

## LE APPLICAZIONI GEOFISICHE ALLA RICERCA ARCHEOLOGICA

Il 13 dicembre 1954, in una conferenza convocata presso la Direzione Generale delle Antichità, alla presenza di numerosi titolari delle Sovrintendenze italiane, dei capi degli Istituti stranieri a Roma e di tecnici ed esperti italiani e stranieri, è stata proposta una serie di esperienze intese ad accettare il limite e le possibilità di impiego dei mezzi geofisici nella ricerca archeologica, in collaborazione con i rilevamenti aerei.

Le proposte formulate in quella occasione hanno avuto una realizzazione pratica nel corso degli anni 1955-56-57, a cura della Fondazione Lerici del Politecnico di Milano e sotto il vigile controllo della Soprintendenza alle Antichità dell'Etruria Meridionale.

In una relazione presentata dal sottoscritto alla conferenza sopracitata, si è fatto il punto della situazione e cioè si son passate in rassegna le esperienze fatte in Italia e all'estero, prima di allora, nel campo delle prospezioni aeree e geofisiche, con metodi elettrici, elettromagnetici, sismici e geochemici.

Le prime campagne sperimentali sono state svolte dalla Fondazione del Politecnico di Milano nell'alta Valle del Giano (terreno alluvionale), nelle zone di Cerveteri (terreno tufaceo) e di Tarquinia (calcare sedimentario) dove sono stati sperimentati metodi elettrici e sismici, e nel Monastero di S. Francesco, a Ravenna, dove son stati sperimentati mezzi elettromagnetici per la esplorazione di eventuali cavità esistenti in vecchie costruzioni.

I mezzi che hanno dimostrato finora la maggiore efficienza pratica nelle esplorazioni comprendenti antichi centri abitati oppure necropoli, dove le formazioni sepolte siano nettamente separate le une dalle altre e lo strato di copertura, comprendente terreno vegetale o sedimenti alluvionali o tufacei, abbastanza omogeneo, sono quelli basati sulle misure di resistività elettrica.

Le misure vengono effettuate con una apparecchiatura potenziometrica lungo profili stesi sul terreno, indicati da una serie di picchiettature la cui ubicazione e orientamento possono venire in molti casi suggeriti dal rilevamento aereo.

Una squadra convenientemente attrezzata e allenata può effettuare, in media, ogni giorno, misure di resistività lungo profili per uno sviluppo complessivo di 500-1000 metri e con stazioni di lettura distanti 2-3 metri l'una dall'altra.

Le misure così effettuate consentono la formazione di un diagramma, le cui anomalie positive o negative denunciano l'esistenza di formazioni litologiche o archeologiche o variazioni di umidità, che appunto possono influenzare la resistività elettrica.

Si tratta quindi soltanto di indicazioni la cui correlazione con forma-

zioni archeologiche deve essere necessariamente controllata mediante uno scavo o trivellazione di prova.

L'impiego di mezzi geofisici per la localizzazione di formazioni sepolte, richiede necessariamente l'impiego di altri mezzi ausiliari per la verifica dei risultati ottenuti dal rilevamento geofisico.

Queste verifiche vengono effettuate, anziché con operazioni di scavo che richiederebbero tempo e spesa eccessivi, mediante perforazioni rapide effettuate con sonda portatile per prelevamento di campioni in profondità, quando interessi verificare la stratigrafia archeologica, oppure con una sonda perforatrice diretta, quando l'oggetto della ricerca consiste in una formazione sepolcrale del tipo a fossa o a camera.

In quest'ultimo caso, la perforazione può consentire l'accertamento della profondità e dimensione della camera scoperta e l'eventuale esistenza di terra, di acqua o di fango.

Sebbene a questo punto il compito di una squadra di prospezioni sia tecnicamente raggiunto, la Fondazione Lerici ha ritenuto opportuno di dotare le sue squadre, impiegate in accertamenti in zone di necropoli, anche di una sonda fotografica, appositamente studiata per l'esplorazione delle tombe a camera.

Questa apparecchiatura si è dimostrata di grande utilità, perché ha permesso di accettare le poche tombe archeologicamente interessanti tra quelle, molto più numerose, del tutto sterili, che non meritavano di essere aperte.

L'esplorazione fotografica permette, inoltre, l'accertamento della posizione precisa dell'ingresso, evitando qualsiasi scavo superfluo e riducendo al minimo la spesa per il recupero dell'eventuale corredo esistente.

Recentemente è stato introdotto tra le apparecchiature della squadra di prospezioni anche un periscopio, costruito sul medesimo principio di quelli adottati dai sottomarini.

Questa apparecchiatura si è già dimostrata di notevole utilità, in quanto permette l'esplorazione immediata e diretta delle cavità identificate e raggiunte dalla perforazione, e permette così di evitare i rilevamenti fotografici che fino ad oggi sono stati eseguiti su grandissimo numero di formazioni sepolte prive di qualsiasi interesse archeologico.

L'impiego di mezzi geofisici e delle apparecchiature ausiliarie dianzi accennate, alle quali si aggiungono le apparecchiature per rilevamenti topografici, una stazione generatrice di corrente, le pompe di prosciugamento, ecc., hanno comportato la necessità che l'esplorazione fosse condotta con metodi industriali e cioè organizzata in modo da assicurare la continuità di impiego sia delle apparecchiature che del personale e questo al fine di ottenere, oltre al massimo rendimento tecnico, anche il massimo rendimento economico delle operazioni, tenendo conto che l'intero corredo di una squadra di prospezioni archeologiche con metodi elettrici comporta un investimento di ca. 12 milioni di lire, automezzo compreso (Jep station wagon).

Le apparecchiature di prospezione sono soggette a un rapido logramento specialmente di natura tecnica, e devono quindi essere ammortizzate in ragione del 25-30% all'anno, mentre le apparecchiature ausiliarie sono soggette a un rapido logramento operativo che richiede un ammortamento nelle stesse proporzioni. Da questo deriva la necessità di assicurare il loro massimo impiego.

Le relazioni presentate sulle campagne effettuate negli anni 1956-57, sulla necropoli di Monte Abbatone e sulla zona archeologica di Vulci offrono un rendiconto completo dell'attività svolta, sia dal punto di vista tecnico che da quello organizzativo e economico, e permettono pertanto anche una valutazione archeologica sulla base di tutti gli accertamenti archeologici che sono stati effettuati.

Queste campagne possono essere brevemente riassunte con i seguenti dati:

*Campagna di Monte Abbatone:*

Nel corso di 120 giorni lavorativi sono state identificate n. 450 tombe a camera;

sono stati effettuati oltre 200 profili di resistività elettrica, per uno sviluppo complessivo di circa 5.000 metri;

sono state effettuate oltre 1000 perforazioni, nelle profondità da 2 a 4 metri, delle quali oltre 400 su camere sepolcrali;

sono state svuotate complessivamente 60 tombe intasate con acqua o fango ed eseguiti oltre 3000 fotogrammi.

La spesa mensile complessiva della squadra è stata di L. 1.200.000 così ripartite:

— personale . . . . .	L. 400.000
— anticipo alla Sovrintendenza per spese personale . . . . .	» 200.000
— materiale di consumo . . . . .	» 200.000
— spese generali . . . . .	» 100.000
— ammortamento apparecchiature . . . . .	» 300.000

*Campagna svolta nella zona archeologica di Vulci:*

giorni lavorativi n. 45

profili di resistività effettuati n. 58 — sviluppo compl. m. 4.700

fondazioni murarie identificate n. 14

spesa complessiva L. 1.790.000, così ripartita:

— personale della Fondazione e Soprintendenza . . . . .	L. 1.012.000
— spese generali e di consumo . . . . .	» 298.000
— ammortamento apparecchiature . . . . .	» 480.000

*Campagna di Tarquinia*

Nel primo semestre del 1958 è stata svolta una campagna di ricerche sulla necropoli etrusca di Monterozzi (Tarquinia) e precisamente nella parte meridionale, che comprende le tombe già note delle Bighe, del Barone, dei Tori, degli Auguri, del Pulcinella, la Tomba Giustiniani e la Tomba del Mare.

La campagna è tuttora in corso e il suo interesse dal punto di vista tecnico è dato dal fatto che essa aggiunge una casistica nuova, per il fatto che le formazioni di questa zona sono scavate non nel tufo, ma in un deposito sedimentario più antico appartenente al pliocene superiore e che presenta l'aspetto di un'arenaria a volte sabbiosa e a volte marnosa.

L'identificazione delle formazioni è stata effettuata mediante una rete di profili lungo i quali sono stati effettuati sondaggi elettrici orizzontali (misure di resistività).

Nel primo semestre le formazioni identificate hanno superato il numero di 250, delle quali la metà sono risultate tombe a camera e le rimanenti tombe a fossa o a inumazione.

I profili sono stati oltre 100 con uno sviluppo complessivo di 4.000 metri.

Le perforazioni di controllo si sono presentate estremamente laboriose per la caratteristica stessa della formazione litologica e hanno richiesto un tempo 4 volte superiore a quello riscontrato nelle formazioni omogenee delle necropoli laziali scavate nel tufo.

La profondità delle formazioni varia da m. 1,60 a 3,50, con media di 1,80.

Sono stati effettuati circa 1.000 fotogrammi. Durante questa campagna è stata impiegata per la prima volta in modo estensivo l'apparecchiatura periscopica, che ha permesso di risparmiare un notevole numero di fotografie.

Il 99% delle formazioni è risultato completamente privo di interesse archeologico e completamente saccheggiato.

È di notevole rilievo il rinvenimento di una formazione (n. 53) con le pareti interamente dipinte, rappresentanti scene di atleti, (Tomba delle Olimpiadi).

Gli affreschi, danneggiati dalle condizioni di decadimento generale che presenta la formazione, sono stati rimossi per il restauro, ma è stato fortunatamente possibile la ripresa delle immagini in bianco e nero e a colori con la sonda fotografica a tomba ancora chiusa, cioè nelle condizioni più favorevoli per riprodurre allo stato originale i disegni e i colori.

Oltre a questa tomba nè sono state individuate due altre contenenti tracce purtroppo molto ridotte di antichi dipinti e un'altra con una pietra tombale scolpita di notevoli dimensioni, dello stesso tipo di altre che già si conservano presso il Museo archeologico di Tarquinia. Verso la fine della campagna è stata rinvenuta una seconda tomba dipinta di notevole importanza (tomba della Nave) - N. 238.

Le ricerche effettuate hanno dimostrato come una campagna sistematica di indagini geofisiche possa consentire una rapida individuazione delle formazioni archeologiche principali, tale da permettere la realizzazione di un programma di scavi suscettibile di risultati immediati e del massimo rendimento operativo.

L'attività svolta fino ad oggi dalla Fondazione Lerici non può pretendere di presentare una casistica così completa da potersi applicare ad ogni altra zona archeologica, ma tuttavia offre già un serie di applicazioni in condizioni geologiche e di rivestimento vegetale abbastanza variate da poter pensare che esse possano offrire elementi interessanti per una gran parte delle zone archeologiche esistenti nella zona mediterranea.

L'elemento più notevole che si può rilevare dall'esame delle relazioni pubblicate dalla Fondazione, è lo straordinario progresso in atto che si verifica sia nell'organizzazione che nelle apparecchiature stesse.

Il fatto che una squadra di prospezioni che impiega metodi elettrici possa oggi presentare un rendimento operativo quasi doppio di quanto non fosse possibile due anni or sono, dimostra come sia in atto in questo campo un vero processo evolutivo, suscettibile di ulteriori sviluppi.

I laboratori della Fondazione Lerici del Politecnico di Milano proseguono da oltre due anni studi ed esperienze intese a migliorare il rendimento delle apparecchiature di prospezione e studi di nuovi mezzi sismici ed elettromagnetici.

Sui risultati di questi studi vengono presentate dai tecnici della Fondazione le relazioni al 7° Congresso Internazionale di Archeologia Classica, elencate nella bibliografia.

Ing. CARLO M. LERICI

#### BIBLIOGRAFIA

*Edizioni SIAI LERICI - Milano - Via Lancetti 36*

- C. M. LERICI - *Prospessioni Archeologiche* - Rivista di Geofisica Applicata, Politecnico di Milano, N. 1-2, 1955.
- E. CARABELLI - *Ricerche geofisiche sperimentali su antiche necropoli* - Rivista di Geofisica Applicata, Politecnico di Milano, N. 1-2, 1955.
- E. SEGRE - *Breve campagna di ricerca geofisica e di sondaggi con esplorazione fotografica su una necropoli etrusca* - Quaderni di Geofisica Applicata, Politecnico di Milano, Anno 1956.
- C. M. LERICI - *Fotografie aeree e prospessioni archeologiche* - Quaderni di Geofisica Applicata, Politecnico di Milano, Anno 1956.
- C. M. LERICI - *La Scienza al Servizio dell'Archeologia* - La Ricerca Scientifica, Consiglio Nazionale delle Ricerche, N. 4, 1956.
- E. CARABELLI - *Apparecchiatura fotografica per ricerche archeologiche* - Quaderni di Geofisica Applicata, Politecnico di Milano, Anno 1956.
- C. M. LERICI - *Così esploriamo oggi le civiltà sepolte* - Le Vie d'Italia, anno LXIII, N. 3, marzo 1957.
- M. MIRABELLA ROBERTI - *Mostra della fotografia aerea per la ricerca archeologica* - Centro Studi Siai Lerici, Sezione Grafica, Milano 1957.
- C. M. LERICI - *Science et technique au service de l'archéologie»* - Centro Studi Siai Lerici, Sezione Grafica, Milano 1957.
- R. CHEVALLIER - *Bibliographie des applications archéologiques de la photographie aérienne* - Centro Studi Siai Lerici - Sezione Grafica, Milano 1957.
- C. M. LERICI - *Campagna di prospessioni archeologiche sulla necropoli etrusca di Monte Abbatone* - Quaderni di Geofisica Applicata, Politecnico di Milano, anno 1957.
- C. M. LERICI - E. CARABELLI - E. SEGRE - *Prospessioni geofisiche nella zona archeologica di Vulci* - Quaderni di Geofisica Applicata, Politecnico di Milano, anno 1958.
- C. M. LERICI - *Come hanno origine e come si vedono le tracce di formazioni sepolte* (in preparazione) - Quaderni di Geofisica Applicata, Politecnico di Milano, anno 1958.
- C. M. LERICI - *Prospessioni geofisiche nella necropoli di Monterozzi a Tarquinia* (in preparazione) - Quaderni di Geofisica Applicata, Politecnico di Milano, anno 1958.

R. BARTOCCINI - C. M. LERICI - M. MORETTI - *Tarquinia - La Tomba delle Olimpiadi* (in preparazione) - Siai Lerici Editore, Milano 1958.

*Memorie presentate al VII Congresso Internazionale di Archeologia Classica* raccolte in volume a cura della SIAI Lerici Editore, Milano 1958.

1. C. M. LERICI - *La Prospettiva geofisica nella ricerca archeologica.*
2. L. SOLAINI - *Gli aspetti tecnici della prospezione geofisica nella ricerca archeologica.*
3. O. VECCHIA - *Condizioni geologiche per le ricerche geofisiche in archeologia.*
4. R. CASSINIS - *I metodi simici nella prospezione archeologica.*
5. E. CARABELLI - *Metodi elettrici ed elettromagnetici di prospezione geofisica in archeologia.*
6. E. CARABELLI - *La sonda fotografica nella prospezione archeologica.*
7. G. PARENTE - *Il Periscopio Nistri per esplorazioni archeologiche.*
8. E. SEGRE - *I mezzi tecnici ausiliari nella prospezione archeologica.*
9. M. MORETTI - *Risultati archeologici delle campagne di prospezione della Fondazione Lerici del Politecnico di Milano.*
10. C. M. LERICI - *Aspetti economici ed organizzativi della prospezione archeologica.*