

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PISA  
FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI



**Corso di Laurea Specialistica in  
Geofisica di Esplorazione ed Applicata**



Anno Accademico 2010/11

Candidato: **Bernarotti Marco**  
Laurea triennale in: **Scienze Geologiche**

Titolo della tesi

Applicazione di metodi alle onde superficiali (MASW) e  
di geoelettrica 3D per lo studio di un rilevato arginale

Relatore: **Marchisio Mario**  
Correlatore: **Morelli Gianfranco**

Controrelatore: **Maurizio Lualdi**

Riassunto

L'argomento di tesi nasce dall'osservazione che le condizioni di stabilità degli argini fluviali costituiscono uno dei maggiori problemi ambientali di cui le regioni devono occuparsi.

Buona parte delle reti fluviali sono caratterizzate da condizioni di "pensilità" naturali: il livello nel corso d'acqua, naturale o artificiale, può trovarsi permanentemente o solo temporaneamente a quote più elevate della quota media del terreno immediatamente circostante, rendendo così indispensabile la presenza di argini di contenimento idraulico. La sicurezza di queste strutture deve essere costantemente assicurata, poiché le rotte fluviali costituiscono una condizione di pericolo spesso associata a danni estremamente rilevanti sia in termini economici sia di vite umane. Le condizioni di stabilità degli argini dipendono sia dall'entità del dislivello idraulico che viene a crearsi e dalle sue variazioni nel tempo, sia dalle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni utilizzati per la realizzazione degli argini stessi e le loro eventuali variazioni nel tempo a seguito di processi d'alterazione, di degradazione e di filtrazione. Il controllo delle condizioni di stabilità degli argini, costituisce, quindi, un aspetto fondamentale nella gestione delle reti idrauliche naturali in conseguenza proprio della variabilità temporale delle condizioni al contorno e delle caratteristiche intrinseche dei terreni presenti. A partire da luglio 2010 sono state svolte una serie di misure su un tratto di argine del fiume Arno insieme alla collega Fracassa, con diversi sistemi elettromagnetici induttivi (Profiler EMP – 400 ed EM-31) al fine di verificare se questo dispositivo fosse adatto a riconoscere in maniera rapida e sufficientemente accurata una stratigrafia di massima del rilevato arginale ed eventuali discontinuità all'interno dello stesso. Successivamente si è cercato di intraprendere un lavoro più specifico attraverso un'indagine geoelettrica 2D e 3D volta al riconoscimento di anomalie più consistenti con l'aumento di profondità, ed infine sono state svolte

indagini di sismica superficiale MASW volta a definire il campo di velocità nel rilevato.

Questo lavoro di tesi si articola in tre parti principali. Dopo una rapida consultazione dei dati bibliografici volti a definire le problematiche che possono insorgere per la stabilità di un rilevato arginale quali sormonto, sifonamento, franamento erosione da parte di animali ci si è concentrati sugli aspetti teorici del metodo geoelettrico 3D e masw al fine di capire come la velocità delle onde di taglio e la resistività si comportassero sulla struttura a causa delle diverse caratteristiche di porosità, infiltrazione contenuto in argilla presente nell'argine. Come ultima parte ci siamo concentrati sulla descrizione dei metodi di acquisizione svolti ed sull'elaborazione dei dati.

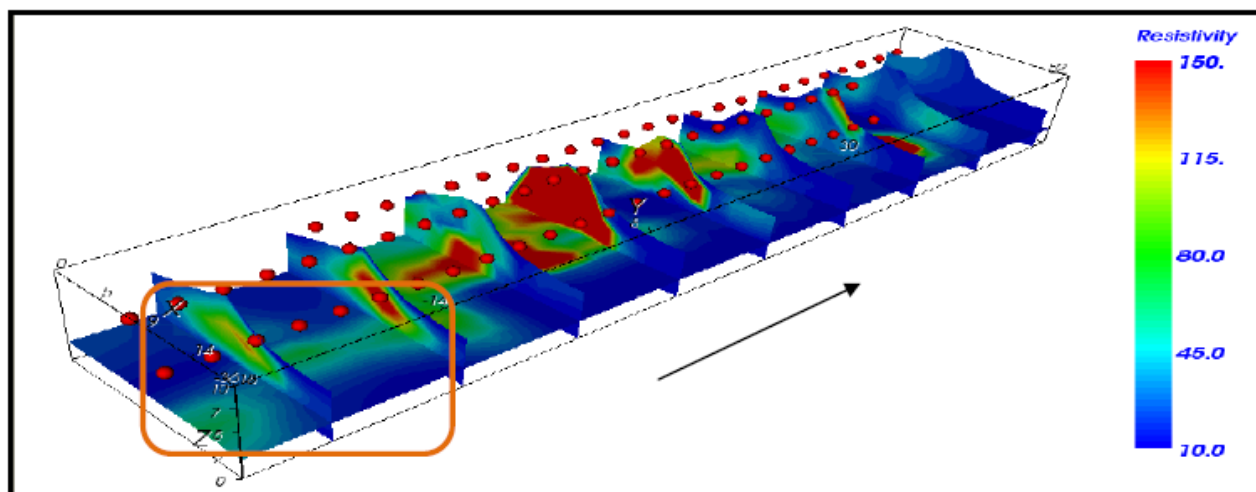
Per la geoelettrica 3D prima della fase di acquisizione sono state svolte delle prove creando modelli di argine omogenei e eterogenei al fine di capire quale fosse la geometria quadripolare più idoneo, basandoci sulla funzione *sensitivity* volta a definire tramite la propagazione delle linee di flusso le variazioni di resistività sia verticali ma soprattutto orizzontali. Per il metodo masw invece dopo un accurata consultazione dei vari metodi di acquisizione tratti dalla bibliografia inerenti a casi di studio simili abbiamo deciso di adottare delle spaziature tra geofoni e un passo di campionamento idoneo per cercare di ricostruire al meglio l'argine.

I risultati di tale indagine mostrano per i dati di geoelettrica 3D (elaborati tramite software ERT\_Lab) acquisiti in due zone differenti dell'argine due condizioni differenti:

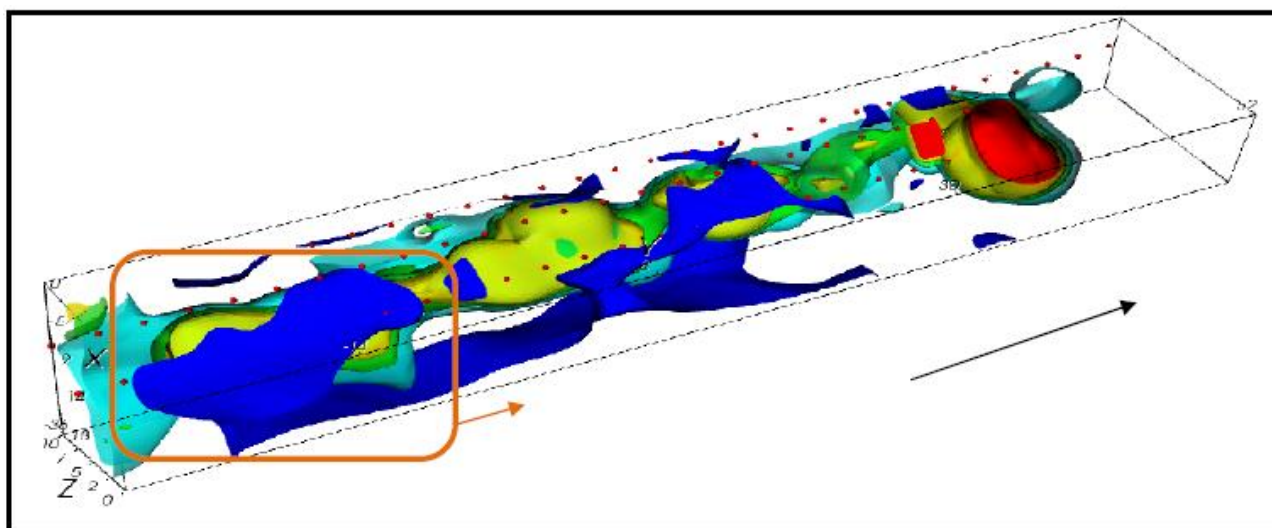
- Nel primo tratto da -36 a 52 metri (con spaziatura tra gli elettrodi di tre metri acquisiti con sistema quadripolare polo dipolo a 72 elettrodi) viene riconosciuta l'anomalia conduttiva presente a lato della casa con prolungamento in direzione dell'allungamento dell'argine con probabile infiltrazione e deflusso sempre nella stessa direzione.
- Nel secondo tratto da 220 a 436 metri (con spaziatura tra gli elettrodi di due metri acquisiti tramite roll-along con sovrapposizione di 7 elettrodi con sistema quadripolare polo dipolo a 72 elettrodi) si riconosce specialmente nell'intersezione tra i piani XZ e YZ l'alternanza tra sedimento conduttivi e resistivi congrui con la rappresentazione bibliografica consultata riferita alla messa in posto di un argine artificiale.

Per quanto riguarda i risultati raccolti tramite indagine Masw (elaborati tramite software Swan) anche in questo caso abbiamo analizzato due zone diverse dell'argine cercando di indagare la stessa area acquisita tramite indagine geoelettrica 3D al fine di raccogliere informazioni per un possibile confronto.

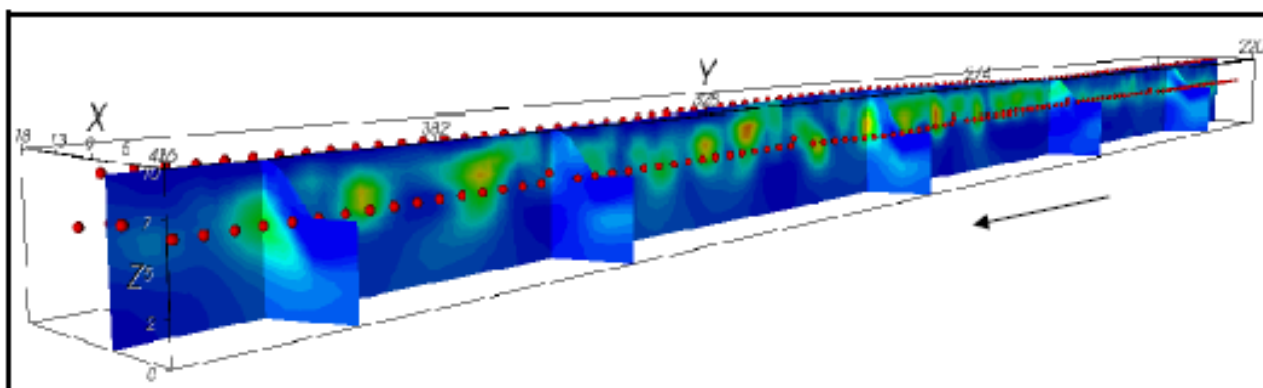
Le due aree da 0 a 186 metri e da 220 a 424 metri sono state acquisite nel medesimo modo (cavo multicanale con spaziatura tra gli elettrodi di 2 metri ed esecuzione di roll-along con sovrapposizione di 5 geofoni). L'elaborazione dei segnali acquisiti è stata differente in quanto si è cercato di indagare due aree differenti del sottosuolo in modo da estrapolare più informazioni possibili; ciò è stato possibile attraverso l'analisi degli spettri  $f_k$  in cui attraverso l'analisi del solo modo fondamentale l'indagine è stata indirizzata verso un target di profondità crescente a discapito di una minore risoluzione in superficie mentre l'analisi e il riconoscimento di eventuali modi superiori di Rayleigh ha permesso un'indagine a più alta risoluzione negli strati più superficiali.



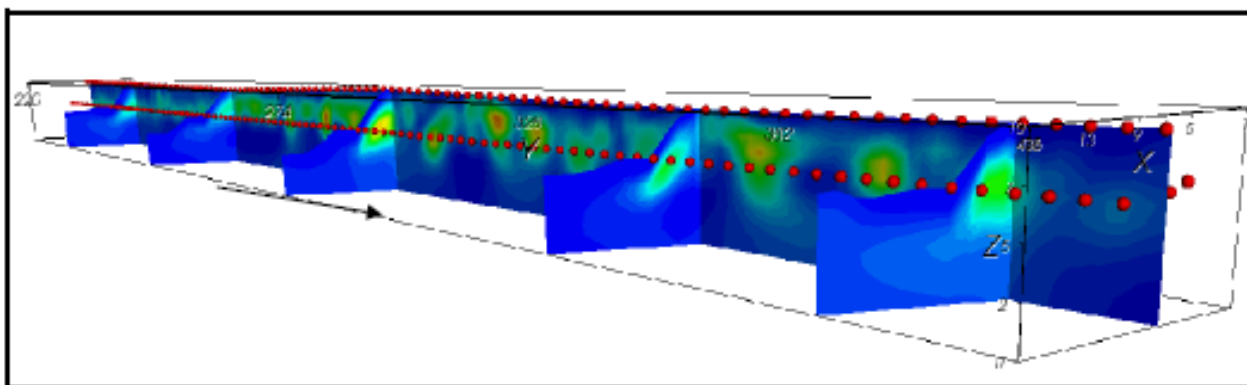
**Fig. 1:** sezioni lato strada parallele XZ incrociate con il piano XY=2. In evidenza la direzione di acquisizione e la zona considerata come anomalia conduttiva



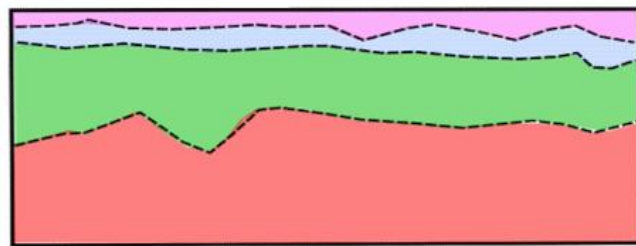
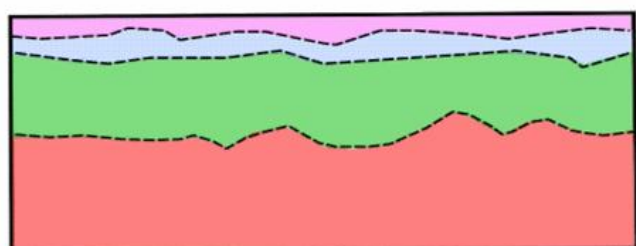
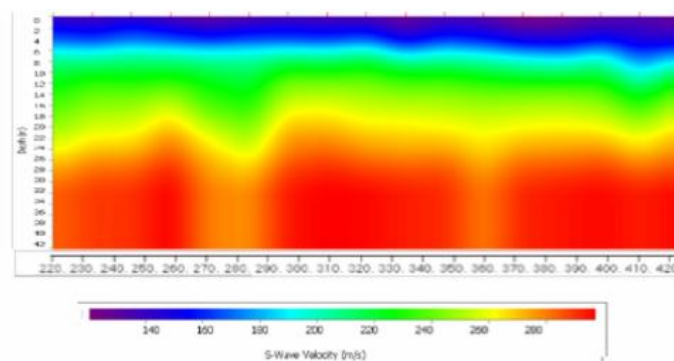
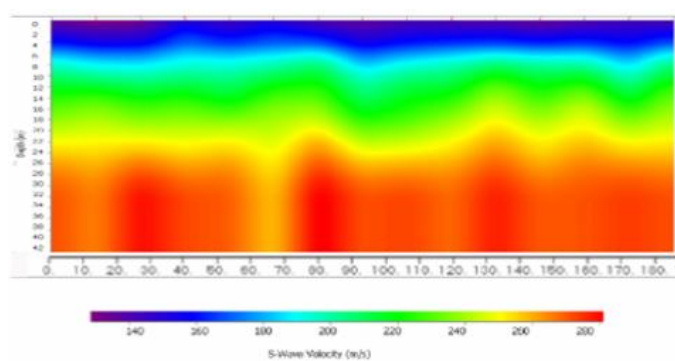
**Fig. 2:** isosuperfici lato strada con indicata oltre la direzione di acquisizione anche la direzione di deflusso delle acque e la zona considerata come anomalia conduttiva.



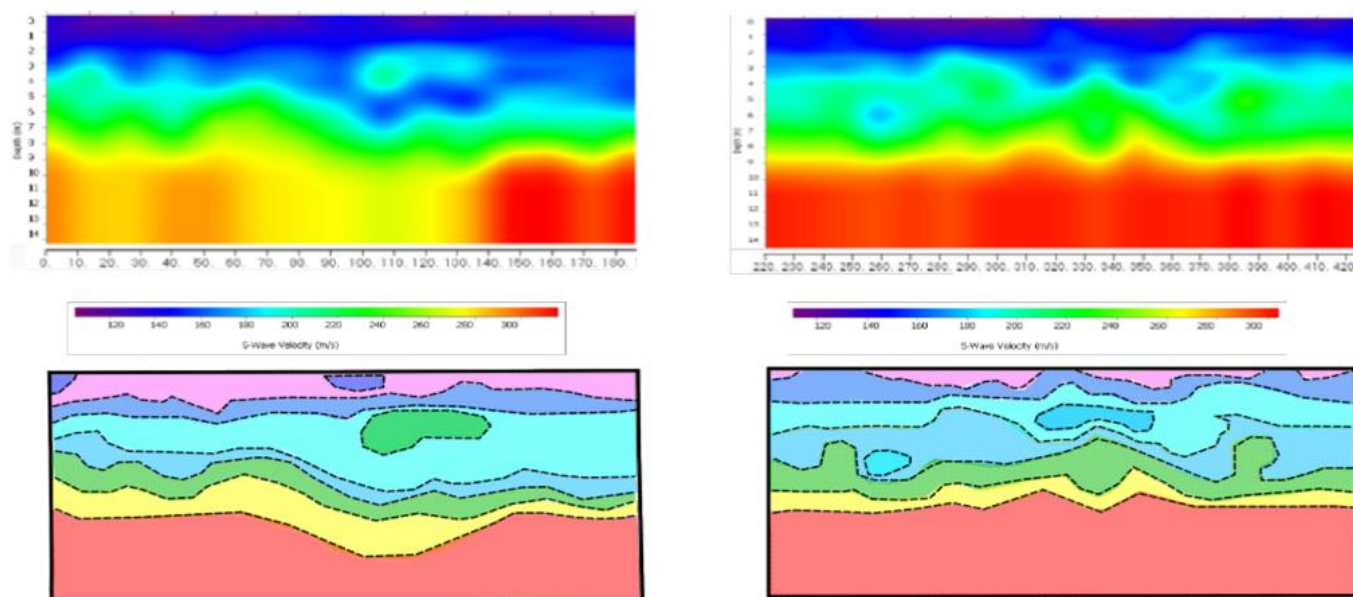
**Fig. 3:** sezioni rivolte verso la fiume date dall' intersezione tra diversi piani XZ disposti secondo un certo angolo e il piano YZ=7. E' indicata la direzione di acquisizione.



**Fig. 4:** sezioni rivolte verso la strada date dall' intersezione tra diversi piani XZ disposti secondo un certo angolo e il piano YZ=7. E' indicata la direzione di acquisizione.



**Fig. 5:** Creazione di un modello sismostratigrafico della variazione della velocità Vs del terreno indagato da paragonare al profilo 2D create unendo i vari profili elaborati con il riconoscimento del solo modo fondamentale.



**Fig. 6:** Creazione di un modello sismostratigrafico della variazione della velocità  $V_s$  del terreno indagato da paragonare al profilo 2D create unendo i vari profili elaborati con il riconoscimento oltre che del modo fondamentale anche del primo modo superiore.