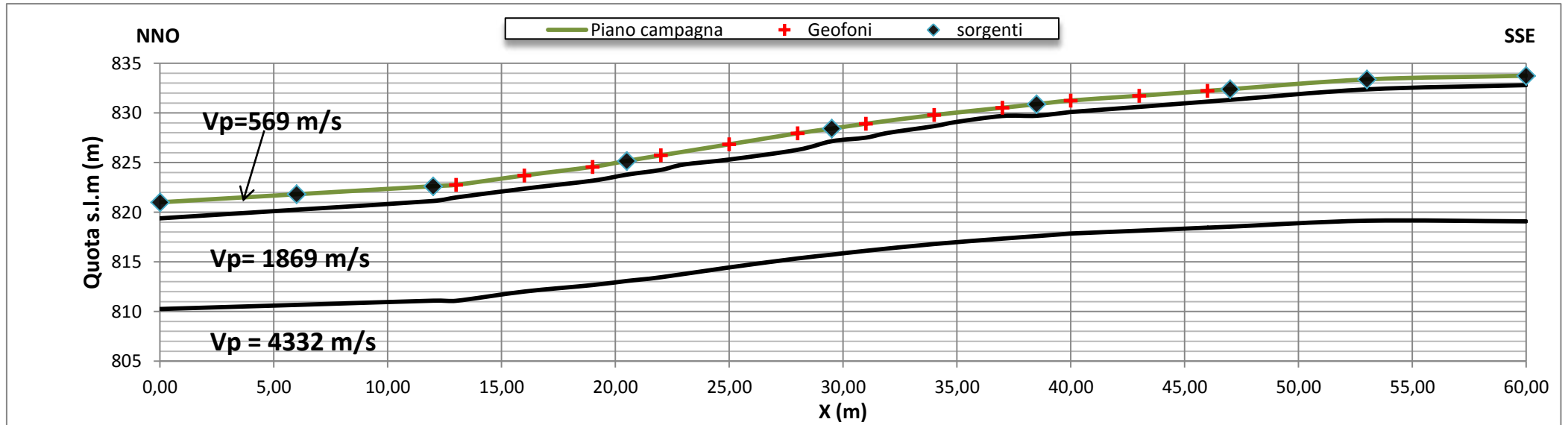


## Dromocrone





## Sezione risultante



Piano campagna			
Ascissa	Quota	Ascissa	Quota
0,00	821,00	31,00	828,91
6,00	821,81	34,00	829,79
12,00	822,62	37,00	830,52
13,00	822,75	38,50	830,88
16,00	823,70	40,00	831,25
19,00	824,57	43,00	831,73
20,50	825,17	46,00	832,22
22,00	825,73	47,00	832,39
25,00	826,84	53,00	833,38
28,00	827,95	60,00	833,75
29,50	828,42		

interfaccia 1			
Ascissa	Quota	Ascissa	Quota
0,00	819,38	32,00	828,00
6,00	820,25	34,00	828,67
12,00	821,13	35,00	829,10
13,00	821,49	37,00	829,69
16,00	822,37	38,50	829,72
19,00	823,18	40,00	830,10
20,50	823,78	40,00	830,10
22,00	824,26	43,00	830,61
23,00	824,80	46,00	831,14
25,00	825,31	47,00	831,32
28,00	826,28	53,00	832,37
29,50	827,15	60,00	832,80
31,00	827,51		

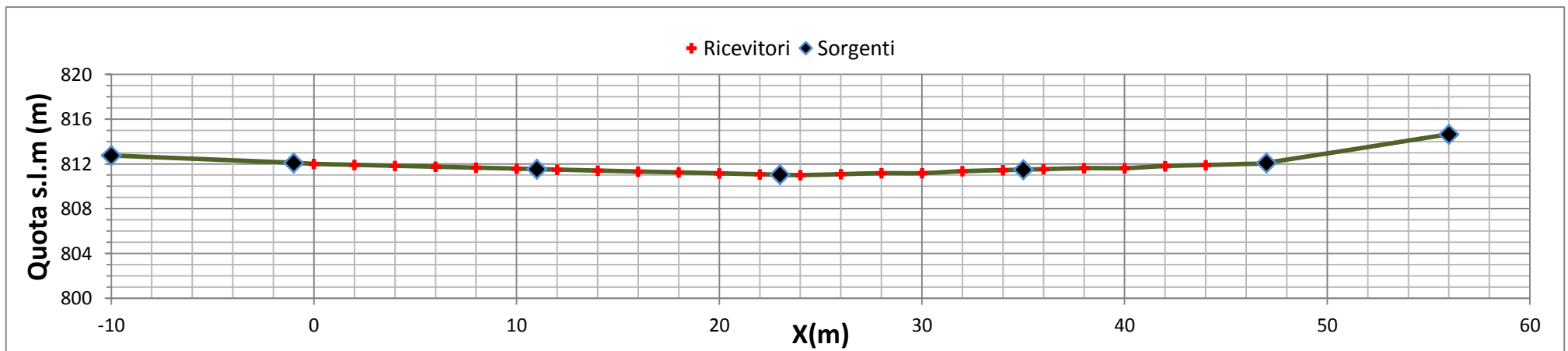
interfaccia 2			
Ascissa	Quota	Ascissa	Quota
0,00	810,25	34,00	816,80
6,00	810,66	37,00	817,34
12,00	811,09	38,50	817,59
13,00	811,08	40,00	817,85
16,00	812,01	40,00	817,85
19,00	812,66	43,00	818,14
20,50	813,07	43,00	818,14
22,00	813,45	46,00	818,45
25,00	814,44	46,00	818,45
28,00	815,35	47,00	818,54
29,50	815,73	53,00	819,15
31,00	816,11	60,00	819,08

## Allegato 3: Frana (7a) Podere San Michele Arcidosso (GR)

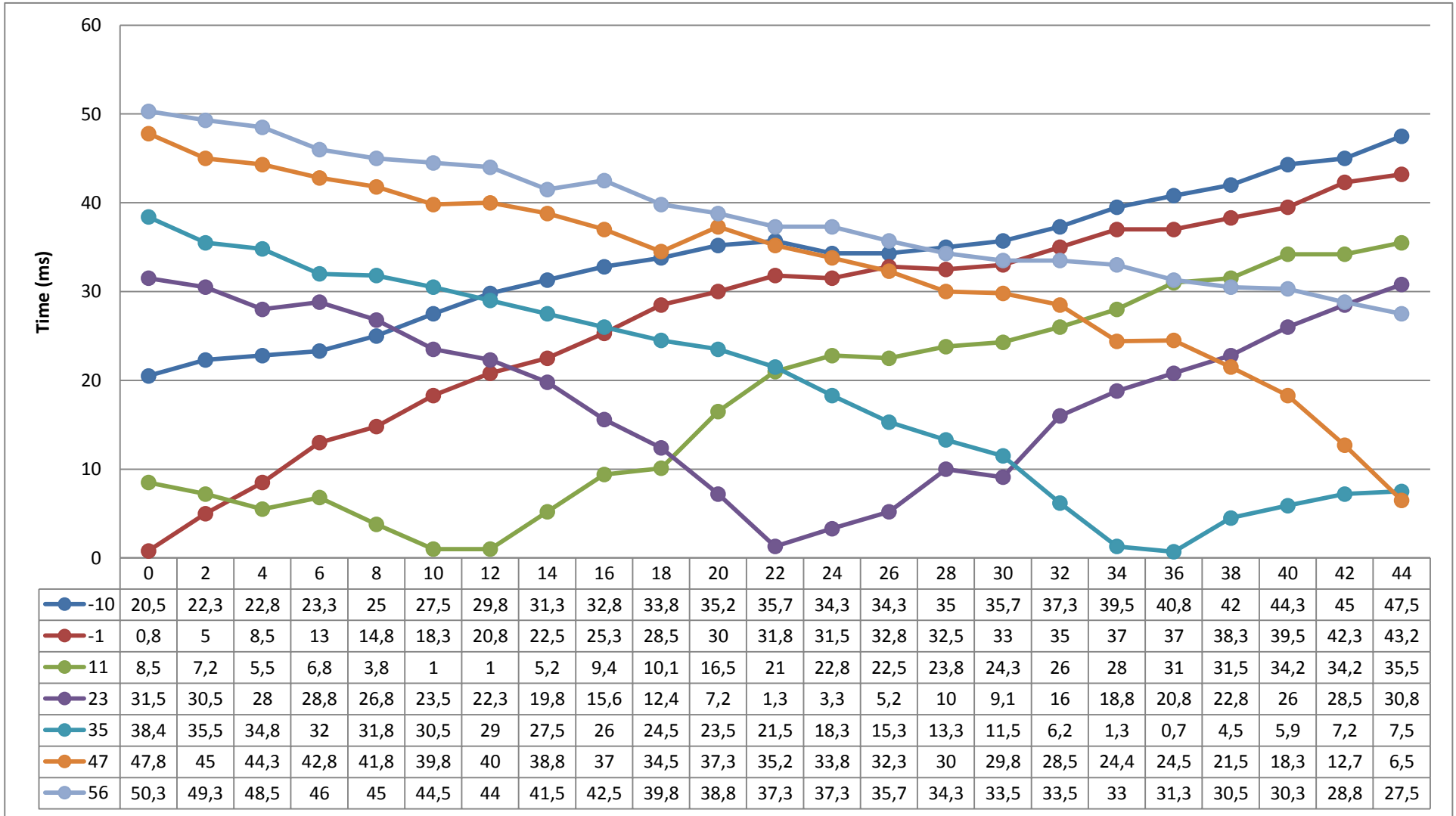
### Ubicazione



### Geometria stendimento

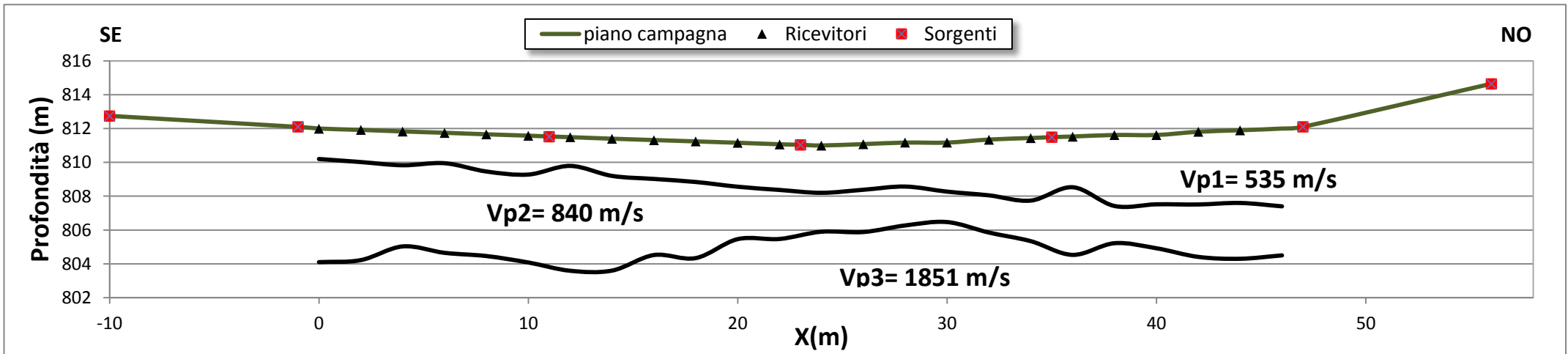


# Dromocrone





## Sezione risultante



Interfaccia 1			
Ascissa (m)	quota (m)	Ascissa (m)	quota (m)
0	810,2	24	808,2
2	810,02	26	808,38
4	809,83	28	808,57
6	809,95	30	808,27
8	809,46	32	808,05
10	809,28	34	807,74
12	809,79	36	808,53
14	809,2	38	807,42
16	809,02	40	807,52
18	808,84	42	807,51
20	808,56	44	807,6
22	808,37	46	807,4

Interfaccia 2			
Ascissa (m)	quota (m)	Ascissa (m)	quota (m)
0	804,1	24	805,9
2	804,22	26	805,88
4	805,03	28	806,27
6	804,65	30	806,47
8	804,46	32	805,85
10	804,08	34	805,34
12	803,59	36	804,53
14	803,6	38	805,22
16	804,52	40	804,92
18	804,34	42	804,41
20	805,46	44	804,3
22	805,47	46	804,5