VERSO UN LAND-STREAMER SISMO-ELETTRICO

A. Arato[1], C. Comina[2], C. Comotti[2]
[1] *Techgea S.r.l., Torino, Italy*
[2] *Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Torino, Italy*

Introduzione.

I sondaggi geofisici sono considerati estremamente efficaci per la caratterizzazione di grandi aree d'indagine con ridotti sforzi economici e di tempo. Questo è particolarmente vero nelle aree coperte d'acqua, dove si possono acquisire una grande quantità di dati in tempi ridotti attraverso il trascinamento di un array mobile dotato di opportuna strumentazione dietro ad una barca di rilevamento. La realizzazione di sondaggi sismici marini con streamer dotati di idrofoni risale già alla metà del secolo scorso (e.g. Telford *et al*., 1990), e questa tecnica di acquisizione è diventata recentemente di comune impiego. Nell'ultimo decennio sono stati messi a punto, ed efficacemente impiegati, anche sistemi per l'acquisizione di sondaggi geoelettrici in sistemi acquatici (e.g. Allen and Merrick, 2007; Mitchell *et al*., 2008; Sambuelli *et al*., 2017). Con entrambe queste metodologie è possibile acquisire con facilità un grande volume di dati in breve tempo. Questa caratteristica, comune a tutte le indagini svolte su aree coperte d'acqua è stata a lungo invidiata dalla geofisica "terrestre". Inoltre, l'accoppiamento sia degli idrofoni che degli elettrodi con l'acqua è solitamente eccellente e questo permette di acquisire dati di elevata qualità. Al contrario, nelle indagini su terra l'installazione dei sensori di misura (geofoni o picchetti metallici) richiede un notevole dispendio di tempo, in particolar modo su lunghi stendimenti a ridotto interasse tra i sensori, e l'accoppiamento sensore-terreno può in alcuni casi risultare inefficace.

Gli streamer sismici marini sono strumenti ampiamente consolidati, e l'interesse nello sviluppo ed adattamento di questi sistemi per indagini terrestri è incrementato in maniera consistente. Dall'inizio di questo secolo parecchi sviluppatori (e.g. Rambøll, Tyrens, Kansas Geological Survey, ecc.) hanno studiato l'uso di land-streamer sismici, che sono assolutamente comparabili a stendimenti sismici classici in gran parte delle situazioni. Se la qualità del dato

misurato è pressoché mantenuta, a costituire il principale vantaggio nell'utilizzo di uno streamer sismico su lunghi tracciati di indagine è la notevole riduzione delle tempistiche di acquisizione. In letteratura sono a disposizione diversi esempi di dati sismici ad alta qualità acquisiti con questo approccio (e.g. Pugin *et al*., 2004; Van Der Veen *et al*., 2001).

Per quanto riguarda l'acquisizione di dati geoelettrici, non sono noti esempi di implementazione di streamer geoelettrici in ambiente terrestre. Le motivazioni di ciò sono principalmente legate alle complicazioni connesse con il contatto elettrodo-terreno, da cui deriva la capacità degli elettrodi di iniettare sufficiente corrente elettrica, per generare un campo di potenziale elettrico sufficientemente intenso e di misurare dati affidabili, il meno possibile affetti da resistenze non proprie del terreno indagato. Perciò, al momento, una valida alternativa alle indagini svolte con elettrodi infissi nel terreno non esiste. Rilievi di resistività elettrica con sistemi mobili possono essere eseguiti con elettrodi capacitivi (e.g. OhmMapper - Geometrics) o con indagini elettromagnetiche in dominio di frequenza, che non richiedono un contatto diretto con il terreno. Queste soluzioni alternative sono però efficaci solamente per eseguire mappature superficiali dell'andamento della resistività, e non sono in grado di raggiungere profondità e risoluzione verticale paragonabili ai sondaggi geoelettrici tradizionali.

In questa nota, quindi, indaghiamo la possibilità di migliorare uno streamer sismico standard con l'aggiunta di appropriati accessori per l'acquisizione di dati geoelettrici. È stata studiata un'opportuna soluzione tecnica (di cui è in corso una richiesta di brevetto) che garantisca un appropriato accoppiamento elettrico tra i sensori collocati lungo lo streamer ed il terreno. I primi test eseguiti con questo sistema sono presentati nelle pagine successive ed i dati sono stati confrontati con quelli ottenuti dai sistemi di acquisizione classici per dimostrare l'efficacia dell'approccio scelto per indagini a profondità ridotta.

Risultati preliminari. I primi test circa le prestazioni dello streamer geoelettrico sono stati eseguiti a luglio 2018 in un'area test presso la sede centrale del CNR di Torino. In questo sito di prova è presente un'anomalia superficiale nota, caratterizzata da un corpo artificiale di sabbia grossolana sciolta seppellito entro la formazione geologica naturale (i.e. terreno sabbioso fine) del sito. Una ERT tradizionale mostra chiaramente il corpo di sabbia anomalo come un volume più resistivo, per via della sua maggiore porosità e minore saturazione (Fig. 1c). Per valutare la fattibilità dell'esecuzione di misure geoelettriche con streamer mobili, è stato eseguito un test con un prototipo di streamer geoelettrico (Fig. 1b), le cui misure sono stati confrontate con quelle acquisite in modo tradizionale, mediante infissione di picchetti metallici nel terreno. I dati sono stati misurati con un georesistivimetro Syscal Pro (Iris Instrument), sia in configurazione standard che con la modalità di acquisizione Sysmar. Quest'ultima è comunemente utilizzata per acquisizione nei sondaggi mobili sull'acqua.

È stato realizzato un sondaggio elettrico orizzontale (SEO), traslando un quadripolo di tipo Wenner (a = 2m) in tre modalità di acquisizione (Fig. 1a): "Electrodes" si riferisce all'acquisizione eseguita spostando, per ogni misura, il quadripolo con step di 6m, utilizzando elettrodi in acciaio inossidabile infissi nel terreno; "Static Array" si riferisce alla stessa modalità di acquisizione sopra-citata ma usando lo streamer geoelettrico (Fig. 1b) posizionato in corrispondenza di punti di misura precedenti; "Mobile Array" si riferisce all'acquisizione eseguita trascinando lo streamer geoelettrico lungo il percorso d'indagine ed acquisendo i dati ad intervallo di tempo fisso.

Dai risultati riportati si può osservare che tutte le modalità di acquisizione adottate sono in grado di rappresentare correttamente l'incremento di resistività in corrispondenza del corpo di sabbia. Il diverso campo di variazione dei valori di resistività ottenuto dalle attuali misure (Fig 1a) rispetto alla precedente tomografia elettrica (Fig 1c) è legato al differente periodo in cui i dati sono stati acquisiti. Le acquisizioni qui presentate sono state eseguite nel mese di luglio, durante un'estate poco piovosa, mentre la precedente tomografia elettrica è stata acquisita in tarda primavera, con condizioni di saturazione del terreno molto maggiore.

È possibile anche notare che vi è una buona concordanza tra i risultati ottenuti dalle modalità

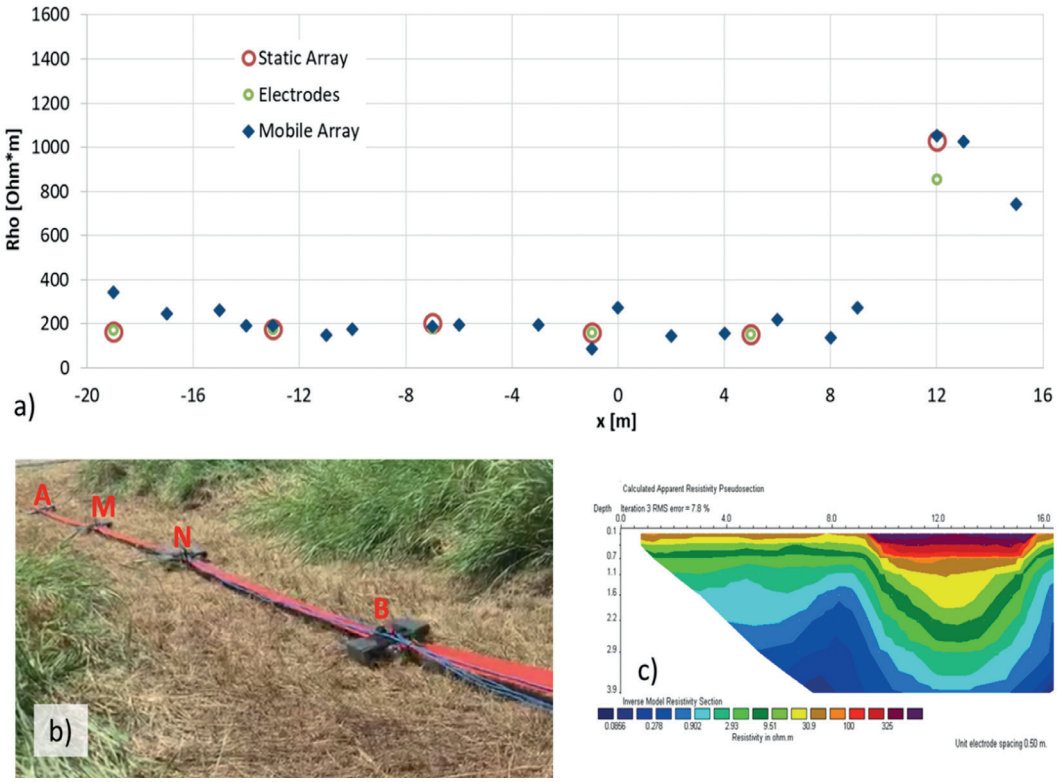

Fig. 1 - Primi test sulle prestazioni dello streamer geoelettrico: a) Confronto delle tre modalità di acquisizione adottate; b) Immagine dello streamer geoelettrico e c) precedente ERT acquisita in sito.

di acquisizione "Electrodes" e "Static Array", che si sovrappongono perfettamente, confermando la bontà della soluzione tecnica adottata per stabilire un soddisfacente accoppiamento elettrico, anche in presenza di terreno superficiale resistivo. I dati di "Mobile Array" seguono con buona concordanza l'andamento dei sondaggi ottenuti con le modalità di acquisizione "Electrodes" e Static Array", con scarti minimi in molti punti del profilo. Il vantaggio nell'eseguire misurazioni in movimento è confermato da un incremento del numero di dati, acquisiti in quasi ¼ del tempo necessario per le altre modalità di acquisizione.

Conclusioni e prospettive. I primi dati acquisiti con il prototipo di streamer geoelettrico sviluppato hanno confermato la bontà della soluzione tecnica adottata per stabilire un soddisfacente accoppiamento elettrico tra il sensore mobile ed il terreno. Ciò ha permesso di ottenere misure di resistività equivalenti a quelle ottenibili dall'infissione di elettrodi nel terreno, con il vantaggio di un ridotto sforzo temporale. Ulteriori dati con maggiore spaziatura degli elettrodi e maggior copertura sono necessari per valutar meglio le prestazioni della metodologia proposta come sostituta delle indagini geoelettriche tradizionali, nei contesti in cui è richiesta una limitata profondità di indagine (entro i 10-15 m da piano campagna) su considerevoli distanze (e.g. argini fluviali, dighe in terra, ecc).

Ringraziamenti. Questo lavoro è stato finanziato da FINPIEMONTE all'interno della POR FESR 14/20 "Poli di Innovazione - Agenda Strategica di Ricerca 2016 - Linea B" chiamato per il progetto Mon.A.L.I.S.A. (313 - 67).

Bibliografia

Allen, D., and N. Merrick (2007), Robust 1D inversion of large towed geo-electric array datasets used for hydrogeological studies, Exploration Geophysics (Collingwood, Australia), 38, 50-59.

Mitchell, N., J. E. Nyquist, L. Toran, D. O. Rosenberry and J. S. Mikochik (2008), Electrical resistivity as a tool for identifying geologic heterogeneities which control seepage at Mirror Lake, SAGEEP 2008, 11.

Pugin, A. J. M., Larson, T.H. and Sargent, S.L., (2004) Near-surface mapping using SH-wave and P-wave seismic land-streamer data acquisition in Illinois and U.S., The Leading Edge, 23, 677–682.

Sambuelli, L., Fiorucci, A., Dabove, P., Pascal, I., Colombero, C., Comina, C., (2017) Case history: A 5 km long waterborne geophysical survey along the Po river within the city of Turin (northwest Italy), Geophysics, 82 (6), pp. B189-B199.

Telford, W. M., L. P. Geldart, and R. E. Sheriff (1990), Applied Geophysics, Cambridge University Press, 770 pp.

Van Der Veen, M., Spitzer, R., Green, A.G., Wild, P., (2001) Design and application of towed land-streamer system for cost-effective 2-D and pseudo-3-D shallow seismic data acquisition, Geophysics, 66 (2), pp. 482-500.