

“METAL DETECTORS”: LA TECNOLOGIA ATTUALE PER LA PROSPEZIONE ARCHEOLOGICA

di Renato Di Cesare, Marco Lisi



Il “metal detector” (in italiano, cercametalli) è uno strumento che utilizza alcune proprietà elettromagnetiche dei metalli per rilevare la presenza di oggetti metallici sepolti nel terreno.

Originariamente sviluppati per applicazioni militari, più precisamente per bonificare i campi minati, i cercametalli trovano uso in molte altre applicazioni: dalla rilevazione di armi sui passeggeri negli aeroporti alle ricerche geologiche e (con molte riserve) archeologiche, ovvero, più banalmente, all’individuazione di cavi elettrici o tubi metallici interrati o nelle pareti di edifici.

Parlando più specificatamente di archeologia, i cercametalli hanno svolto e svolgono tuttora un ruolo significativo come strumento nella ricerca di reperti archeologici sepolti. Purtroppo sono spesso associati, soprattutto in Italia, ad una nomea negativa, che li associa ai “tombaroli” e ad attività in generale poco legali.

Rispettando la legislazione vigente e le regole del buon senso e della buona creanza, questi strumenti possono tuttavia essere un ausilio utilissimo ad una ricerca archeologica professionalmente condotta.

Il dibattito sul loro uso è tuttavia molto acceso, non solo in Italia. Prestigiosi quotidiani americani, come il New York Times, sono arrivati ad esaltare l’uso dei “metal detectors” come valido ausilio all’archeologia. In Gran Bretagna il “metal detecting” è un hobby diffusissimo, spesso assunto agli onori della cronaca per ritrovamenti archeologici importanti, tanto che si è resa necessaria una regolamentazione “ad hoc”, gestita dal British Museum. Lo scopo è quello di evitare gli abusi di un uso indiscriminato ed illegale dei cercametalli, documentando al contempo i ritrovamenti e dando loro un significato storico e scientifico. In Italia, a parte le leggi dello Stato, che però rischiano, con un’eccessiva semplificazione, di equiparare hobbisti con “tombaroli”, molto dipende in pratica dai regolamenti delle singole Regioni.

Piuttosto che entrare in una discussione di principio sull’utilizzo dei cercametalli, lo scopo del presente articolo vuole essere quello di descrivere da un punto di vista prettamente tecnico la loro tecnologia, con la convinzione che essi possano svolgere un ruolo utile nell’ambito della prospezione archeologica del sottosuolo.

BREVE STORIA DEL “METAL DETECTOR”

I primi esperimenti sull’uso dell’elettromagnetismo per individuare oggetti metallici cominciarono alla fine del diciannovesimo secolo, mentre un primo rudimentale (e molto ingombrante) modello di “metal detector” fu utilizzato in Francia, nel 1919, per trovare bombe inesplose dopo la Prima Guerra Mondiale (fig. 1).

Il moderno sviluppo dei cercametalli cominciò tuttavia negli anni ’20, con i primi brevetti di apparati portatili. Uno degli inventori, l’americano Shirl Herr, prestò la sua consulenza durante il rinvenimento delle galee romane dell’imperatore Caligola nel lago di Nemi, nell’agosto del 1929.

Il merito di aver migliorato in modo decisivo le prestazioni del “metal detector” è universalmente attribuito ad un ingegnere polacco, Józef Stanisław Kosacki, negli anni della Seconda Guerra mondiale.

Kosacki, ingegnere e professore, aveva resistito come ufficiale all’invasione della Polonia da parte dei Tedeschi. Fatto prigioniero, era riuscito a fuggire in Inghilterra, continuando a servire come ufficiale dell’esercito polacco in esilio. Nel 1941 egli perfezionò un suo precedente progetto e lo offrì all’esercito inglese il quale, sotto il nome di “Polish Mine Detector”, lo produsse immediatamente e ne inviò cinquecento esemplari all’ Ottava Armata britannica del generale Montgomery ad El Alamein (figure 2 e 3), per bonificare i campi minati lasciati dalle truppe del generale Rommel.

Durante il resto della guerra furono prodotte oltre centomila unità del modello. Adottato anche dagli Americani, esso fu utilizzato praticamente su tutti i fronti della guerra, in Europa come nel Pacifico (fig. 4). Un modello molto simile all’originale è stato utilizzato in Gran Bretagna fino al 1995. Rimandando ad un successivo paragrafo la descrizione tecnica del cercametri “polacco”, vale la pena ricordare che l’apparato funzionava a valvole ed era alimentato con batterie, raggiungendo un peso complessivo di 14 chilogrammi. Dagli anni ’40 ad oggi sia la ricerca che la tecnologia hanno messo a disposizione, dei militari e dei civili, una grande varietà di apparati basati su differenti principi fisici, con soluzioni circuitali sempre più miniaturizzate e di avanguardia.

PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEI “METAL DETECTORS”

Limitandoci alle applicazioni civili, i “metal detectors”, nel senso stretto del termine, trovano ampia applicazione nella rilevazione di piccoli oggetti metallici in terreni ove è probabile che siano presenti.

L’utilità di un metal detector è abbastanza intuitiva e con esso è possibile effettuare delle prospezioni che mediamente possono arrivare anche ad un metro di profondità o, più realisticamente, intorno ai 20 ÷ 30 cm per piccole monetine isolate o oggetti metallici di dimensioni equivalenti. In prima analisi, da profani, tali prestazioni sembrerebbero limitative ma, invece, sono di tutto rispetto se l’apparato riesce a segnalare la presenza di questi oggetti in maniera deterministica e, cioè, con una bassa probabilità di errore e di inutili scavi.

È utile definire quali sono le caratteristiche principali che, se soddisfatte, fanno di un apparato un oggetto professionale. Tali caratteristiche, elencate in ordine di importanza, sono:

- Stabilità relativa;
- Esclusione automatica del suolo o bilanciamento automatico;
- Eliminazione automatica di oggetti da ritenere inquinanti;
- Regolazione della sensibilità;
- Discriminazione dei metalli.

Un buon metal detector deve assicurare, oltre ad una buona sensibilità, la reiezione dell’“effetto terreno” e una discreta stabilità della catena amplificatrice (cioè dell’elettronica) in modo da non costringere a continui ritocchi della stessa.

In genere i cercametri commerciali di classe economica attualmente disponibili in commercio sono dotati di buona sensibilità, ma raramente sono in grado di minimizzare in maniera significativa l’influenza negativa del suolo,

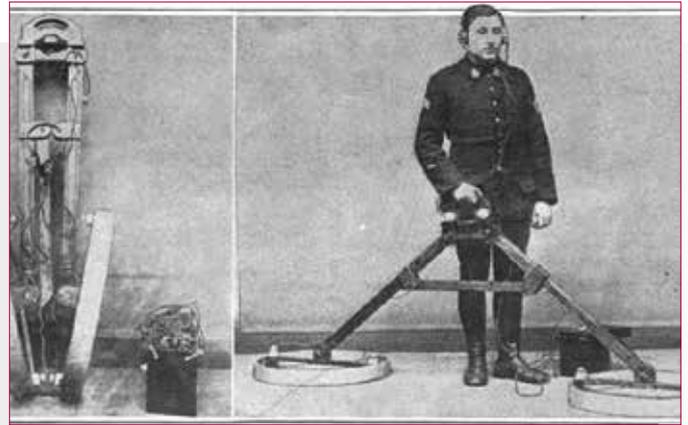


Fig. 1 - Cercametri “portatili” usati in Francia dopo la Prima Guerra Mondiale

non permettendo, quindi, la rilevazione di piccoli oggetti metallici in terreni non “omogenei”. Inoltre richiedono la massima attenzione dell’operatore per mantenere costante la distanza della bobina di ricerca dalla superficie sottostante.

Anche i cercametri militari, utilizzati nel secondo conflitto mondiale, erano affetti da tali problemi, ma solitamente il loro utilizzo era orientato alla ricerca di ordigni metallici di dimensioni molto più significative di una moneta. Eventuali segnalazioni di “falsi bersagli” erano ovviamente ben accette, mentre il contrario avrebbe rappresentato il “disastro” e la probabile morte dell’operatore.

Un’altra caratteristica soddisfatta in quasi tutti i modelli professionali, è la discriminazione della tipologia di metallo (cioè la possibile reiezione di manufatti non “nobili”) che, però, può considerarsi veramente efficace solo se indipendente dalla forma, dalle dimensioni e dalla profondità di interrimento dell’oggetto.

PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO E POSSIBILI CONFIGURAZIONI

Tutte le possibili architetture di “metal detectors” si basano, in un modo o nell’altro, sul comportamento dei materiali metallici in presenza di un campo magnetico, fisso o variabile nel tempo.

In particolare alcuni materiali, quali appunto il ferro (ma anche il nickel e molti tipi di acciaio), rispondono ad un campo magnetico esterno magnetizzandosi essi stessi, e sono detti “ferromagnetici”. Altri, detti “diamagnetici”, generano all’opposto un campo magnetico che si oppone al campo magnetico esterno. Appartengono a questa categoria molti materiali, anche non metallici, quali il rame, l’argento, il mercurio, l’oro, il bismuto e il carbonio (negli stati



Fig. 2 - Cercametri britannici nel deserto di El Alamein.



Fig. 3 - Mina anticarro metallica.

di diamante o di grafite). Questa distinzione dei materiali sulla base della loro interazione con i campi magnetici (ed elettromagnetici) è molto importante al fine di comprendere le tecniche di ricerca.

La configurazione più antica di cercametri è quella definita con l'acronimo BFO (Beat Frequency Oscillation) in relazione alla soluzione circuitale ed al principio su cui si basa (fig. 5).

In pratica è equipaggiato con due oscillatori, di cui uno è quello di riferimento (f_1) ed è a frequenza fissa (tipicamente stabilizzato da un quarzo), mentre l'altro (f_2) è basato su un circuito LC (Induttanza/Capacità).

La bobina di quest'ultimo circuito è la "testa" di ricerca ed è dimensionata in modo da ottenere una frequenza di oscillazione poco discosta da quella di riferimento (ragione di pochi o centinaia di Herz).

I segnali provenienti dai due generatori confluiscono in un circuito miscelatore (mixer) in modo da ottenere il battimento tra gli stessi ovvero la somma e la differenza delle due frequenze.



Fig. 4 - Cercamine usato dalle truppe statunitensi durante la Seconda Guerra Mondiale

Un filtro passa basso, a valle del mixer, elimina il segnale "somma" lasciando integro l'altro che è a frequenza audio e si manifesta come un tono continuo.

Quando vi è un metallo nelle vicinanze della testa di ricerca, si ha una variazione dell'induttanza della bobina con conseguente variazione della frequenza di oscillazione e, quindi, del tono audio che amplificato giunge sulle cuffie dell'operatore.

Questa configurazione è di facile progettazione e realizzazione ma, per contro, è caratterizzata da una eccessiva influenza degli effetti del suolo. Infatti il suolo, che è un miscuglio disomogeneo di materiali con caratteristiche dielettriche differenti, causa una variazione dei parametri elettrici della bobina di ricerca, e le immancabili variazioni di quota di questa generano continue variazioni di frequenza che, seppur piccole, rendono il sistema poco efficace.

Le caratteristiche di un cercametri in configurazione BFO possono essere così riassunte:

- Stabilità: buona
- Esclusione automatica del suolo o bilanciamento automatico: difficile
- Eliminazione automatica di oggetti inquinanti: improbabile
- Regolazione della sensibilità: buona
- Discriminazione dei metalli: possibile

Il più grande progresso nella tecnologia dei cercametri è avvenuto con lo sviluppo della configurazione cosiddetta "Induction Balanced" (fig. 6).

Il sistema è basato su due avvolgimenti (bobine), delle quali una agisce come trasmettitore, l'altra come ricevitore. Esse possono lavorare in un intervallo di frequenze fra i 3 ed i 100 kHz.

Quando un oggetto metallico sepolto viene eccitato dal campo elettromagnetico della bobina trasmittente, si generano in esso correnti indotte che vengono rivelate dalla bobina ricevente.

Questa configurazione permette di discriminare fra differenti metalli, contando sul fatto che ogni metallo ha una sua caratteristica risposta alle correnti alternate. In particolare le frequenze più basse (Very long Frequencies, VLF) penetrano più in profondità e sono adatte a materiali ad alta conducibilità come l'oro, l'argento ed il rame, mentre frequenze più alte, sebbene meno penetranti, sono più sensibili a materiali meno conducibili, come il ferro (purtroppo, anche ai terreni molto mineralizzati).

Per poter ottenere una buona eliminazione degli effetti del terreno, compresi quelli dell'acqua salata, si può utilizzare una configurazione di cercametri molto più avanzata (e

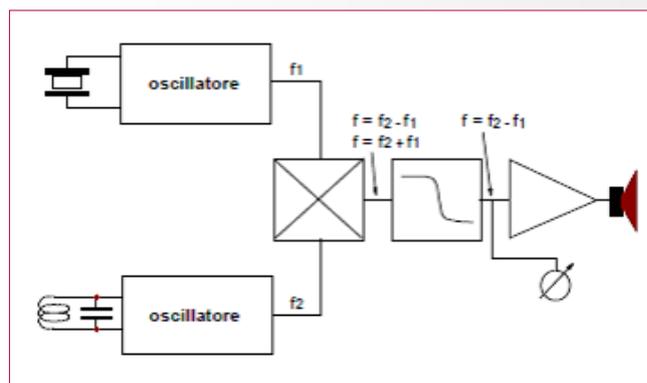


Fig. 5 - Schema a blocchi di un cercametri a BFO.

complicata), definita “Pulse Induction” (PI).

Un cercametri “Pulse Induction” ha un principio di funzionamento che ricorda in qualche modo quello di un radar (fig. 7).

Un generatore invia un serie di impulsi di corrente alla testa di ricerca, producendo un intenso campo magnetico impulsato. L'avvolgimento (bobina) nella testa di ricerca trasmette gli impulsi verso il terreno, generando, con un piccolo ritardo, una serie di impulsi di risposta dall'oggetto metallico eventualmente sepolto, eccitato dal campo elettromagnetico esterno.

I cercametri PI superano tutte le altre configurazioni quando si tratta d'individuare oggetti piccoli in terreni intrisi di acqua salmastra (spiagge) o molto ricchi di minerali metallici. Per contro, non hanno la capacità di discriminare fra differenti tipi di metalli.

Le caratteristiche di un cercametri “Pulse Induction” possono essere riassunte come segue:

- Stabilità: buona
- Esclusione automatica del suolo: ottima
- Eliminazione automatica di oggetti inquinanti: buona
- Regolazione della sensibilità: buona
- Discriminazione dei metalli: difficile

Tutte le configurazioni finora esposte si avvalgono negli ultimi anni delle più moderne tecnologie elettroniche, quali il processamento digitale dei segnali (“digital Signal Processing”, DSP) e la localizzazione GNSS/GPS, utile quest'ultima a memorizzare l'esatta posizione di possibili manufatti interrati.

APPLICAZIONI DEI “METAL DETECTORS” NELLA RICERCA ARCHEOLOGICA

Il primo utilizzo storicamente riportato dell'utilizzo dei cercametri in ambito archeologico risale al 1958 ed è quello dello storico militare americano Don Rickey che li utilizzò per ricostruire lo scenario della storica battaglia di Little Big Horn. Nel Nord-America, l'uso dei “metal detectors” come strumento di ricerca storico-archeologica è stato per lo più rivolto alla ricostruzione di teatri di guerra e di battaglie, con il ritrovamento di manufatti ed esse relativi.

Nel 1995 uno studio molto esteso condotto sull'uso dei cercametri in archeologia nel Regno Unito dimostrò che ogni anno decine di migliaia di ritrovamenti significativi erano dovuti a cercatori amatoriali, animati dalla passione più che da motivazioni disoneste (fig. 8).

Lo studio concluse che, nonostante le giustificate remore nei confronti di scavi condotti in modo non scientifico, i vantaggi di questo “hobby” erano di gran lunga maggiori degli aspetti negativi. Da questa conclusione scaturì il già citato “Treasure Code of Practice” del 1996 che stabiliva linee guida sulla reportistica, il coordinamento da parte di musei ed archeologi professionali ed alcune regole generali da rispettare a livello governativo.

Al giorno d'oggi gli ausili tecnici in supporto alla prospezione archeologica non invasiva sono vari e numerosi: fotografie aeree e immagini da satellite, georadar (“ground penetrating radar”), magnetometria, mappatura della conducibilità del suolo. Anche i “metal detectors” di per sé sono strumenti non invasivi: l'ostilità nei loro confronti è principalmente dovuta all'abuso che se ne fa, da parte di persone senza scrupoli ovvero prive di sensibilità culturale nei confronti del patrimonio storico.

A loro merito si deve ascrivere il fatto che sono relativamente economici e facili da usare. Se usati in maniera con-

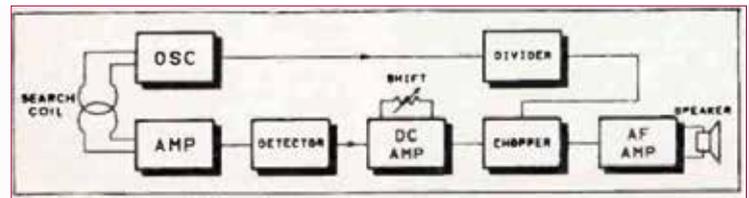


Fig. 6 - Schema a blocchi di un cercametri “Induction Balanced”.

trollata e sistematica, possono costituire un valido aiuto alla ricerca archeologica, soprattutto nell'identificazione di nuovi siti d'interesse e nella loro delimitazione.

Ancora una volta, si può dire che non è lo strumento ad essere di per sé cattivo, ma è l'uso sbagliato che se ne fa a renderlo tale.

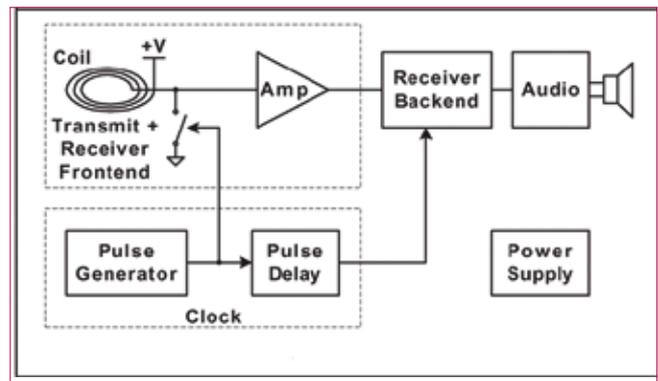


Fig. 7 - Schema a blocchi di un cercametri “pulse induction”

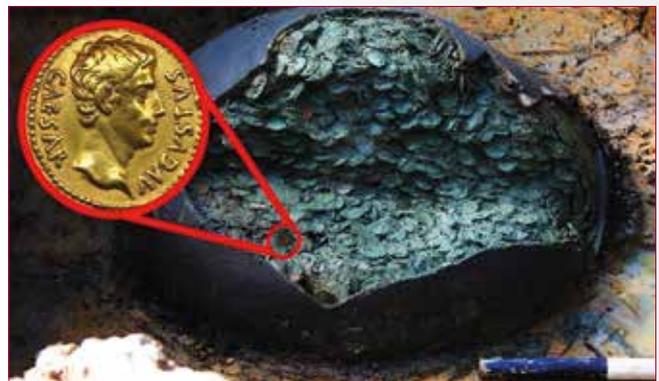


Fig. 8 - Vaso di terracotta trovato da un cercatore amatoriale nel Somerset, in Inghilterra. Il vaso conteneva più di cinquantamila monete romane del terzo secolo dopo Cristo.

ABSTRACT

The “metal detector” is an instrument that uses some electromagnetic properties of metals to detect the presence of metal objects buried in the ground. Originally developed for military applications, more precisely to clear minefields, metal detectors find use in many other applications: from the detection of weapons on passengers in airports to geological and (with many reserves) archaeological research, or, more simply, to the identification of electrical cables or metal pipes underground or in the walls of buildings.

PAROLE CHIAVE

METAL DETECTORS; ARCHEOLOGIA; TECNOLOGIA; PROSPEZIONE ARCHEOLOGICA; RICERCA

AUTORE

MARCO LISI, INGMARCOLISI@GMAIL.COM
RENATO DI CESARE, ALPHAGRBY9@GMAIL.COM