UNIVERSITÀ DI PARMA

CIDEA CENTRO INTERDIPARTIMENTALE PER L'ENERGIA E L'AMBIENTE

# Sistema di tomografia elettrica a resistività per imaging del sottosuolo

È stato sviluppato un sistema compatto e a basso costo per tomografia elettrica a resistività, destinato ad applicazioni di ricerca, didattica avanzata e indagini geofisiche su piccola scala. Il dispositivo consente di acquisire misure ERT mediante una piattaforma elettronica personalizzabile basata su Arduino Due, convertitore analogico-digitale a 16 bit, circuiti di condizionamento del segnale e multiplexing elettronico degli elettrodi. La tecnologia permette di configurare sequenze di misura, numero di ripetizioni, acquisizioni forward/reverse, frequenza di campionamento e ritardi tra misure successive. Rispetto ai sistemi commerciali, spesso costosi e poco modificabili, il sistema proposto offre maggiore flessibilità, dimensioni ridotte e possibilità di adattamento a specifici scenari sperimentali o applicativi.

***"Imaging non invasivo del sottosuolo tramite misure di resistività elettrica"***

| | |
|---|---|
| **Laboratorio** | CIDEA |
| **Area di specializzazione** | Energia e Sostenibilità |
| **Referenti** | Andrea Zanini |
| **Keyword** | Idrogeologia, Tomografia elettrica resisitiva, Imaging sottosuolo, Sensori |

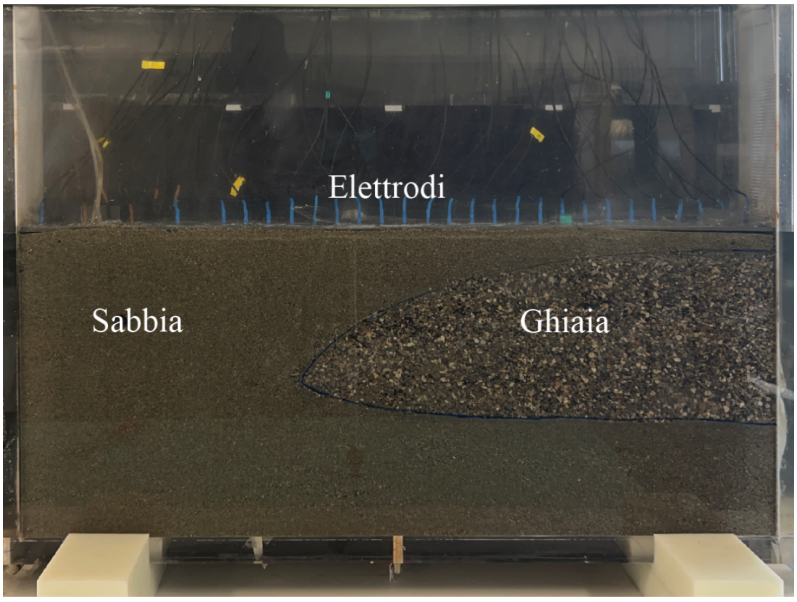



*Fig. 1: Setup sperimentale con elettrodi in sandbox*

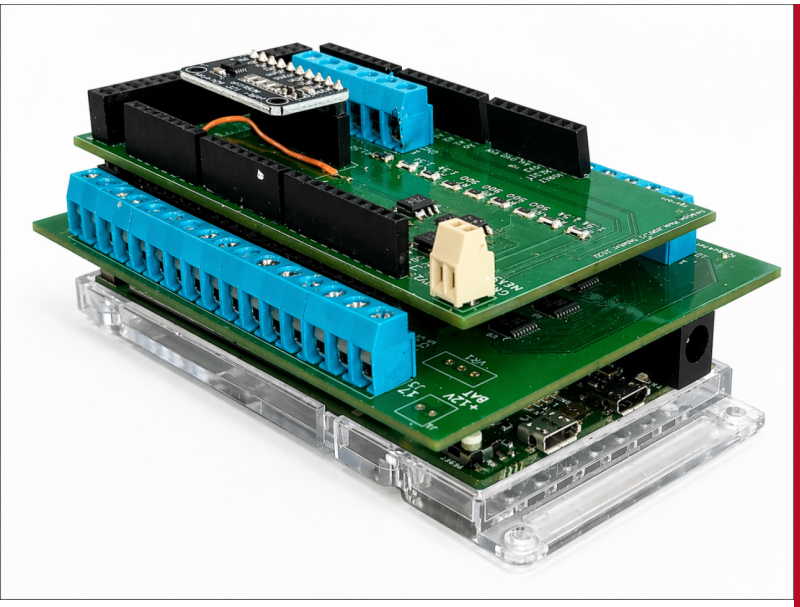


*Fig. 2: Sistema hardware sviluppato per misure ERT*

## Descrizione

Il sistema sviluppato è uno strumento di misura DC per tomografia elettrica a resistività, progettato per acquisire dati da array multielettrodo e ricostruire la distribuzione della resistività apparente del mezzo investigato. L'architettura hardware integra una scheda Arduino Due con microcontrollore Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3, un convertitore ADC ADS1115 a 16 bit e due shield custom per il condizionamento del segnale e la selezione automatica degli elettrodi. La selezione degli elettrodi avviene tramite multiplexing elettronico allo stato solido, evitando l'uso di relè elettromeccanici. Questa scelta riduce ingombro, peso e complessità del sistema, aumentandone la portabilità e la scalabilità. Il dispositivo può gestire configurazioni con 32 elettrodi e può essere adattato a differenti geometrie di misura o ampliato per applicazioni multidimensionali.
Il firmware consente all'utente di impostare array di misura, numero di ripetizioni, frequenza di acquisizione, tempi di attesa e misure inverse. Le acquisizioni forward e reverse sono utilizzate per stimare l'errore reciproco, ridurre effetti sistematici e migliorare l'affidabilità dei dati. I dati vengono trasmessi via USB a un PC e successivamente elaborati per calcolare resistenza, resistività apparente e pseudo-sezioni 2D.

## Aspetti innovativi

Il sistema sviluppato introduce un approccio innovativo rispetto alle soluzioni commerciali grazie all'utilizzo di componenti a basso costo e facilmente reperibili. L'architettura è basata su microcontrollore Atmel SAM3X8E basato su un core ARM Cortex-M3 a 32 bit con convertitore ADC a 16 bit e sistemi di multiplexing elettronico, eliminando l'uso di relè elettromeccanici.
La flessibilità è garantita da firmware configurabile, che consente di definire sequenze di misura, frequenza di acquisizione e numero di elettrodi. Inoltre, l'integrazione di misure forward e reverse permette di ridurre gli errori sistematici e migliorare l'affidabilità dei dati. Il sistema è compatto, portatile e facilmente espandibile, risultando adatto a contesti di ricerca e didattica.

## Applicazioni

La tecnologia ERT trova applicazione in diversi ambiti:
- caratterizzazione geologica e geotecnica
- monitoraggio delle acque sotterranee
- rilevamento di contaminazioni
- indagini archeologiche
- studio di frane e instabilità

La possibilità di configurare diversi array di elettrodi consente di adattare la tecnica a specifici scenari di indagine.

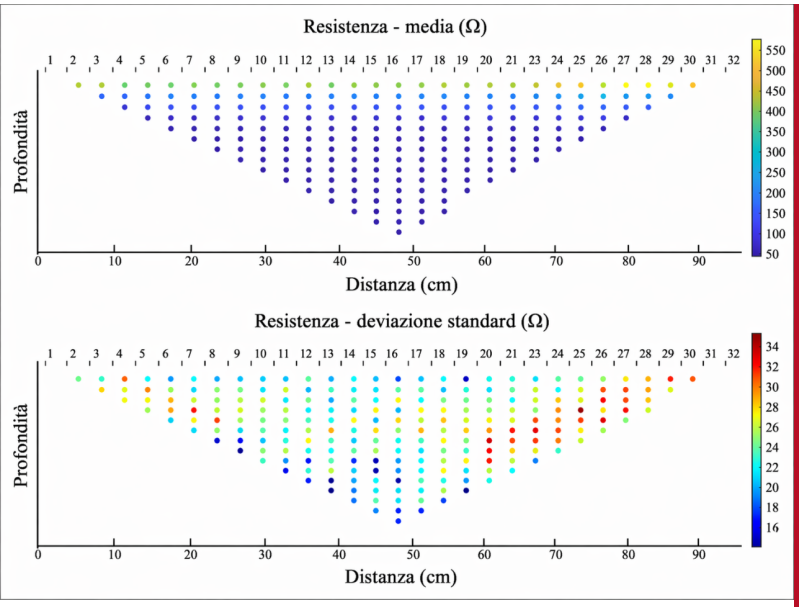



*Fig. 3: Distribuzione della resistenza media e della relativa deviazione standard ottenuta dalle misure ERT*

| | |
|---|---|
| **Partner coinvolti** | Università di Parma |
| **Tempi di realizzazione** | 12 mesi |
| **Livello di maturità tecnologica** | TRL 6 - tecnologia dimostrata in ambiente rilevante |
| **Valorizzazione applicazione** | Sistema a basso costo, flessibile e scalabile per ricerca, didattica e monitoraggio ambientale |

# Esempio di applicazione

**La tecnologia è stata applicata all'imaging di mezzi porosi saturi in scala di laboratorio, con l'obiettivo di valutare la capacità del sistema di individuare variazioni spaziali di resistività riconducibili alla presenza di materiali differenti. L'applicazione ha riguardato molteplici configurazioni rappresentative di scenari tipici di indagini geofisiche e idrogeologiche con particolare attenzione a un mezzo sabbioso con lente di ghiaia e un mezzo sabbioso omogeneo con barriera non conduttiva.**

Il sistema è stato impiegato con 32 elettrodi in lega di rame, distanziati di 3 cm, secondo configurazione Wenner-Schlumberger. Per ogni profilo sono stati acquisiti 225 punti di misura, con acquisizioni forward e reverse ripetute, permettendo la valutazione della qualità e della ripetibilità del dato.
Nel caso della lente di ghiaia, il sistema ha evidenziato variazioni di resistenza coerenti con l'eterogeneità del mezzo. Nel caso della barriera non conduttiva, la tecnologia ha rilevato un forte aumento della resistenza in corrispondenza della discontinuità, dimostrando la capacità di individuare materiali a elevato contrasto elettrico. Il confronto con uno strumento commerciale ha mostrato un accordo molto elevato tra le misure, con coefficiente di determinazione $R^2 = 0,999$, confermando l'affidabilità del dispositivo sviluppato.

UNIVERSITÀ DI PARMA

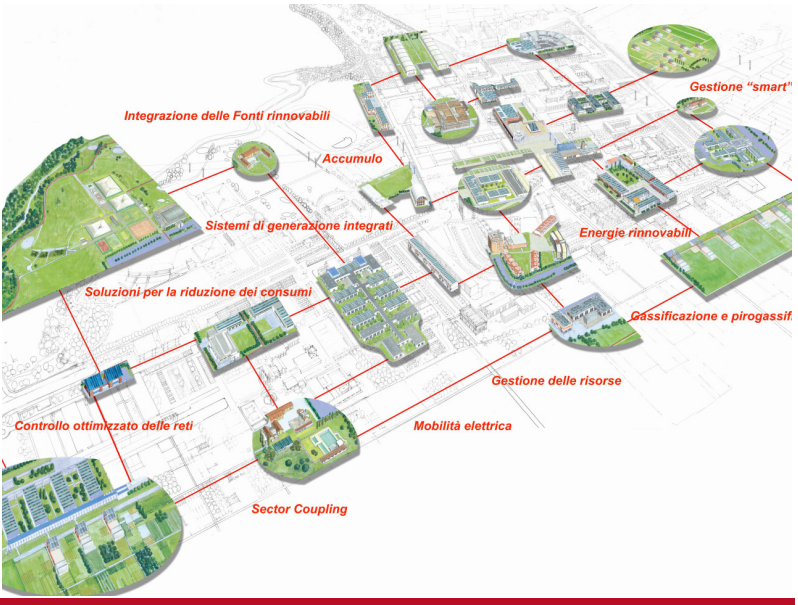
cidea CENTRO INTERDIPARTIMENTALE PER L'ENERGIA E L'AMBIENTE

# CIDEA

## Centro InterDipartimentale per l'Energia e l'Ambiente

CIDEA svolge attività di ricerca e sviluppo sulle fonti di energia rinnovabile, sui processi per la generazione, conversione, trasmissione, gestione ed utilizzazione dell'energia, sugli Impatti sull'ambiente e sulla loro mitigazione. Le competenze scientifiche e tecnologiche disponibili presso CIDEA spaziano dall'Ingegneria, all'Economia, alle Scienze Ambientali, alla Chimica, alla Fisica ed alla Matematica.

Il Centro è strutturato in 5 Unità Operative: Energia, Ambiente, Economia, Acque e Dati.




| | |
|---|---|
| **Sito web** | http://www.centritecnopolo.unipr.it/cidea/ |
| **Direttore** | Agostino Gambarotta |
| **Data pubblicazione** | 08/07/2026 |