

GEOLOGICA TOSCANA

Prospezioni Geofisiche s.n.c.

di Damiano Guarguaglini & C.

Committente: **Amm.ne Comunale di Pietrasanta**

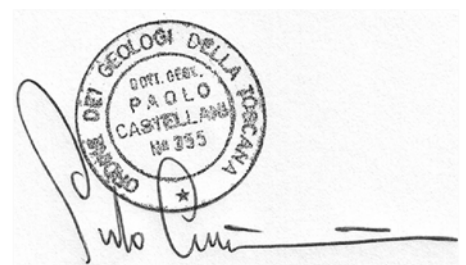
RELAZIONE GEOFISICA

RELATIVA A QUATTRO STENDIMENTI DI TOMOGRAFIA ELETTRICA MULTIELETTRODO

PER LA VERIFICA DI: EVENTUALI MATERIALI DETRITICI, LINEE TETTONICHE IPOTIZZATE NELLA CARTA GEOLOGICA, EVENTUALI MATERIALI DI ACCUMULO DI PLAEOFRANA E PRESENZA DI FALDA IN LOC. VERZALLA-MOLINI DI SANT'ANNA NEL COMUNE DI STAZZEMA (LU)



Stamp: ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA
DOTT. GEOL. DAMIANO GUARGUAGLINI
N° 1352



Stamp: ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA
DOTT. GEOL. PAOLO CASTELLANI
N° 395

Job n° 572

§ 1) PREMESSA

Su incarico e per conto dell'Amm.ne Comunale di Pietrasanta (LU) abbiamo eseguito un'indagine geofisica tramite quattro stendimenti di tomografia elettrica multielettrodo, in un'area ubicata in Loc. Verzalla-Molini di Sant'Anna nel Comune di Stazzema (LU) (vedi fig.1).

La tomografia elettrica è stata utilizzata per la corretta ricostruzione elettrostratigrafica del sottosuolo e in particolare la ricerca di eventuali materiali detritici, linee tettoniche ipotizzate nella carta geologica, eventuali materiali d'accumulo di paleofrana e presenza di falda.

Le misure sono state effettuate tra i giorni 02 e 09 Settembre 2015 con strumento combinato PASI MOD.16SG24-N corredato da 32 picchetti d'acciaio inox.

In virtù della scelta di investigare circa 30-35 metri di sottosuolo la lunghezza degli stendimenti geoelettrici è stata di 155 metri corrispondente ad una interdistanza tra i picchetti di 5 metri.

§ 2) INDAGINE GEOFISICA

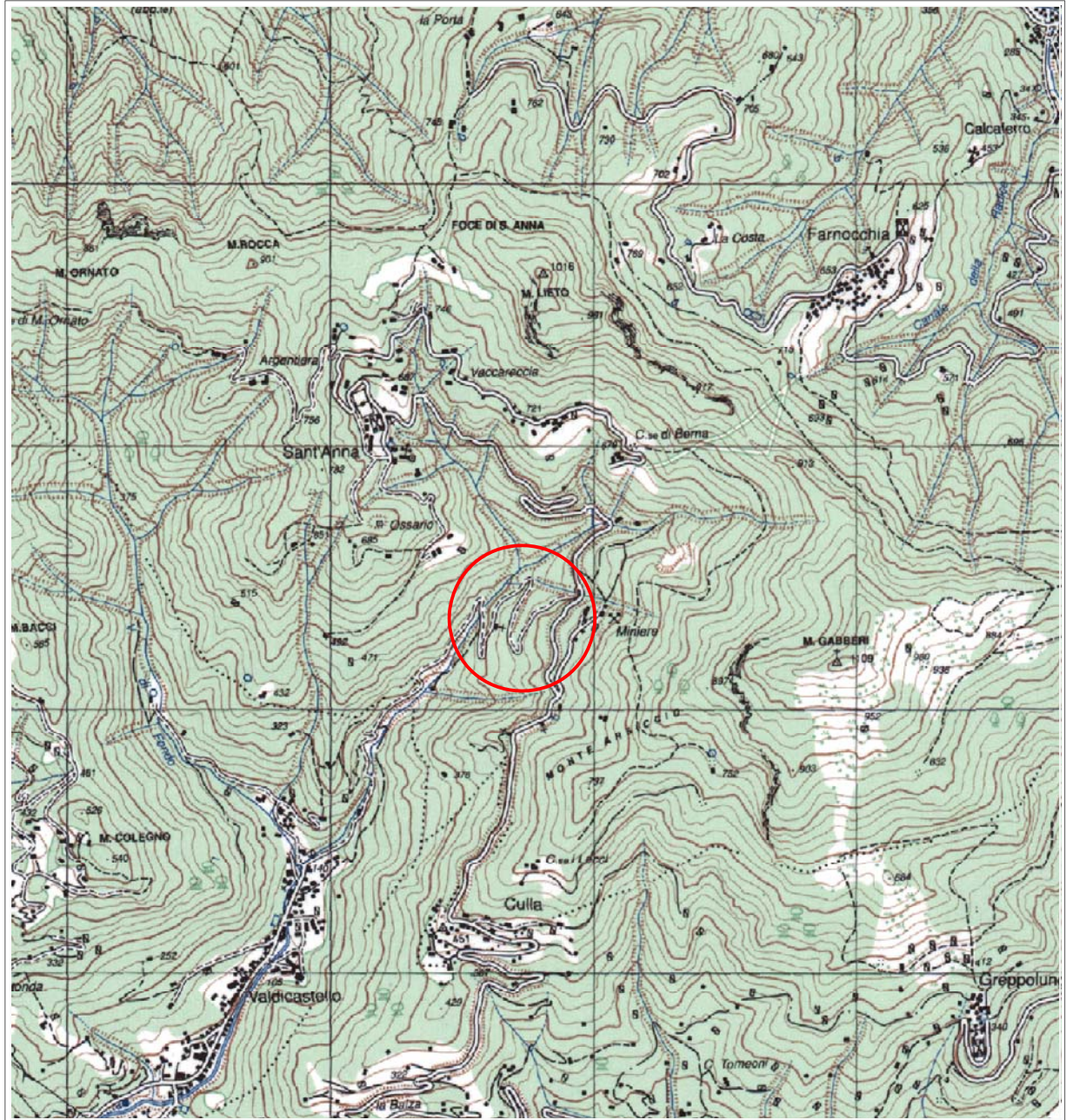
2.1) Tomografia elettrica

2.1.1) Acquisizione dati

La tecnica geoelettrica permette la misurazione del parametro resistività apparente (ρ_a) attraverso l'immissione di una corrente nota nel terreno e la sua successiva misurazione in termini di ΔV .

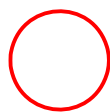
L'energizzazione avviene tramite l'infissione nel terreno di due elettrodi denominati A e B che vengono tenuti distanti in modo da posizionare al loro interno due altri elettrodi denominati M ed N che vengono usati per la misurazione delle differenze di potenziale.

Il rapporto $\Delta V/I$ moltiplicato per un coefficiente geometrico K dipendente dal tipo di stendimento utilizzato, fornisce il parametro resistività apparente (ρ_a) che viene assunto misurato a circa $1/3 - 1/6$ della distanza intercorrente tra gli elettrodi A e B, a seconda dei tipi di terreno investigati.



Scala 1:25.000

FIG. 1
UBICAZIONE DELL'AREA



AREA IN ESAME



E' di facile comprensione il fatto che allargando gli AB la profondità d'investigazione diventi sempre maggiore. Se questa operazione viene ripetuta su più verticali otterremo una mappatura della resistività apparente in senso bidimensionale.

L'apparecchio usato consente l'infissione e la gestione contemporanea di 32 elettrodi che vengono attivati e disattivati automaticamente in modo da ottenere una sezione di resistività apparente detta appunto tomografia.

Nel nostro caso, dato che lo scopo era la corretta ricostruzione elettrostratigrafica del sottosuolo e in particolare la ricerca di eventuali materiali detritici, linee tettoniche ipotizzate nella carta geologica, eventuali materiali d'accumulo di paleofrana e presenza di falda, abbiamo deciso di spaziare gli elettrodi di 5 metri l'uno dall'altro in modo da ottenere stendimenti di lunghezza pari a 155 metri.

La modalità di stendimento usata è stata la Wenner – Schlumberger.

In figura 2 è possibile vedere l'ubicazione e l'ingombro degli stendimenti rispetto all'area in esame.

2.1.2) Elaborazione dei dati

Nel caso dei profili tomografici in generale, l'elaborazione dei dati è finalizzata alla costruzione di grafici a linee isovalore che evidenziano la posizione e la forma di discontinuità geologiche (stratificazioni, vuoti, faglie ecc...).

L'elaborazione dei dati di campagna viene eseguita tramite appositi software (nel nostro caso RES2DINV della Geotomo Software) che simulano il modello del terreno che meglio approssima il profilo di resistività apparente misurato.

Per fare ciò questi programmi iterano il processo fino a quando gli scarti percentuali tra quanto misurato e quanto presupposto risultano minimi.

Il risultato di quanto detto sono le sezioni di resistività.

Il programma da noi utilizzato permette anche di imporre come condizione vincolante la conoscenza stratigrafica di una zona, funzione che tuttavia non è stata adoperata poiché in prima analisi a nostro avviso è meglio interpretare il dato solo in termini geofisici.

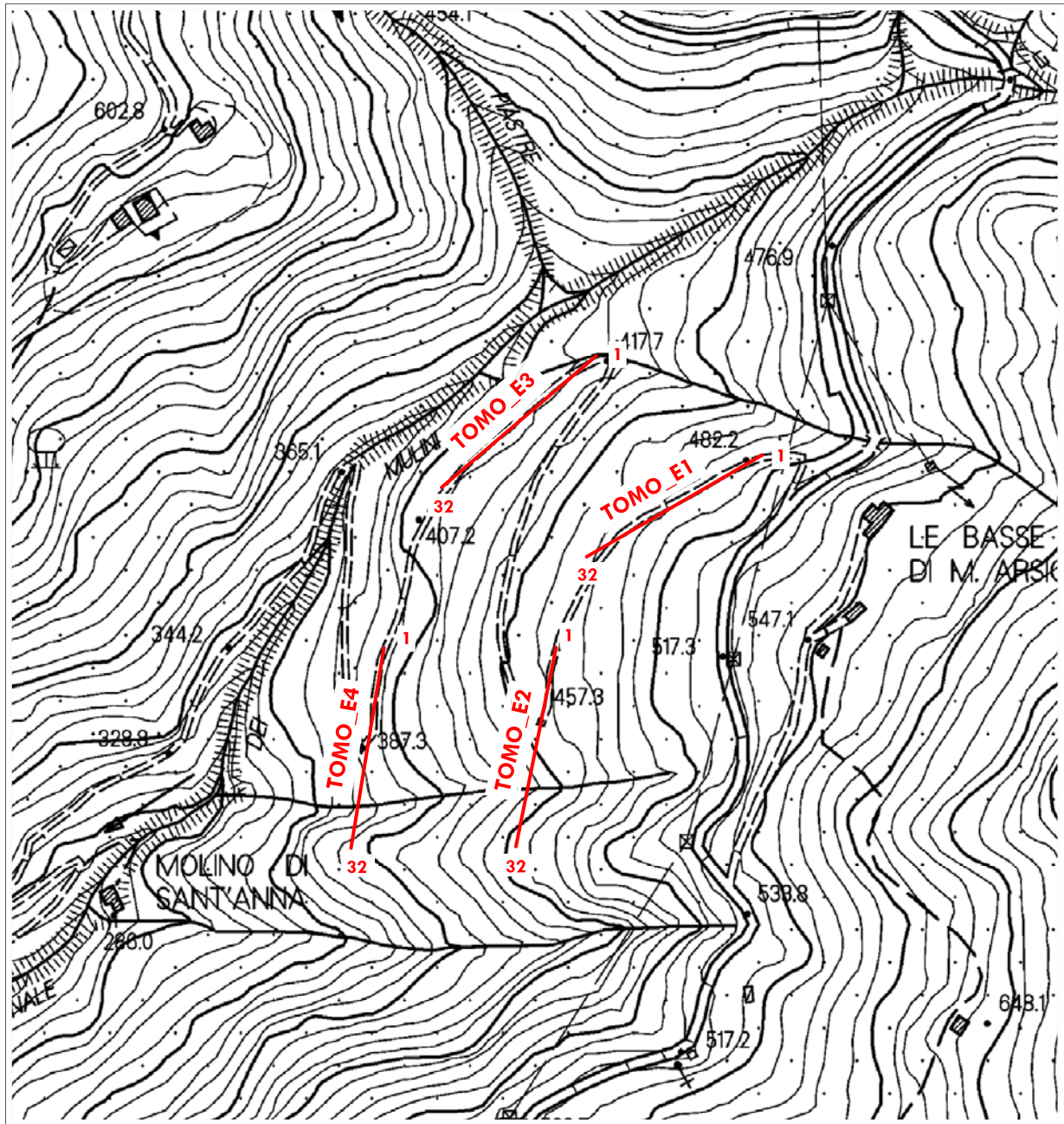


FIG. 2
UBICAZIONE DEGLI STENDIMENTI GEOFISICI

Scala 1:5.000

1 TOMO_E1 32 TRACCIA DEGLI STENDIMENTI TOMOGRAFIA ELETTRICA MULTIELETTRODO



2.1.3) Interpretazione dei risultati

Come risultato di quanto sopra descritto viene mostrata la sezione d'inversione del modello di resistività con l'aggiunta della topografia locale dell'area (vedi figg. 3, 4, 5 e 6) rilevata con livello ottico di precisione.

Le campiture colorate rappresentano i vari livelli di resistività del terreno che nel nostro caso vanno da valori bassi (blu scuro, materiali meno resistivi e quindi più umidi e/o dove la componente argillosa è abbondante) fino a valori alti (rosso scuro, materiali più resistivi e quindi meno umidi e/o secchi dove la componente argillosa è scarsa e il materiale tende ad assumere il comportamento della roccia).

Generalmente possiamo assumere che alti valori di resistività rappresentino situazioni di alta resistenza del terreno all'attraversamento della corrente, vale l'inverso per i bassi valori di resistività.

Questo può essere dovuto alla presenza di vuoti (resistenza dell'aria molto alta), al ritrovamento di materiali sub lapidei o comunque al ritrovamento di materiali isolanti.

2.1.4) TOMO_E1

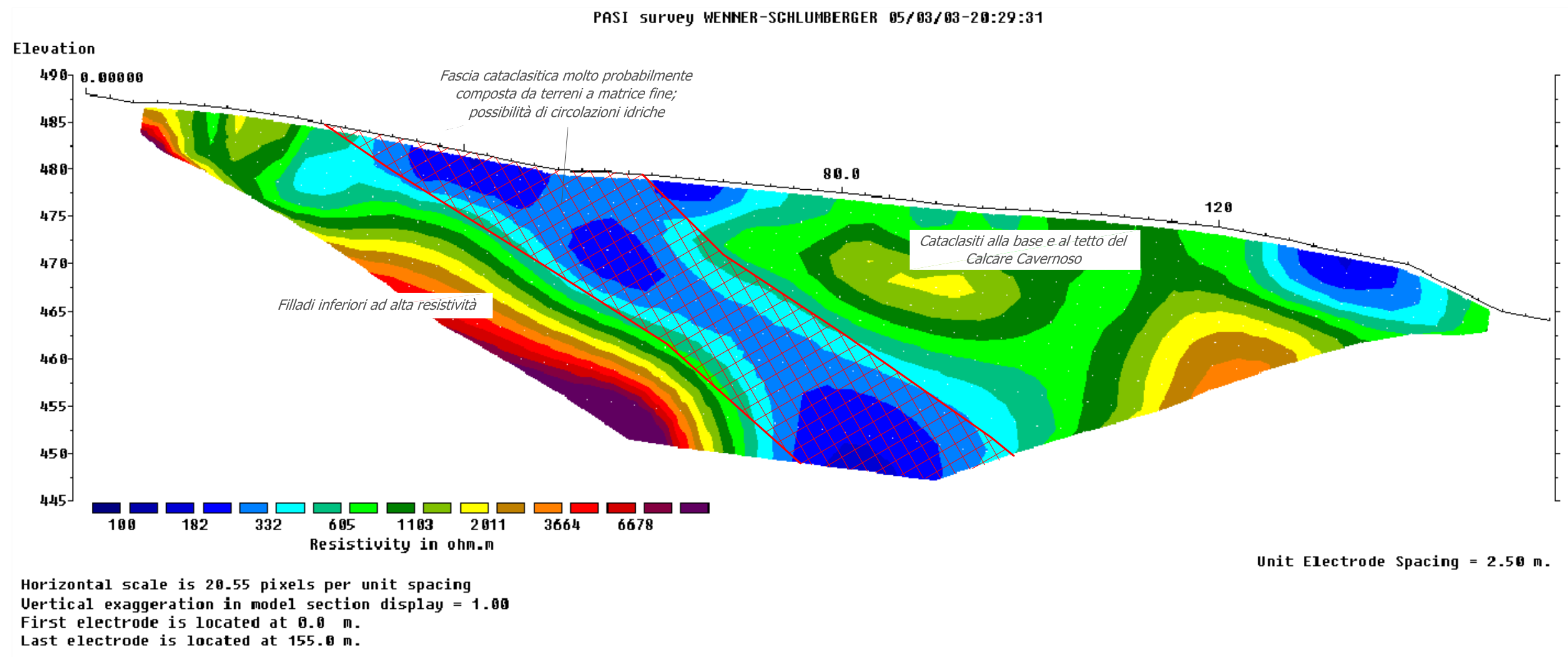
La tomografia 1, eseguita nella zona di monte dell'area da investigare, è stata realizzata a cavallo della lineazione tettonica di sinistra (guardando dal basso verso l'alto il pendio) riportata nella carta geologica a firma del Dott. Emilio Pistilli per verificarne o meno l'esistenza e, se esistente, verificare le sue caratteristiche geometriche di massima.

Tale lineazione infatti, se presente, mettendo in contatto tettonico le filladi inferiori con le cataclasi alla base e al tetto del Calcare Cavernoso, ha creato una zona di materiali detritici a matrice sicuramente fine e una via preferenziale per lo scorrimento delle acque a resistività relativamente più bassa rispetto alle rocce che la contengono.

In fig. 3 è possibile notare una fascia colorata dall'azzurro al blu che taglia in obliquo la sezione tomografia. Tale zona riteniamo sia composta da materiali cataclastici di frizione, molto probabilmente immersi in matrice fine, dove non è possibile escludere la presenza di acqua.

Tale fascia pare avere una larghezza proiettata sul profilo del terreno di circa 30 – 40 metri, del tutto plausibile con le conoscenze geologiche che abbiamo dell'area.

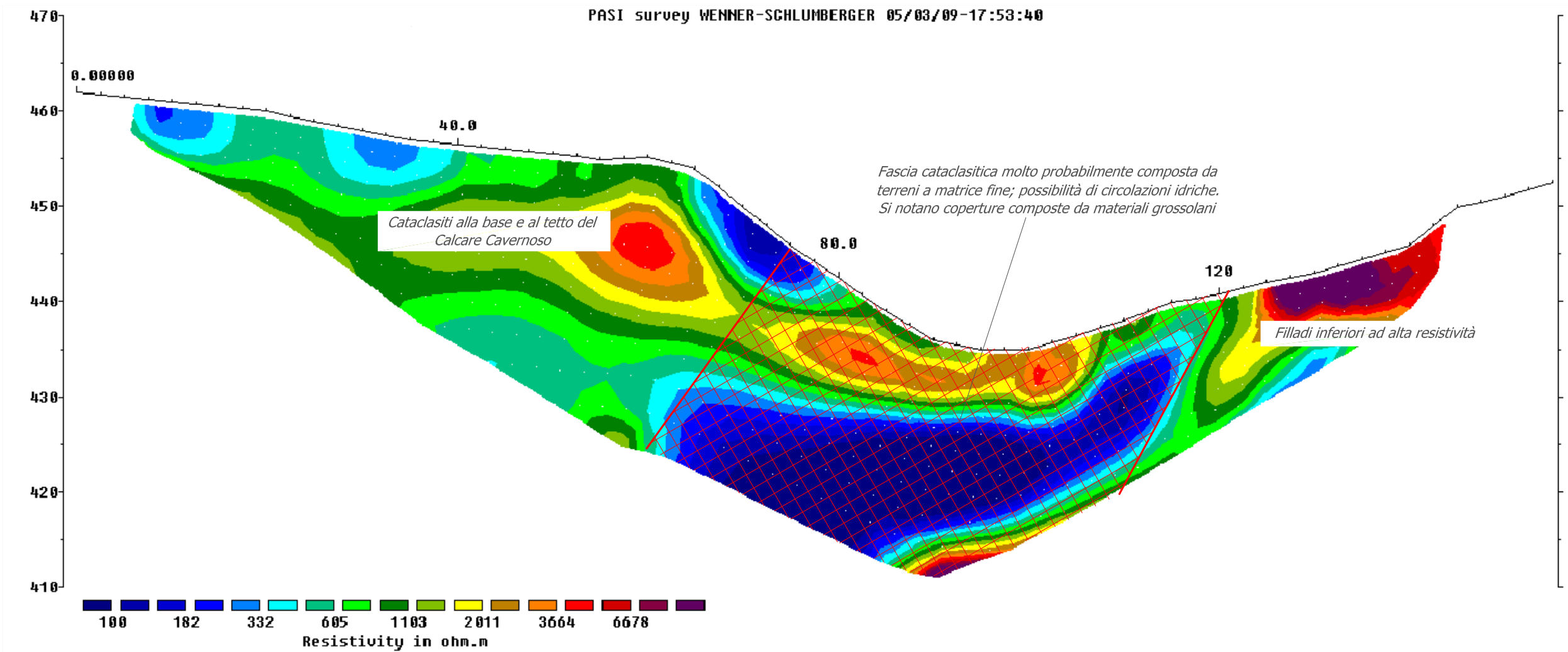
FIG. 3
 TOMOGRAFIA ELETTRICA n°1 E RELATIVA INTERPRETAZIONE



Scala 1:500

Committente: Amm.ne Comunale di Pietrasanta
 LOC. VERZALLA-MOLINI DI SANT'ANNA - STAZZEMA (LU)

FIG. 4
TOMOGRFIA ELETTRICA n°2 E RELATIVA INTERPRETAZIONE



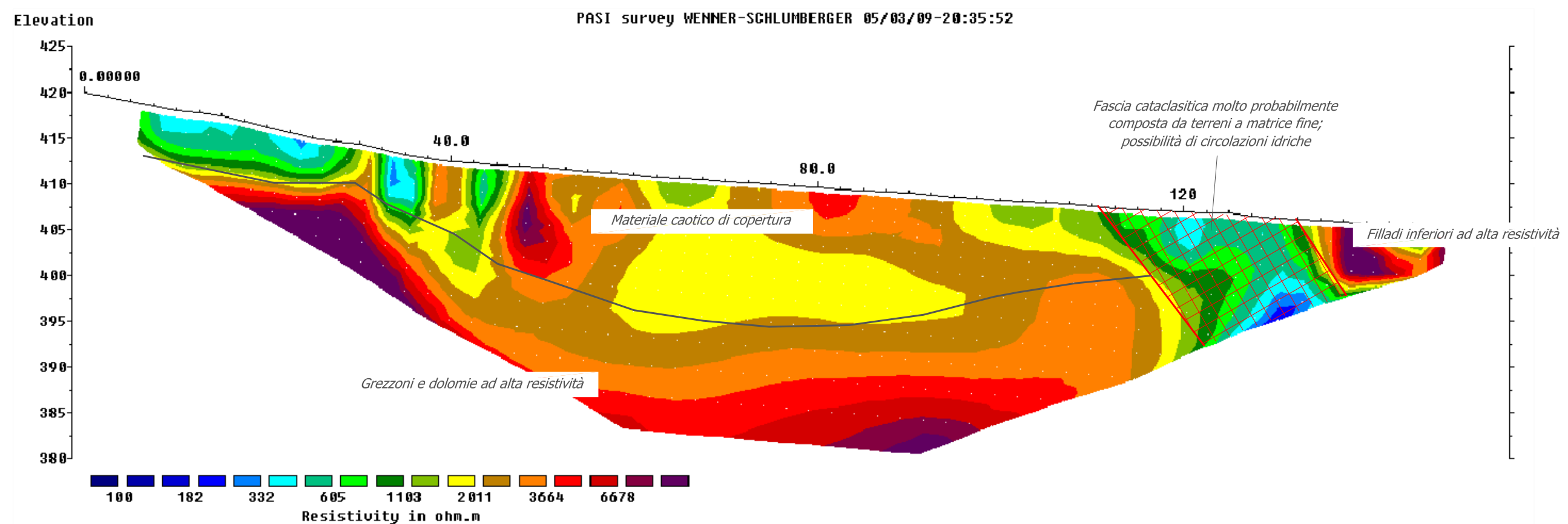
Horizontal scale is 20.55 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 1.00
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 155.0 m.

Unit Electrode Spacing = 2.50 m.

Scala 1:500

Committente: Amm.ne Comunale di Pietrasanta
LOC. VERZALLA-MOLINI DI SANT'ANNA - STAZZEMA (LU)

FIG. 5
 TOMOGRAFIA ELETTRICA n°3 E RELATIVA INTERPRETAZIONE



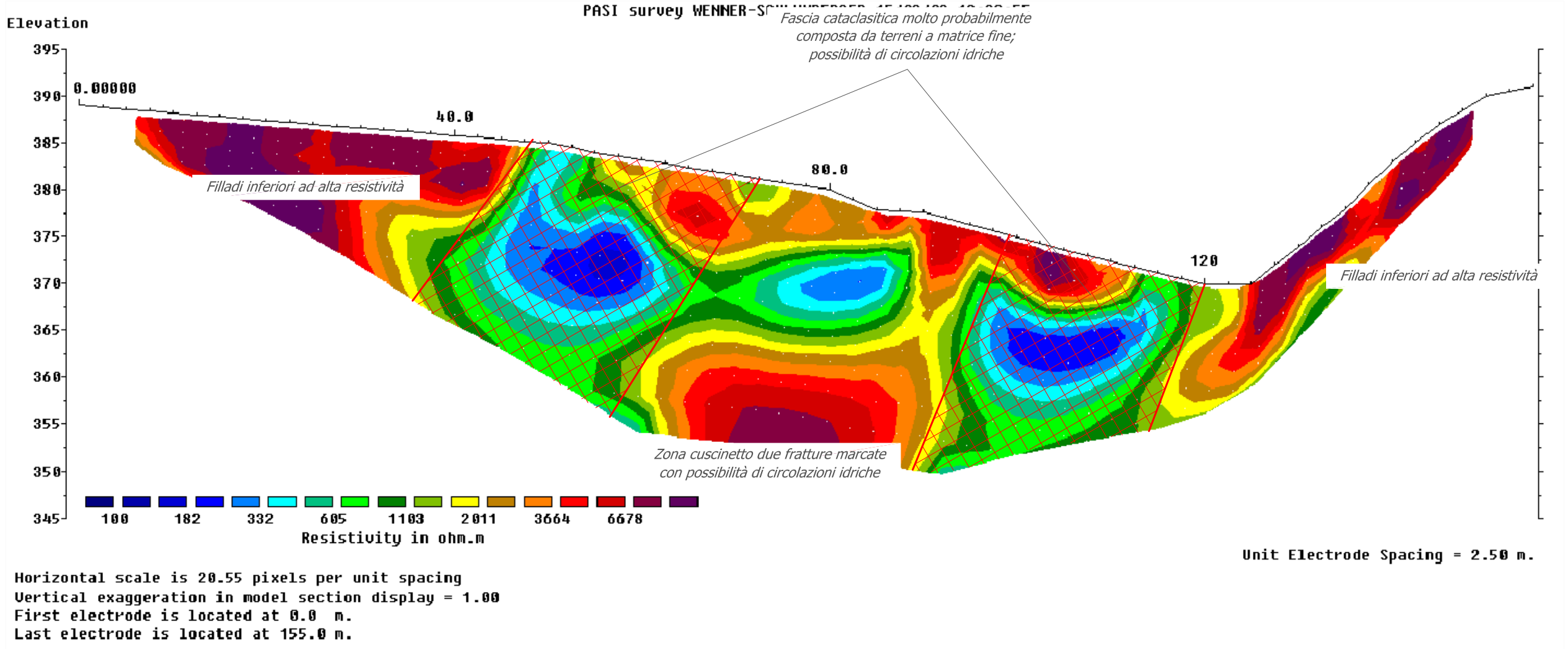
Horizontal scale is 20.55 pixels per unit spacing
 Vertical exaggeration in model section display = 1.00
 First electrode is located at 0.0 m.
 Last electrode is located at 155.0 m.

Unit Electrode Spacing = 2.50 m.

Scala 1:500

Committente: Amm.ne Comunale di Pietrasanta
 LOC. VERZALLA-MOLINI DI SANT'ANNA - STAZZEMA (LU)

FIG. 6
 TOMOGRAFIA ELETTRICA n°4 E RELATIVA INTERPRETAZIONE



Scala 1:500

Committente: Amm.ne Comunale di Pietrasanta
 LOC. VERZALLA-MOLINI DI SANT'ANNA - STAZZEMA (LU)

A sinistra (letto della faglia), si riconosce una zona ad alta resistività che reputiamo essere composta principalmente da filladi mentre a destra (tetto della faglia), si riconosce una zona più disomogenea e discontinua a resistività intermedia che ben si interpreta come cataclasiti più antiche formatesi alla base del Calcare Cavernoso.

2.1.5) TOMO_E2

La tomografia 2, eseguita nella zona mediana dell'area da investigare, è stata realizzata a cavallo della lineazione tettonica di destra (guardando dal basso verso l'alto il pendio) riportata nella carta geologica a firma del Dott. Emilio Pistilli per verificarne o meno l'esistenza e, se esistente, verificare le sue caratteristiche geometriche di massima.

Tale lineazione infatti, se presente, mettendo in contatto tettonico le filladi inferiori con le cataclasiti alla base e al tetto del Calcare Cavernoso, ha creato una zona di materiali detritici a matrice sicuramente fine e una via preferenziale per lo scorrimento delle acque a resistività relativamente più bassa rispetto alle rocce che la contengono.

In fig. 4 è possibile notare una fascia colorata dall'azzurro al blu di forma ameboide proprio nel punto più basso della tomografia. Tale zona riteniamo sia composta da materiali cataclastici di frizione, molto probabilmente immersi in matrice fine, dove non è possibile escludere la presenza di acqua. Infatti non è spiegabile in altro modo la presenza di una resistività così bassa all'interno di rocce che presumibilmente danno resistenze all'attraversamento della corrente molto alte.

Sebbene ricoperta per 3/4 della propria lunghezza sul terreno da una copertura più resistiva, è facile intuirne le dimensioni e l'andamento nel sottosuolo.

Tale fascia pare avere una larghezza proiettata sul profilo del terreno di circa 45 - 50 metri, del tutto plausibile per il tipo di faglia ricercato.

A destra (letto della faglia), si riconosce una zona ad alta resistività che reputiamo essere composta principalmente da filladi mentre a sinistra (tetto della faglia), anche in questo caso si riconosce una zona più disomogenea e discontinua a resistività intermedia che ben si interpreta come cataclasiti più antiche formatesi per frizione alla base del Calcare Cavernoso.

2.1.6) TOMO_E3

La tomografia 3, eseguita nella zona medio-bassa dell'area da investigare, è stata realizzata a cavallo della lineazione tettonica di sinistra (guardando dal basso verso l'alto il pendio) riportata nella carta geologica a firma del Dott. Emilio Pistilli per verificarne o meno l'esistenza e, se esistente, verificare le sue caratteristiche geometriche di massima.

Tale lineazione infatti, se presente, mettendo in contatto tettonico le filladi inferiori con i Grezzoni e le dolomie, ha creato una zona di materiali detritici a matrice sicuramente fine e una via preferenziale per lo scorrimento delle acque a resistività relativamente più bassa rispetto alle rocce che la contengono.

In fig. 5 è possibile notare una fascia colorata dal verde al blu di forma abbastanza chiara e diagonale quasi in corrispondenza del margine destro della tomografia stessa. Tale zona, decentrata rispetto a dove plausibilmente ci saremmo aspettati di trovarla, riteniamo sia composta da materiali cataclastici di frizione, molto probabilmente immersi in matrice fine, dove non è possibile escludere la presenza di acqua. Infatti non è spiegabile in altro modo la presenza di una resistività così bassa all'interno di rocce che presumibilmente danno resistenze all'attraversamento della corrente molto alte.

Tale fascia pare avere una larghezza proiettata sul profilo del terreno di circa 20 metri, del tutto plausibile per il tipo di faglia ricercato e le dimensioni che pare assumere a monte di questo punto (tomografia elettrica n° 1).

A sinistra (letto della faglia), si riconosce una zona ad alta resistività che reputiamo essere composta principalmente da una copertura di materiale calcareo e dolomitico caotico sovrastante ai Grezzoni e dolomie in posto, mentre a destra (tetto della faglia) si riconosce una zona sempre ad alta resistività, come nelle tomografie n° 1 e 2, che può essere interpretata come filladi.

2.1.7) TOMO_E4

La tomografia 4, eseguita nella zona bassa dell'area da investigare, è stata realizzata a cavallo della lineazione tettonica di destra (guardando dal basso verso l'alto il pendio) riportata nella carta geologica a firma del Dott. Emilio Pistilli per verificarne o meno l'esistenza e, se esistente, verificare le sue caratteristiche geometriche di massima.

Poiché in tale posizione la lineazione pare avere dislocato le filladi da se stesse, riteniamo il suo riconoscimento di maggiore complessità.

E' realistico comunque pensare che la frizione dovuta al movimento abbia creato una zona di materiali detritici a matrice sicuramente più fine delle circostanti rocce e una via preferenziale per lo scorrimento delle acque a resistività relativamente più bassa rispetto all'intorno.

In fig. 6 è possibile notare tre zone colorate dall'azzurro al blu posizionate nel centro della tomografia. Le più esterne crediamo siano composte da materiali cataclasitici di frizione, molto probabilmente immersi in matrice fine, dove non è possibile escludere la presenza di acqua. La zona centrale, poiché in profondità passa a resistività decisamente alte, riteniamo possa essere considerata come una zona cuscinetto tra le due fratture principali, con interscambi di fluidi se presenti.

All'estrema destra della tomografia si riconosce una zona ad alta resistività che reputiamo essere composta principalmente da filladi così come quella presente all'estrema sinistra.

§ 3) CONCLUSIONI

L'indagine geofisica evidenzia in modo chiarissimo l'esistenza di due lineamenti tettonici che corrispondono con una certa precisione alle faglie indicate nella carta geologica redatta dal Dott. Geol. Emilio Pistilli, definendo con maggiore precisione la loro ubicazione e il loro andamento.

Inoltre dalle tomografie elettriche si definiscono con precisione le larghezze delle fasce cataclasitiche conseguenti il movimento tettonico.

In corrispondenza delle due faglie rilevate è possibile la presenza e la circolazione di acqua, messa in evidenza da valori di resistività molto bassi all'interno di rocce che in genere presentano resistenze all'attraversamento della corrente molto alte.

Infine l'indagine geofisica esclude la presenza di una paleofrana che interessi tutta l'area, mentre non si può escludere la presenza di corpi di paleofrane di limitata estensione all'interno dell'area tettonizzata.

A seguito dei risultati ottenuti, consigliamo di integrare e completare l'indagine geofisica con una campagna geognostica tramite almeno 3 sondaggi a carotaggio continuo attrezzati con piezometri, da ubicare in corrispondenza delle faglie rilevate rispettivamente lungo la Tomo 1, 2 e 3.

I sondaggi in corrispondenza delle aree fagliate lungo la Tomo 1 e 3 potranno essere realizzati senza alcun problema con piazzamento sulla strada a tornanti esistente, mentre il sondaggio in corrispondenza della faglia lungo la Tomo 2 necessita di una pista di accesso, perché è fondamentale realizzare la perforazione in corrispondenza del fosso naturale lungo il quale è stata individuata la linea di frattura.

Riteniamo che i sondaggi lungo le Tomo 1 e 3 dovranno avere una profondità di almeno 30 metri dal piano campagna, mentre il sondaggio lungo la Tomo 2 dovrà essere spinto ad una profondità di almeno 25 metri dal piano campagna, in quanto partirà da una quota sensibilmente più bassa.

Tutti i sondaggi dovranno essere attrezzati con piezometri per la misurazione e il monitoraggio del livello di falda tramite freatimetro elettrico e per il prelievo di campioni d'acqua da sottoporre alle opportune analisi chimico-fisiche con campionatore statico tipo Bailer.


§ 4) COSTI INDICATIVI DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA

- Trasporto sonda cingolata (a corpo)	Euro 500,00
- Postazioni sonda (n°3 x Euro 100,00)	Euro 300,00
- Perforazioni (ml 85 x Euro 45,00)	Euro 3.825,00
- Prelievo di campioni di terreno (n° 9 x Euro 45,00)	Euro 405,00
- Installazione di piezometro (ml 85 x Euro 12,00)	Euro 1.020,00

TOTALE PRESTAZIONI D'IMPRESA	Euro 6.050,00
- Prestazioni professionali per la direzione lavori dei sondaggi, stratigrafie, monitoraggio piezometrico con freatimetro elettrico e relazione finale (a corpo)	Euro 2.500,00
TOTALE COSTI D'INDAGINE (escluso il prelievo dei campioni d'acqua e le relative analisi, anche sui terreni)	Euro 8.550,00

Poggibonsi, 21.09.2015

per Geologica Toscana Prospezioni Geofisiche s.n.c.



Stampa circolare: ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA, DOTT. GEOL. PAOLO CASTELLANI, Nr. 355



Stampa circolare: ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA, DOTT. GEOL. DAMIANO GUARGUAGLINI, Nr. 1352

ALLEGATO 1
Documentazione fotografica

Committente: Amm.ne Comunale di Pietrasanta
LOC. VERZALLA – MOLINI DI SANT'ANNA NEL COMUNE DI STAZZEMA (LU)

ATTREZZATURA UTILIZZATA



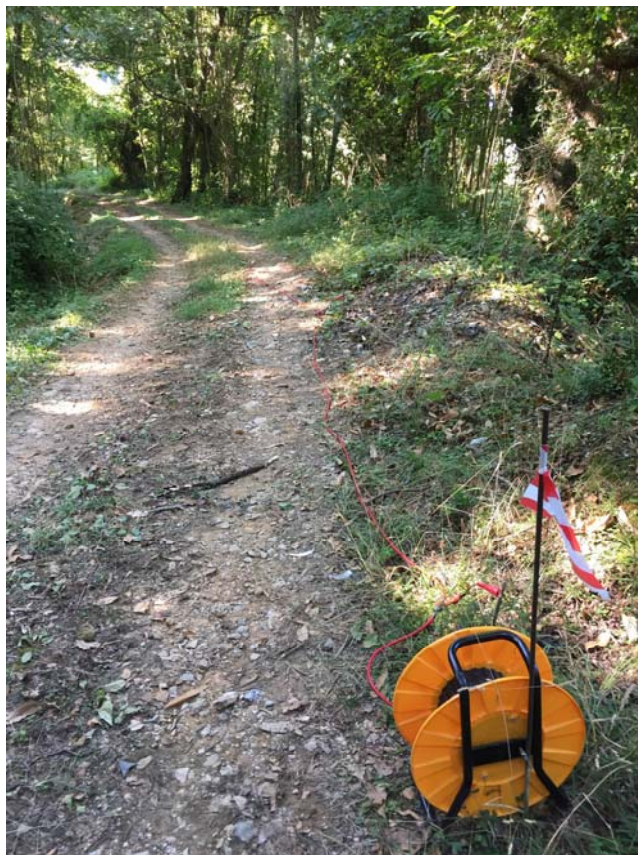
Committente: Amm.ne Comunale di Pietrasanta
LOC. VERZALLA – MOLINI DI SANT'ANNA NEL COMUNE DI STAZZEMA (LU)

TOMO 1



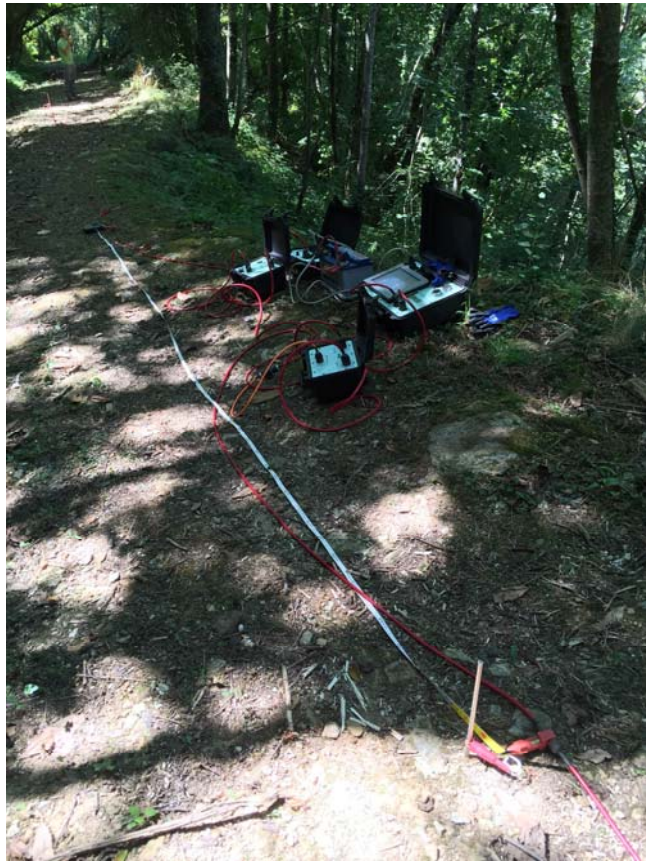
Committente: Amm.ne Comunale di Pietrasanta
LOC. VERZALLA – MOLINI DI SANT'ANNA NEL COMUNE DI STAZZEMA (LU)

TOMO 2



Committente: Amm.ne Comunale di Pietrasanta
LOC. VERZALLA – MOLINI DI SANT'ANNA NEL COMUNE DI STAZZEMA (LU)

TOMO 3



Committente: Amm.ne Comunale di Pietrasanta
LOC. VERZALLA – MOLINI DI SANT'ANNA NEL COMUNE DI STAZZEMA (LU)

TOMO 4

