

Collaborazione con INGV per “la ridefinizione delle Zone di Attenzione delle Faglie Attive e Capaci emerse dagli studi di microzonazione sismica effettuati da Università degli Studi dell’Insubria nel territorio Comunale di Rivodutri e Cantalice (Rieti – Lotto G), interessato dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016”

Allegato 4: Risultati preliminari indagini geofisiche

1 SOMMARIO

2	Metodologia	2
3	Elenco delle indagini.....	4
4	Risultati – Comune di Rivodutri.....	5
4.1	Piedicolle, zona trincea di Michetti et al. (1995)	5
4.2	Piedicolle, via Renara (OhmMapper)	7
4.3	Piedicolle, Via Peschiera	8
4.4	Piedicolle, Via Renara	9
4.5	Piedicolle, Via del prato.....	10
4.6	Piedicolle, Campi 1 e 2.....	11
4.7	Piedicolle, zona ovest.	13
4.8	Piedicolle, via Peschiera 47.....	14
4.9	Piedicolle, Chiesa	15
5	Risultati – Comune di Cantalice.....	15
5.1	San Liberato, Scuola Elementare.....	15

2 METODOLOGIA

ERT e OhmMapper

Nell’ambito del presente studio sono state realizzati degli stendimenti con le tecniche della tomografia elettrica (Electrical Resistivity Tomography - ERT) e della tomografia geoelettrica capacitiva (Capacitive-Coupled Resistivity Tomography – CCR). Di seguito si fornisce una breve descrizione delle due tecniche e le specifiche adottate per gli stendimenti eseguiti.

Electrical Resistivity Tomography - ERT: La tomografia elettrica è una tecnica geofisica che permette di rilevare variazioni di resistività del sottosuolo attraverso apposita strumentazione e in maniera del tutto non invasiva.

La misura di questo parametro avviene attraverso l’immissione di una corrente elettrica nel terreno tramite una coppia di elettrodi infissi sulla superficie la quale, attraversando il terreno sottostante, determina una differenza di potenziale che viene quindi rilevata ai capi di una seconda coppia di elettrodi, anch’essi in contatto diretto con il suolo. I valori di corrente circolante e quelli di potenziale conseguente sono misurati e memorizzati da una centralina.

Nella tomografia elettrica l’indagine viene effettuata con dispositivi multi-elettrodo, cioè utilizzando un set di elettrodi distribuiti lungo profili lineari sul terreno in modo da eseguire un elevato numero di misure. Un

programma di acquisizione presente nello strumento gestisce in maniera automatica la procedura di energizzazione, misura e registrazione dei dati.

I dati geoelettrici acquisiti sono stati quindi processati per eliminare eventuali misure fuori scala (dovute principalmente ad un cattivo accoppiamento tra elettrodo e terreno ovvero a bassi valori di corrente iniettata) e successivamente modellati utilizzando il software Res2Dinv della Geotomo, che ha permesso di elaborare delle sezioni bidimensionali rappresentanti la distribuzione in profondità del parametro di resistività elettrica del sottosuolo.

Coupled Resistivity Tomography – CCR: La geoelettrica capacitiva è una tecnica di prospezione geofisica che consente di acquisire dati di resistività elettrica del sottosuolo a piccole profondità in tempi molto rapidi. Il principio alla base di questo sistema è l'accoppiamento capacitivo, cioè il passaggio della corrente alternata attraverso un condensatore. Un cavo coassiale agisce come una delle piastre metalliche di un condensatore, mentre la superficie del terreno agisce come l'altra piastra. Questa tecnica, a differenza della tomografia elettrica classica ad accoppiamento galvanico, non prevede l'impiego di elettrodi: l'energizzazione del terreno, infatti, avviene attraverso un sistema di antenne (un trasmettitore e vari ricevitori) che operano con una frequenza di 16,5 kHz. Il grosso vantaggio, rispetto al metodo di tomografia elettrica classica, consiste nella velocità di acquisizione e nella possibilità di avere rapidamente indicazioni sulla presenza di cavità (aree resistive) o grosse discontinuità nel sottosuolo. Le misure vengono eseguite tramite un operatore che trascina lo strumento sul terreno da investigare lungo profili pressoché paralleli cercando di coprire in modo omogeneo tutta l'area di indagine. I dati acquisiti sono georiferiti grazie all'utilizzo congiunto di un GPS che consente pertanto di avere la posizione esatta dei tracciati eseguiti sul terreno di indagine. La configurazione utilizzata dallo strumento è assimilabile a quella di un dipolo-dipolo, molto sensibile alle variazioni orizzontali della resistività. Come per la tomografia elettrica classica, anche per gli strumenti ad accoppiamento capacitivo la profondità di investigazione dipende dalla geometria di acquisizione (array). Maggiore la lunghezza dei dipoli e la loro distanza rispetto al trasmettitore e maggiore sarà la profondità di investigazione raggiunta.

Nell'ambito della campagna geofisica condotta tra il 30 ottobre e il 4 dicembre c.a. sono stati eseguiti n. 5 profili di tomografia elettrica classica e n.1 profilo di tomografia elettrica capacitiva, con lo scopo di mappare la distribuzione della resistività elettrica del sottosuolo lungo sezioni 2D ed identificare l'eventuale presenza di contrasti elettrici sia verticali che sub-orizzontali riconducibili a potenziali strutture tettoniche sepolte. La resistività è una grandezza fisica, misurata in Ωm (ohm * metro), posseduta dai materiali che indica la resistenza incontrata dalla corrente elettrica nell'attraversarli. La distribuzione dei valori di resistività dipende da numerosi fattori sia geologici sia idrogeologici sia geotecnici come ad esempio variazioni litologiche, differente grado di compattazione, porosità e contenuto in acqua.

Le configurazioni elettroliche adottate sono il dipolo – dipolo e il Wenner-Schlumberger in modo da enfatizzare meglio sia passaggi elettrici verticali sia geometrie sub-orizzontali garantendo comunque una buona profondità di investigazione. Per la tomografia elettrica classica è stato impiegato un georesistivimetro monocanale Syscal R2 della IRIS Instrumentum equipaggiato con set di cavi a passo 2 m in grado di gestire sino ad un massimo di 64 elettrodi. Per quanto concerne la tomografia elettrica capacitiva è stato utilizzato il sistema OhmMapper della Geometrics equipaggiato con un set di 5 ricevitori dipolari ed un trasmettitore da 5 m in grado di mappare in maniera speditiva la resistività del sottosuolo sino ad una profondità di circa 6 m rispetto al p.c.

Le caratteristiche principali delle acquisizioni di tomografia elettrica classica sono state:

- spaziatura elettrodi: 1 m e 2 m;
- array: DD e WSH

Le caratteristiche principali delle acquisizioni di tomografia elettrica capacitiva sono state:

- 5 ricevitori dipolari da 5 m;
- distanza trasmettitore-ricevitore: 5 m e 10 m

Georadar

Per le indagini è stato impiegato un Sir4000 con antenna analogica con frequenza centrale pari a 200 MHz accoppiato ad un ricevitore GPS geodetico Topcon GB1000 (differenziale in Post Processing).

Le caratteristiche principali delle acquisizioni sono state:

- Range: 150 ns;
- Samples: 512;
- Acquisition rate: 40 scan/s;
- Dynamic: 32 bit.

3 ELENCO DELLE INDAGINI

Codice	Comune	Tipo	Ubicazione	Data	Note
PIE_ERT_20201030	Rivodutri	ERT	Piedicolle, zona trincea Michetti et al. 1995	30/10/2020	Dip-Dip e Wen-Schl, 64 elettrodi spaziatura 1 m
PIE_OHM_20201030	Rivodutri	OhmMapper	Piedicolle, via Renara	30/10/2020	Array: Dip-Dip, 5 ricevitori dipolari da 5 m
PIE_ERT_20201118	Rivodutri	ERT	zona W di Piedicolle	18/11/2020	Dip-Dip e Wen-Schl, 96 elettrodi spaziatura 2 m
PIE_GPR_13_20201030	Rivodutri	Georadar	Piedicolle	30/10/2020	200 Mhz
PIE_GPR_14_20201030	Rivodutri	Georadar	Piedicolle	30/10/2020	200 Mhz
PIE_GPR_16_20201030	Rivodutri	Georadar	Piedicolle	30/10/2020	200 Mhz

PIE_GPR_11_20201030	Rivodutri	Georadar	Piedicolle	30/10/2020	200 Mhz
PIE_GPR_12_20201030	Rivodutri	Georadar	Piedicolle	30/10/2020	200 Mhz
PIE_GPR_07_20201030	Rivodutri	Georadar	Piedicolle	30/10/2020	200 Mhz
PIE_GPR_08_20201030	Rivodutri	Georadar	Piedicolle	30/10/2020	200 Mhz
PIE_GPR_09_20201030	Rivodutri	Georadar	Piedicolle	30/10/2020	200 Mhz
PIE_GPR_10_20201030	Rivodutri	Georadar	Piedicolle	30/10/2020	200 Mhz
PIE_ERT_1_20201126	Rivodutri	ERT	Piedicolle, Chiesa	26/11/2020	Dip-Dip e Wen-Schl, 96 elettrodi
PIE_ERT_2_20201126	Rivodutri	ERT	Piedicolle, via Peschiera 47	26/11/2020	Dip-Dip e Wen-Schl, 64 elettrodi
SLI_ERT_20201204	Cantalice	ERT	Scuola elementare	04/12/2020	Dip-Dip e Wen-Schl, 64 elettrodi

4 RISULTATI – COMUNE DI RIVODUTRI

4.1 PIEDICOLLE, ZONA TRINCEA DI MICHETTI ET AL. (1995)

Alcune indagini sono state condotte in corrispondenza di una FAC segnalata in letteratura (trincea paleosismologica documentata in Michetti et al., 1995) e pertanto forniscono informazioni utili anche per tarare le diverse metodologie di indagine geofisica. Nel dettaglio, è stato realizzato uno stendimento ERT con array dipolo-dipolo e Wenner-Schlumberger, posizionando 64 elettrodi con spaziatura 1 metro (Figura 1). Il profilo, orientato circa N-S, di lunghezza pari a 64 m raggiunge una profondità di investigazione di circa 8 m per il dipolo dipolo e di 15 m per il Wenner – Schlumberger. La sezione 2D mostra, alla progressiva 35 m, un passaggio elettrico netto (indicato in Figura 1 con una freccia rossa) ed evidenziato dal passaggio da uno strato a maggiore resistività ($Res \geq 400 \Omega m$) nella porzione a nord ad uno strato a minore resistività ($Res \leq 20 \Omega m$) più a sud. Al di sopra di quest'ultimo, si riconosce uno strato a resistività leggermente maggiore ($Res \cong 80 \Omega m$) con spessore variabile da 1-2 m circa, che aumenta andando verso sud. In profondità invece, si intercetta una zona a maggiore resistività ($Res \geq 250 \Omega m$) che si sviluppa al di sotto del corpo a minore resistività che permette di vincolarne lo spessore (costante e pari a circa 2 m). Questi corpi a maggiore e minore resistività si interrompono verso nord, lungo il profilo, con un brusco passaggio di resistività caratterizzato da una chiara geometria sub-verticale.

Nella stessa posizione, sono stati acquisiti 4 profili georadar paralleli tra loro (Figura 2). In tutti i profili sono visibili dei repentini cambi di risposta nel segnale elettromagnetico (CR nelle figure seguenti). Questi cambi hanno dei limiti molto verticalizzati che potrebbero essere compatibili con uno scenario di faglia. Inoltre, quelli posti più a Nord nell'area indagata risultano allineati e compatibili con il risultato ottenuto dalla ERT eseguita nella stessa area (linea rossa e simbolo F). Anche nella parte a Sud esiste un allineamento di contatti fra mezzi con caratteristiche elettromagnetiche diverse che potrebbe essere compatibile con il termine (brutale) della zona conduttiva identificata nella prospezione geoelettrica (dipolo-dipolo).

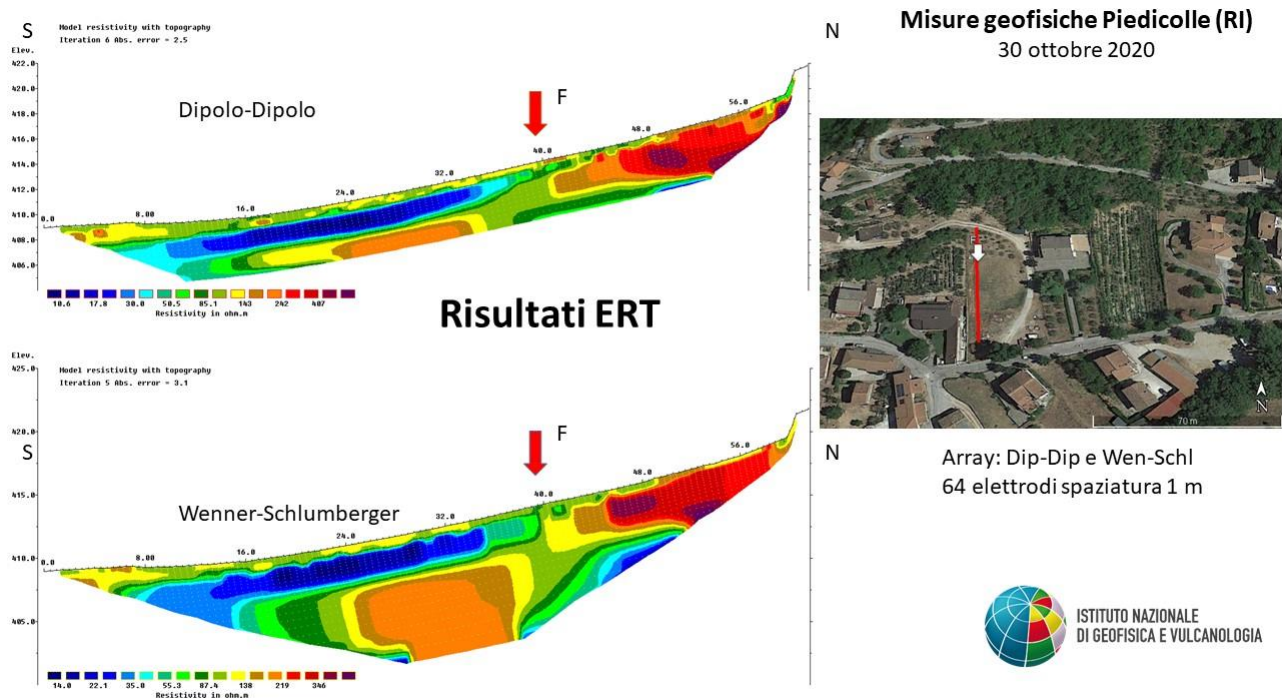


Figura 1: Risultati dello stendimento PIE_ERT_20201030 condotto in località Piedicolle il 30 ottobre 2020.

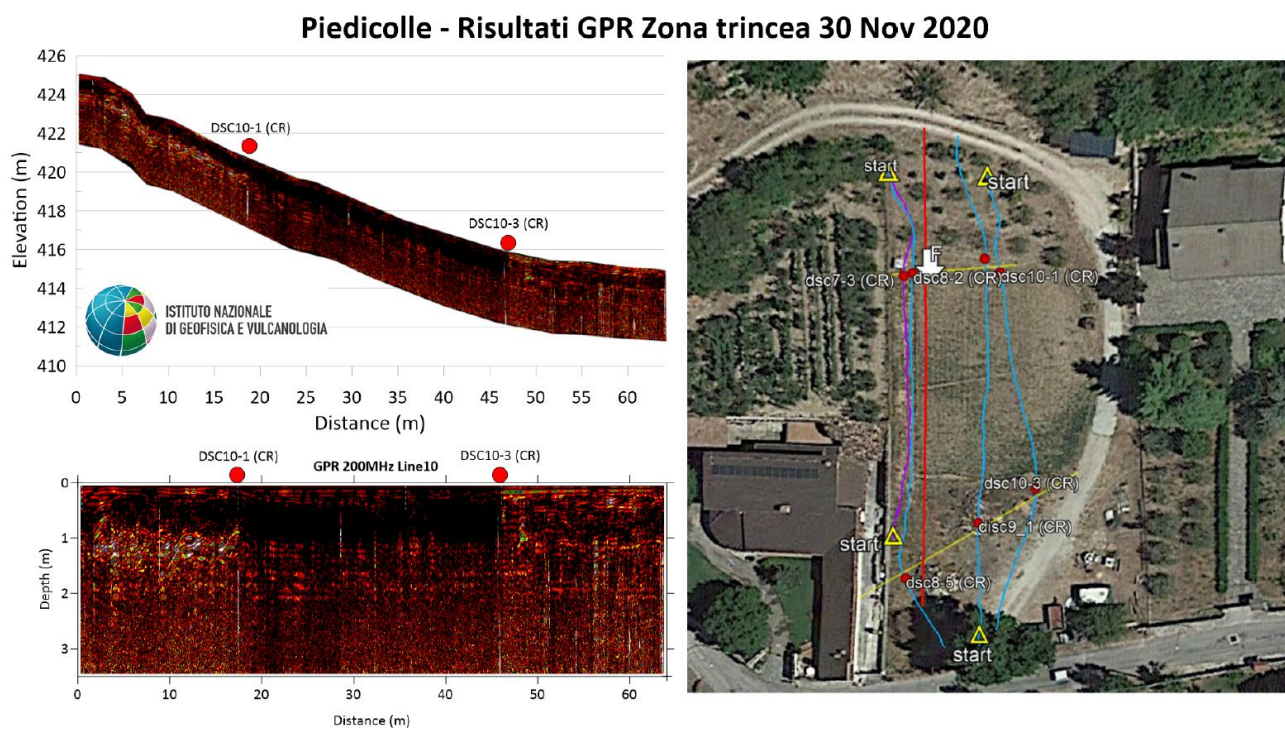
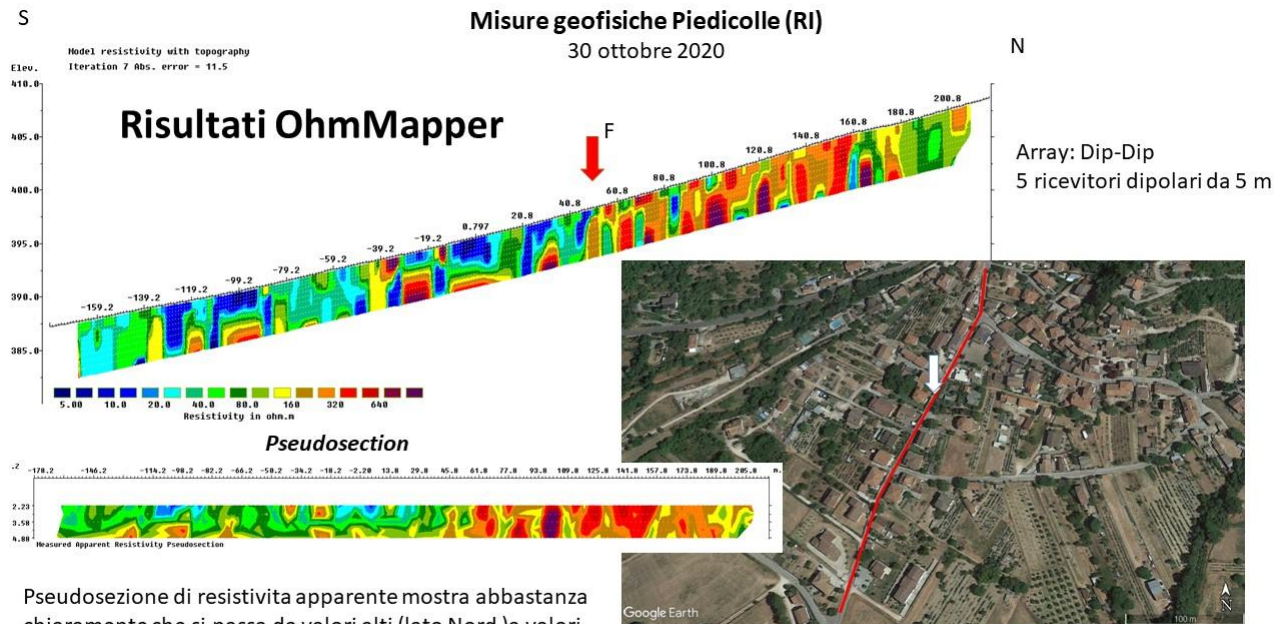


Figura 2: Risultati delle indagini georadar PIE_GPR_10_20201030 (4 linee), condotte in località Piedicolle il 30 ottobre 2020.

4.2 PIEDICOLLE, VIA RENARA (OHMMAPPER)

All'interno dell'abitato di Piedicolle, lungo via Renara, è stato realizzato uno stendimento mediante tecnica OhmMapper. Il dato risulta rumoroso e affetto da disturbi legati alla presenza di sottoservizi. Tuttavia, appare evidente una variazione nei valori di resistività tra il settore a Sud (resistività inferiore) e il settore a Nord (resistività più elevata). Le frecce in Figura 3 mostrano la posizione del passaggio di resistività, interpretato come la posizione della faglia.



Pseudosezione di resistività apparente mostra abbastanza chiaramente che si passa da valori alti (lato Nord) a valori più bassi di resistività apparente (lato Sud)



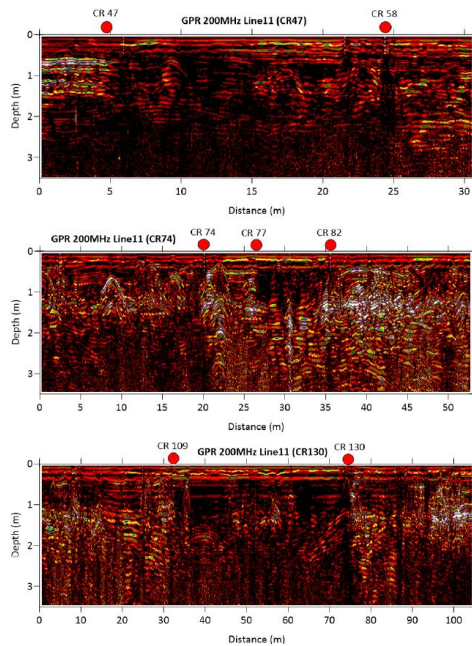
ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Figura 3: Risultati dello stendimento OhmMapper PIE_OHM_20201030 condotto in località Piedicolle il 30 ottobre 2020.

4.3 PIEDICOLLE, VIA PESCHIERA

Il rilievo GPR lungo via Peschiera (Figura 4) è stato realizzato in modalità continua con posizionamento GPS. Vengono rappresentati solo i tratti caratteristici dove sono stati identificati dei cambi di risposta che non fossero riconducibili ad un intervento antropico. Questa identificazione è stata resa molto complessa dall'innumerabile quantità di sottoservizi e segni di scavi presenti nella via. Ciononostante, si segnalano i tratti seguenti, per un possibile approfondimento delle indagini:

- CR74 che separa due risposte elettromagnetiche molto diverse;
- Il tratto compreso fra CR109-CR130 nel quale l'intervento antropico è minore e quindi i segnali riflessi sembrano maggiormente dipendenti dalla natura litologica del terreno.



ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Piedicolle - Risultati GPR Via Peschiera 30 Nov 2020

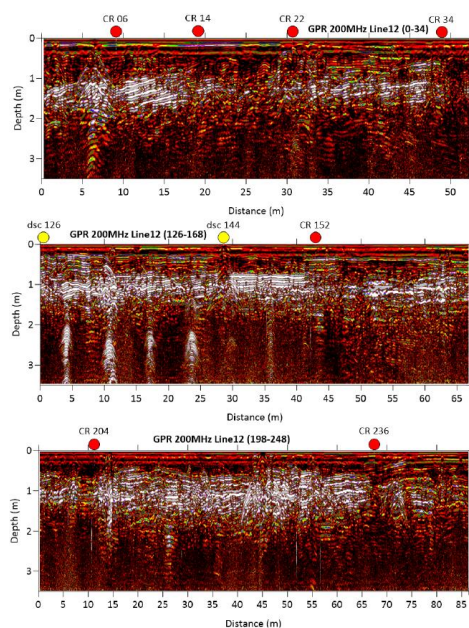


Figura 4: Risultati dell'indagine georadar PIE_GPR_11_20201030 condotta in località Piedicolle – via Peschiera il 30 ottobre 2020.

4.4 PIEDICOLLE, VIA RENARA

Analogamente alla precedente via sono stati scelti arbitrariamente alcuni tratti caratteristici ma la situazione risulta più complessa di via Peschiera. Sono presenti innumerevoli sottoservizi e connessioni fra questi che rendono l'interpretazione del dato radar ai fini del progetto piuttosto azzardato. Nei tratti presentati:

- PIE_GPR_12_20201030 (0-34): fra CR6 e CR14 si registrano riflessioni provenienti probabilmente da un blocco compatto caratterizzato però da una giacitura angolata. Esistono però anche altre possibili spiegazioni per un segnale di questo tipo;
- PIE_GPR_12_20201030 (126-168): fra i punti dsc144 e CR152 si registrano segnali molto simili ai precedenti ma con giacitura sub-orizzontale;
- PIE_GPR_12_20201030 (198-248): il tratto compreso fra CR204 e CR236 sembrerebbe mostrare una serie di ribassamenti dell'elemento riflettente sub-superficiale caratterizzati inoltre da giaciture inclinate dei singoli tratti ribassati.



Piedicolle - Risultati GPR Via Renara 30 Ott 2020



Figura 5: Risultati dell'indagine georadar PIE_GPR_12_20201030 condotta in località Piedicolle – via Renara il 30 ottobre 2020.

4.5 PIEDICOLLE, VIA DEL PRATO

Presenta meno disturbo “antropico” nella porzione superficiale e viene rappresentata per intero. Risulta interessante l’analogia sul cambio di risposta elettromagnetica del mezzo al passaggio identificato come CR16 con quello rappresentato al punto CR130 di via Peschiera.

Anche la sequenza CR60-dsc68-dsc78 risulta leggermente “anomala” rispetto alla risposta media del terreno in quel tratto.



ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Piedicolle - Risultati GPR Via del prato 30 Ott 2020

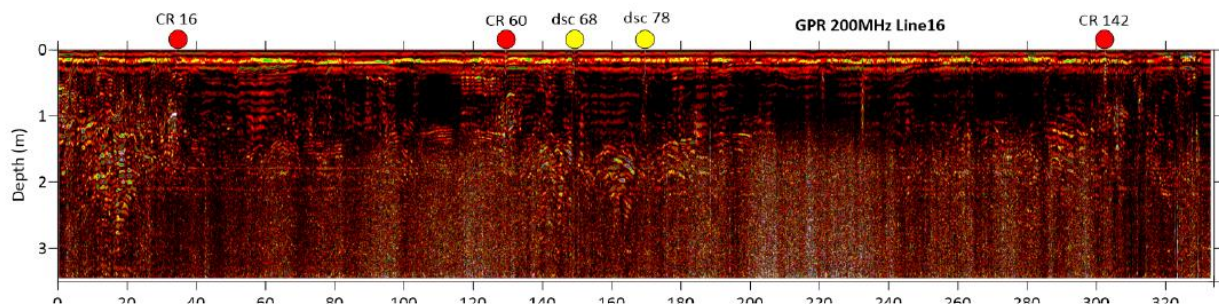


Figura 6: Risultati dell'indagine georadar PIE_GPR_16_20201030 condotta in località Piedicolle – via del Prato il 30 ottobre 2020.

4.6 PIEDICOLLE, CAMPI 1 E 2

In aggiunta alle indagini programmate sono stati effettuati due profili su due campi accessibili dalla via Tostoni e posti nelle vicinanze di via Renara. In essi la propagazione del segnale ottenuta è decisamente limitata (poco più di 1 m) probabilmente a causa della forte umidità trattenuta dal terreno a forte matrice argillosa.

Entrambi i profili mostrano la presenza di un orizzonte maggiormente riflettente a partire dai punti Cr75 (Campo 2) e CR 10 (Campo 1). Questo orizzonte presenta molteplici piccole discontinuità verticali, alcune delle quali, da dsc33 a dsc49 (Campo2) e da dsc38 a dsc52 (Campo1), sembrano avere una coerenza laterale di posizione e di risposta elettromagnetica.

Ovviamente trattandosi di elementi così superficiali e di piccole dimensioni potrebbero rappresentare degli artefatti dovuti alle attività antropiche su tali campi oppure delle piccole fratture di assestamento del terreno.



ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Piedicolle - Risultati GPR Campi 1 e 2 30 Ott 2020

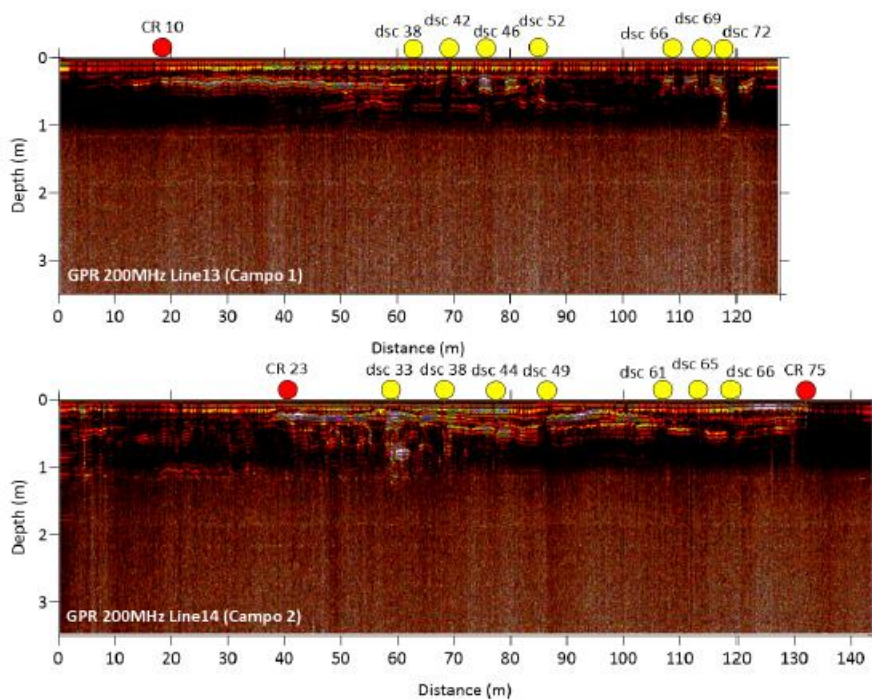
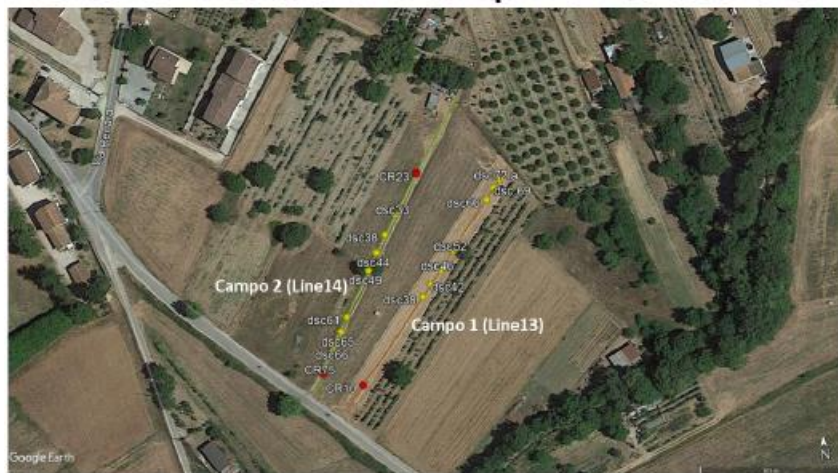


Figura 7: Risultati delle indagini georadar PIE_GPR_13_20201030 e PIE_GPR_14_20201030, condotte in località Piedicolle il 30 ottobre 2020.

4.7 PIEDICOLLE, ZONA OVEST.

Un ulteriore stendimento ERT è stato realizzato il 18 novembre 2020, con array dipolo-dipolo e Wenner-Schlumberger, usando 96 elettrodi con spaziatura di 2 m.

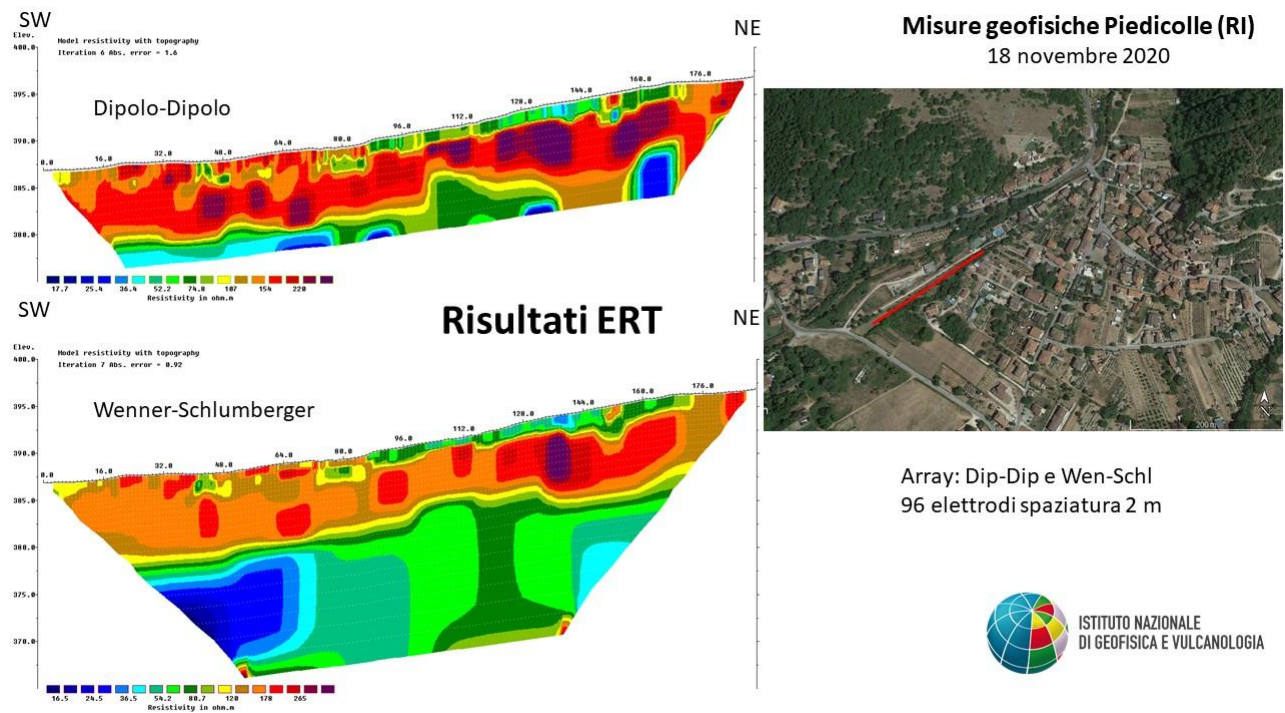


Figura 8: Risultati dello stendimento PIE_ERT_20201118 condotto in località Piedicolle il 18 novembre 2020.

4.8 PIEDICOLLE, VIA PESCHIERA 47

Uno stendimento ERT è stato realizzato il 26 novembre 2020 in via Peschiera 47, con array dipolo-dipolo e Wenner-Schlumberger, usando 64 elettrodi con spaziatura di 2 m.

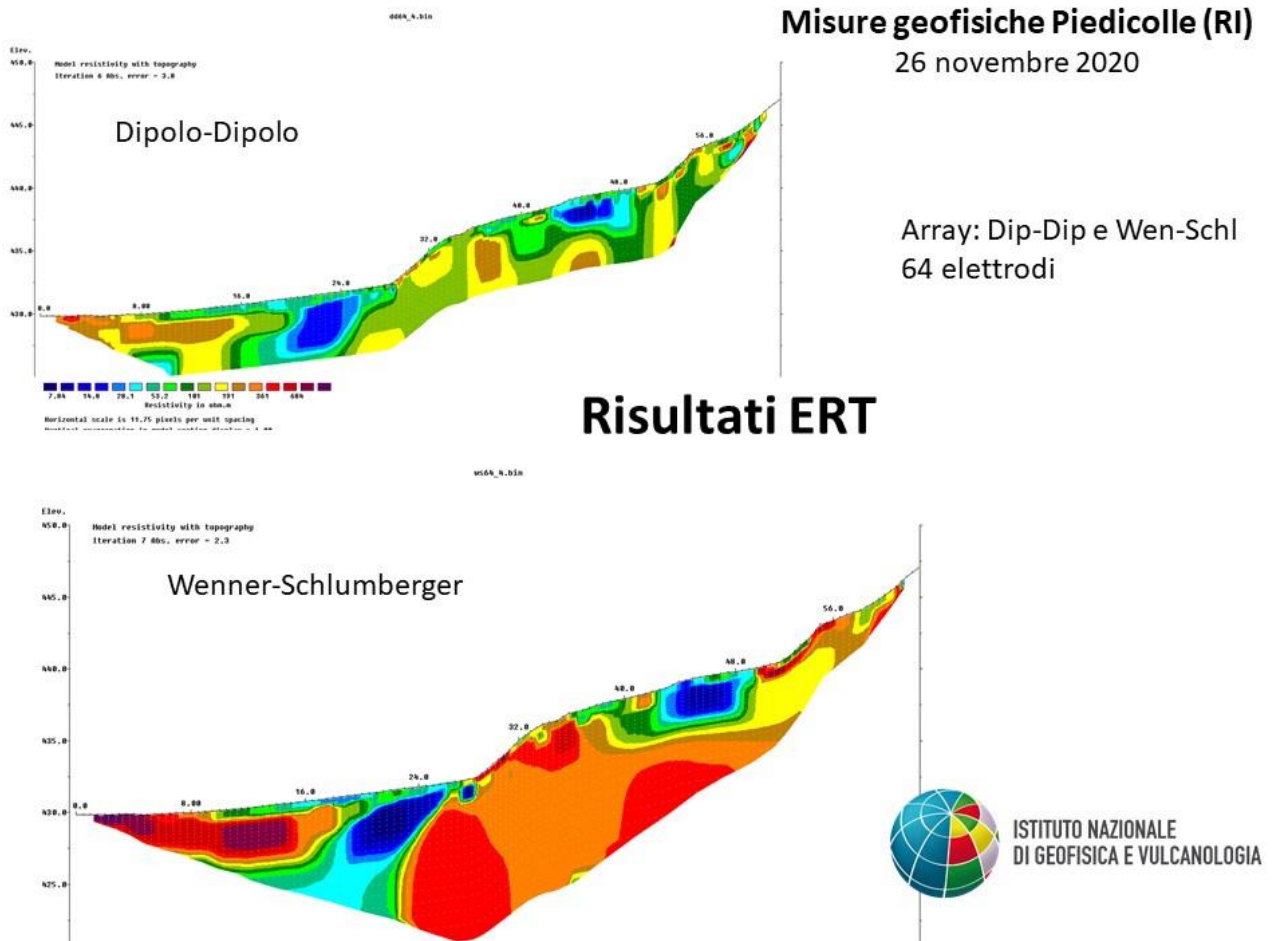


Figura 9: Risultati dello stendimento ERT PIE_ERT_2_20201126 condotto in località Piedicolle il 26 novembre 2020.

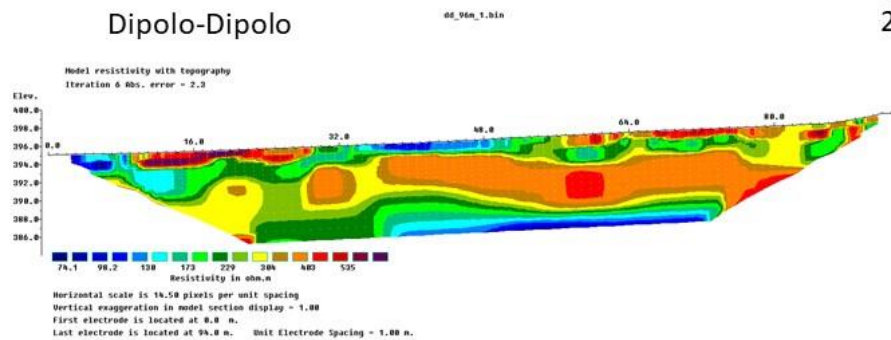
4.9 PIEDICOLLE, CHIESA

Uno stendimento ERT è stato realizzato il 26 novembre 2020 nei pressi della Chiesa di Piedicolle, con array dipolo-dipolo e Wenner-Schlumberger, usando 96 elettrodi con spaziatura di 2 m.

Misure geofisiche Piedicolle (RI)

26 novembre 2020

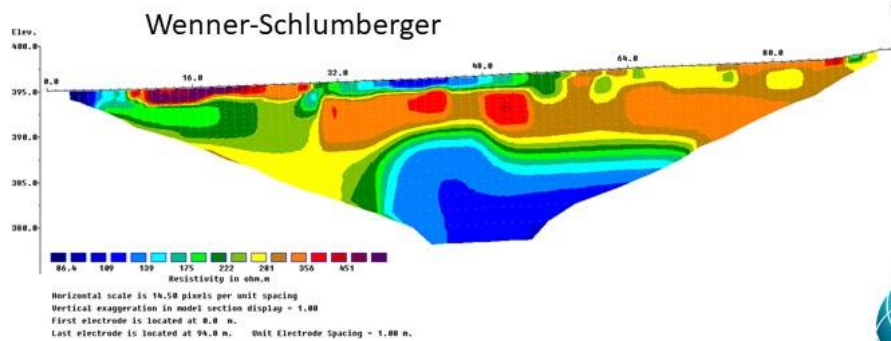
Zona Chiesa



Risultati ERT

Array: Dip-Dip e Wen-Schl

96 elettrodi spaziatura 2 m



ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Figura 10: Risultati dello stendimento ERT PIE_ERT_1_20201126 condotto in località Piedicolle (Chiesa) il 26 novembre 2020.

5 RISULTATI – COMUNE DI CANTALICE

5.1 SAN LIBERATO, SCUOLA ELEMENTARE.

Uno stendimento ERT è stato realizzato il 4 dicembre 2020 nei pressi della Scuola Elementare, con array dipolo-dipolo e Wenner-Schlumberger, usando 64 elettrodi con spaziatura di 2 m.

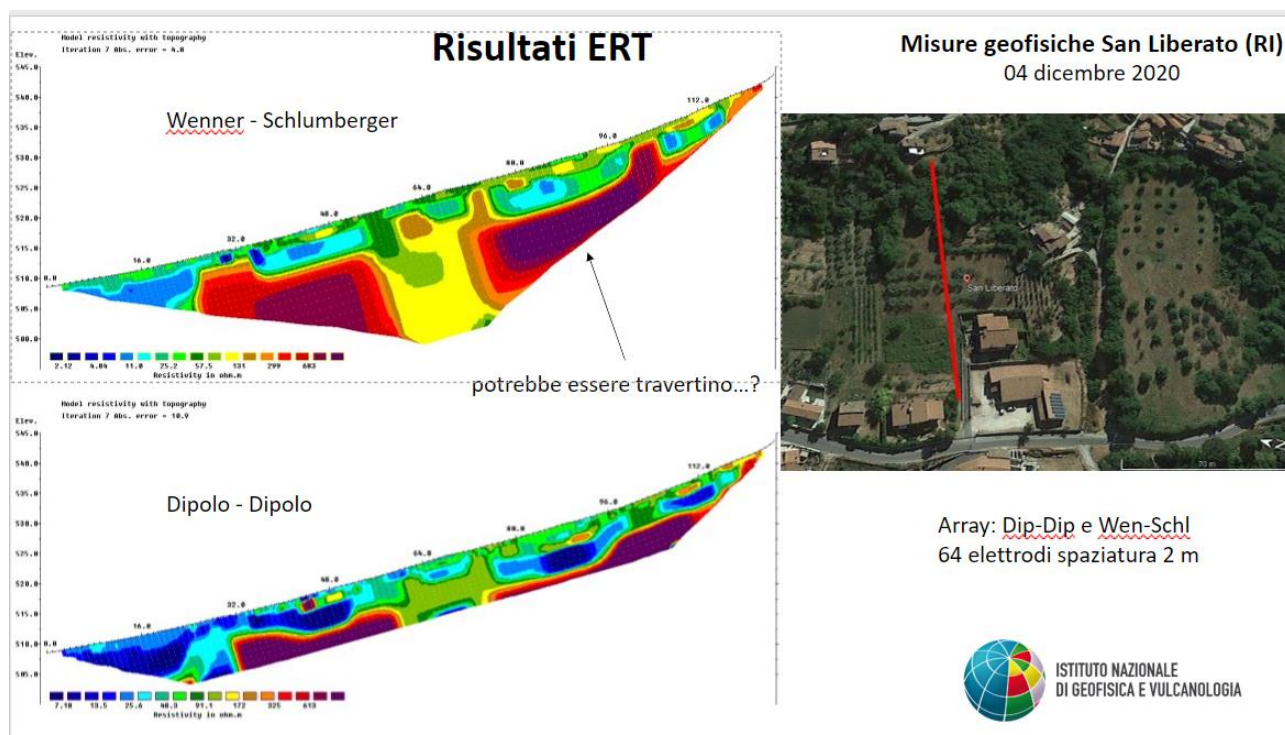


Figura 11: Risultati dello stendimento ERT SLI_ERT_20201204 condotto in località San Liberato (Scuola Elementare) il 4 dicembre 2020.