

BOLLETTINO DI ARCHEOLOGIA ON LINE

DIREZIONE GENERALE ARCHEOLOGIA, BELLE ARTI E PAESAGGIO

XIV, 2023/1

GUGLIELMO STRAPAZZON*

DA BRADFORD ALL'EUROPA. QUALE FUTURO PER LA SECONDA RIVOLUZIONE (EUROPEA) DELL' "ARCHEOGEOFISICA"?

Over thirty years after the Valletta Convention, the use of geophysical survey techniques, despite their continuous growth, has not yet become a standard practice in preventive archaeology. This paper aims to examine the initial revolution of "archaeogeophysics", which occurred between the seventies and the nineties, in England, to compare it with notable advancements in this field across Europe over the past twenty years, with a specific focus on Italy.

1. INTRODUZIONE

Nell'ultimo ventennio l'applicazione delle tecniche di indagine geofisica in archeologia ha visto un deciso incremento in ambito europeo. In buona parte delle nazioni, e anche in Italia, si riscontra infatti un sempre maggior riconoscimento della loro efficacia da parte delle istituzioni nazionali, anche se l'applicazione di tali indagini rimane ancora occasionale specialmente nell'ambito dell'archeologia preventiva.

In questo panorama, a fare eccezione è il Regno Unito. Proprio l'Inghilterra fu tra gli anni Settanta e Novanta del secolo scorso al centro di una vera e propria rivoluzione nell'ambito dell'"archeogeofisica". Questa ebbe un impatto così significativo che portò in poco più di un ventennio a una profonda trasformazione della pratica della tutela dei depositi archeologici e alla creazione di un nuovo settore di specializzazione tra gli archeologi.

Il termine stesso di "archeogeofisica", neologismo di chiara derivazione anglosassone, utilizzato dagli anni Ottanta in ambito geofisico per definire indagini su contesti archeologici e sempre più utilizzato nell'ultimo decennio dagli archeologi, più che a una disciplina a sé stante si riferisce idealmente ad una specializzazione "ibrida", che unisce la formazione archeologica, necessaria per la conoscenza della natura e dei processi di formazione dei depositi archeologici, a una formazione tecnico-teorica nell'utilizzo delle strumentazioni geofisiche più comunemente

impiegate in contesti archeologici.

L'analisi della "ricetta" che ha portato il Regno Unito, e in particolare l'Inghilterra, a trasformare tecniche sperimentali-pionieristiche in una prassi standard nelle valutazioni di impatto archeologico può risultare utile per comprendere il complesso percorso di diffusione e integrazione di queste metodologie in archeologia, specialmente se messo a confronto con alcune esperienze rappresentative in ambito europeo e italiano dell'ultimo ventennio.

2. LA PRIMA RIVOLUZIONE DELL' "ARCHEOGEOFISICA" INGLESE

2.1. La ricetta inglese

Nel suo contributo per gli atti dell'*11th International Conference on Archaeological Prospection* (ICAP 2015) Herbich Tomasz¹, ripercorrendo la storia dell'applicazione delle indagini magnetiche nella ricerca archeologica, definisce quelli che considera i quattro elementi chiave del successo dell'introduzione di questa tecnica in Inghilterra. Sebbene le sperimentazioni pionieristiche delle tecniche di indagine geofisica in ambito archeologico, tra gli anni Trenta e Sessanta del Novecento², abbiano interessato diversi paesi europei³ e gli USA⁴, fu proprio in Inghilterra, nel fertile clima intellettuale creato dall'impatto dell'archeologia processuale⁵ che questi metodi non rimasero limitati a singoli ricercatori o a centri di eccellenza, ma si diffusero ed entrarono nella pratica quotidiana dell'archeologia. I quattro elementi di questa vera e propria "ricetta inglese" della prima rivoluzione dell' "archeogeofisica", che non si limita alle tecniche magnetometriche ma si estende anche alla resistività elettrica, sono:

- l'attività di ricerca e sviluppo di centri specializzati;
- la creazione di centri dedicati alla formazione degli archeologi nelle tecniche di indagine geofisica;
- l'introduzione sistematica delle indagini geofisiche nell'archeologia d'emergenza;
- lo sviluppo di strumenti disponibili commercialmente per l' "archeogeofisica".

Si tenterà di ripercorrerli di seguito sinteticamente. Il primo elemento è stato la creazione di centri e laboratori specializzati che, verso la fine degli anni Sessanta, si dedicarono specificamente alla definizione di pratiche applicative dei metodi esistenti. Il centro di maggiore rilievo all'epoca è stato l'*Ancient Monument Laboratory* di Londra, che faceva parte dell'*Inspectorate of Ancient Monuments (AML)* presso l'allora *Ministry of Public Buildings and Works*. L'*AML*, fondato nel 1950⁶, ha operato su scala molto ridotta fino al 1966, quando John W.G. Musty, in qualità di primo *chief laboratory officer*, ha iniziato a estendere l'ambito del laboratorio per includere la maggior parte degli aspetti della scienza applicata all'archeologia.

Questa istituzione, nata all'inizio del secolo scorso, principalmente con scopi di conservazione e valutazione di oggetti di interesse archeologico, nel 1967 aprì una terza sezione dedicata alla geofisica (*Geophysical Section*), proseguendo l'attività già iniziata da altri centri, e in particolare l'*Oxford Archaeology Laboratory*. Presso questa sezione venne assunto Anthony Clark, primo archeogeofisico a tempo pieno in Inghilterra, che si occupava appunto della valutazione della sperimentazione delle tecniche, in particolare magnetometro *fluxgate*, resistività elettrica e misure della suscettività magnetica, con un numero sempre crescente di *survey*, circa una ventina all'anno. Obiettivo primario delle indagini geofisiche, in questo periodo pionieristico, era quello di offrire una valutazione non molto dettagliata, una vera e

¹ HERBICH 2015.

² BOSCHI 2020.

³ GAFFNEY, GATER 2003.

⁴ BEVAN 2000.

⁵ CLARKE 1973

⁶ DAVID 2006.

propria prospezione che, pur fornendo dati a bassa risoluzione, permetteva comunque di evidenziare anomalie utili a guidare le trincee di scavo e ridurre i costi legati alla pianificazione delle opere.

Il secondo elemento di questa ricetta inglese fu la formazione degli archeologi all'uso delle tecniche geofisiche. Nel 1971 Arnold Aspinall creò un'unità incaricata della formazione sui metodi di prospezione presso l'Università di Bradford. Questa unità si focalizzò principalmente sulla formazione supplementare per archeologi, con grande attenzione all'aspetto pratico dell'applicazione dei metodi geomagnetici e di resistività elettrica all'interno del *MSc (Master of Science) in Archaeological Science*.

Il fatto che a così tanti archeologi fossero insegnati aspetti della geofisica applicata fu un fattore fondamentale nella diffusione di queste tecniche. Contrariamente a quanto ci si poteva aspettare, gli archeologi si trovarono a proprio agio nell'impiego di queste tecniche e acquisirono la capacità di verificarne la fattibilità e l'utilità nei diversi contesti d'indagine. Questo ebbe un ruolo chiave nella promozione della geofisica in archeologia in quanto gli archeologi collaboravano attivamente con le autorità locali e nazionali nelle fasi di pianificazione delle opere.

Il terzo elemento, appunto, fu l'introduzione dell'impiego delle indagini geofisiche al di fuori dell'ambito della ricerca, per la pianificazione di grandi opere di interesse nazionale. Proprio un allievo di Aspinall, formatosi a Bradford, John Gater, nel 1979 venne assunto da *British Gas* per la valutazione dell'impatto archeologico relativa alla costruzione del gasdotto finalizzato a sfruttare giacimenti trovati nel nord della Gran Bretagna⁷.

Questo progetto ebbe una grande rilevanza in quanto aprì la strada all'applicazione estesa della geofisica nell'ambito dell'archeologia preventiva. Nel 1986 John Garter fondò la prima grande azienda privata di geofisica per l'archeologia, la *GSB Prospection Ltd (Geophysical Surveys of Bradford)* che per anni ebbe un ruolo leader nell'ambito dell'archeologia d'emergenza. A seguito di quest'esperienza, nacquero in Inghilterra numerose ditte archeologiche di piccole o medie dimensioni, che si occuparono specificatamente di condurre indagini geofisiche per l'archeologia, in particolare tramite l'impiego di magnetometri *fluxgate*.

Il quarto elemento fu lo sviluppo e la messa in commercio di strumenti specifici per l'impiego in ambito archeologico. Anche in questo caso la scuola di Bradford ebbe un ruolo di rilievo, in quanto fu proprio un allievo di Arnold Aspinall, Roger Walker, che nel 1984 creò un'azienda, la *GeoScan Research*⁸, il cui obiettivo è stato per 36 anni quello di creare strumenti *user-friendly* che potessero essere utilizzati direttamente dagli archeologi. Gli strumenti e i *software* prodotti dalla *GeoScan Research*, ovvero la serie di gradiometri *fluxgate* FM 09, FM 18, FM 36 e FM256 e di *Resistance meter system* RM 4 e RM 84 e il software *Geoplot*, ebbero una vastissima diffusione e un ruolo chiave nello sviluppo delle applicazioni pratiche della disciplina. Questi strumenti, semplici da utilizzare, adatti alle attività sul campo e piuttosto accessibili economicamente, offrivano agli archeologi la possibilità di condurre direttamente le indagini. Il grande impatto di queste strumentazioni sull'archeologia da campo inglese portò inoltre allo sviluppo di altri strumenti dedicati alle indagini archeologiche da parte di un'altra ditta inglese, *Bartington*⁹, che oltre al gradiometro Grad601, sviluppò la serie di attrezzature per la misurazione della suscettibilità magnetica Bartington MS2/MS3, largamente impiegate sia per misure di campagna che di laboratorio.

2.2. Esiti della prima rivoluzione dell' "archeogeofisica" inglese

⁷ GAFFNEY, GATER 2003.

⁸ <http://www.geoscan-research.co.uk/>.

⁹ <https://www.bartington.com/>.

Gli esiti di questo ventennio di innovazione in area anglosassone non sono da ricercare in una chiara definizione legislativa relativa all'impiego delle tecniche di indagine geofisica nell'ambito dell'archeologia d'emergenza. Il risultato più rilevante fu il riconoscimento completo, sia in ambito universitario che in ambito professionale, dell'efficacia delle strumentazioni e ancor più delle metodologie di acquisizione e interpretazione sperimentate e insegnate agli archeologi.

Già all'inizio degli anni Novanta, le tecniche di indagine geofisica in ambito archeologico divennero operazioni di routine in costante e progressivo aumento, tanto che nella sola Inghilterra nei primi anni 2000 si stimavano più di 450 *survey* all'anno¹⁰, condotte da numerose ditte archeologiche. Se da un lato questa situazione portò al pieno riconoscimento di queste metodologie, dall'altra fece nascere la necessità di standard condivisi di *good practice*.

In un ambiente sempre più attivo nell'ambito commerciale, in cui la maggior parte dei finanziamenti per il lavoro archeologico è fornita dal committente, divenne fondamentale che qualsiasi lavoro di indagine geofisica raggiungesse determinati standard minimi concordati. Questo portò alla pubblicazione, dal 1995, di *Geophysical survey in archaeological field evaluation*¹¹, ovvero le prime linee guida a cura dell'*AML* (all'epoca parte dell'*English Heritage Society*).

Questo documento fu il primo di una serie di pubblicazioni mirate non tanto alla spiegazione dei principi teorici del funzionamento delle diverse tecniche, ma alla definizione di standard di acquisizione e interpretazione archeologica, destinate sia agli operatori che ai committenti di indagini geofisiche per l'ambito archeologico. Data la continua evoluzione delle strumentazioni e lo sviluppo delle esperienze sul campo, tali linee guida sono state progressivamente aggiornate fino al 2008 da *English Heritage*¹². L'ultimo aggiornamento di queste, uscendo dall'ambito anglosassone per rivolgersi a quello europeo, è stato pubblicato nel 2016 dall'*EAC (Europae Archaeologiae Consilium)* andando a sostituire definitivamente quelle dell'*English Heritage*¹³.

Un altro risultato dell'esperienza inglese maturata alla fine del secolo scorso è stata la pubblicazione di una serie di libri di testo dedicati all'argomento, a partire da *Seeing Beneath the Soil*, di Tony Clark, del 1990 (con successive edizioni)¹⁴, e *Archaeological Prospecting and Remote Sensing* di Irwin Scollar¹⁵, fino a *Revealing the Buried Past: Geophysics for Archaeologist* di Chris Gaffney e John Gater¹⁶. Nel 1996, inoltre, si vide la nascita di una rivista dedicata, *Archaeological Prospection* edita da Wiley, di cui fu primo direttore il già più volte citato Arnold Aspinall, che andò finalmente a colmare il vuoto lasciato da un ventennio dalla rivista *Prospezioni Archeologiche* (1966-1974), edita della fondazione Lerici.

Un ulteriore contributo, unico nel mondo anglosassone, fu infine un programma televisivo, *Time Team* di Channel 4¹⁷. La trasmissione, in onda regolarmente dal 1994 al 2011, ha avuto un ruolo fondamentale nella divulgazione al pubblico al di fuori del ristretto mondo scientifico e professionale. L'impatto di questo programma, dove le indagini geofisiche erano costantemente presenti grazie al coinvolgimento di John Gater e la *GSB*, fu tale che si stima che almeno un terzo della popolazione inglese, circa venti milioni di persone, sia entrata in contatto attraverso questo canale con le tecniche di indagine geofisica e con la pratica archeologica contemporanea¹⁸.

¹⁰ DAVID 2006.

¹¹ DAVID 1995.

¹² DAVID *et al.* 2009.

¹³ SCHMIDT *et al.* 2016.

¹⁴ CLARK, CLARK 2003.

¹⁵ SCOLLAR *et al.* 1990.

¹⁶ GAFFNEY, GATER 2003.

¹⁷ www.channel4.com/history/timeteam.

¹⁸ La fonte di tale informazione è il già più volte citato GAFFNEY, GATER 2003.

Un ultimo grande contributo dell'archeologia inglese fu la realizzazione di quello che per gli archeologi del paesaggio era sembrato un obiettivo irraggiungibile, ovvero la mappatura continua in dettaglio di grandi porzioni di territorio. Tra le esperienze più significative¹⁹ si ricorda quella di Dominic Powlesland e del *Landscape Research Centre* in Yorkshire, che dalla fine degli anni Settanta condusse un progetto di indagine estensivo nel Vale of Pickering park²⁰.

Prima dell'inizio delle ricerche, l'area oggetto di studio si presentava quasi del tutto priva di evidenze archeologiche, fatta eccezione per alcuni tumuli databili all'Età del Bronzo. Le indagini si focalizzarono dapprima sull'acquisizione e l'analisi di materiale aerofotografico, che tra il 1979 e il 1996 portò alla progressiva individuazione di un sempre più elevato numero di anomalie riferibili a evidenze di interesse archeologico. Queste andarono progressivamente a popolare un GIS appositamente realizzato, evidenziando però anche i limiti di questa tecnica nella mappatura completa delle evidenze archeologiche sepolte. Al fine di colmare i vuoti nella mappatura dell'area di studio, Powlesland promosse l'indagine estensiva tramite l'impiego di gradiometri *fluxgate* FM256 e Grad601²¹. Questo portò agli inizi degli anni 2000 a un'area indagata di circa 30 chilometri quadrati, riccamente popolata di evidenze archeologiche databili dall'Età del Bronzo all'epoca medievale. Il significativo risultato del progetto fu quello di aver trasformato un'area archeologicamente "vuota" nell'area al mondo con la maggiore densità di evidenze archeologiche "osservate". Ancor più rilevante è la transizione dell'applicazione della geofisica dalla scala di sito a quella di paesaggio²².

3. UNA SECONDA RIVOLUZIONE (EUROPEA) DELL' "ARCHEOGEOFISICA"?

Parallelamente a quanto avvenne in Inghilterra, altri paesi Europei e gli USA sperimentarono tra gli anni Cinquanta del Novecento e il 2000 l'applicazione delle indagini geofisiche in ambito archeologico. Questi contributi furono pionieristici e fondamentali per lo sviluppo della disciplina su scala internazionale²³, ma non confluirono in un'organica adozione di strumenti e metodi nella pratica archeologica, quantomeno non con modalità paragonabili a quanto avvenuto in area anglosassone.

Tra la fine degli anni Novanta, e in particolar modo nel primo ventennio del nuovo millennio è possibile notare un progressivo cambiamento di questa tendenza. In particolare, il ruolo guida dell'Inghilterra è progressivamente indebolito, a fronte di una sempre maggiore importanza del panorama Europeo. Mettendo a confronto il processo di implementazione della disciplina tra gli anni Settanta e Novanta in Inghilterra e quello tuttora in corso in Europa è possibile trovare parallelismi, che lasciano intravedere una vera e propria "seconda rivoluzione" nel panorama delle indagini geofisiche in archeologia.

Seguendo lo schema con il quale è stata descritta la situazione inglese, andiamo ora a osservare, attraverso alcuni casi, l'attuale situazione Europea, con particolare attenzione ai suoi riflessi in ambito nazionale. In primo luogo, il ruolo dei centri di ricerca e sviluppo.

Anche in Europa il rinnovato interesse per lo sviluppo delle indagini di *remote sensing* e della *near surface geophysics* è stato guidato da diversi centri di ricerca e da istituti esistenti. Ricordandone alcuni, per l'Italia è possibile citare l'ITABC - CNR (Istituto per le Tecnologie

¹⁹ SUMMERS, SUMMERS 2013; KEAY *et al.* 2020.

²⁰ POWLESLAND 2003.

²¹ POWLESLAND 2016.

²² CAMPANA 2009.

²³ Per l'Italia si ricorda l'attività della Fondazione Lerici, e in particolare l'edizione della prima rivista dedicata, *Prospezioni Archeologiche* (Milano), per la Germania l'estesa applicazione del magnetometro a protoni e fondamentali studi legati all'origine delle anomalie magnetiche in archeologia (FASSBINDER *et al.* 1990), in Austria le sperimentazioni con sistemi multisensore, negli USA gli sviluppi dell'applicazione del GPR in ambito archeologico (CONYERS, GOODMAN 1997).

Applicate ai Beni Culturali)²⁴, nato a cavallo tra nuovo e vecchio millennio; in Grecia dal 1996 il *GeoSat ReSeArch Lab*²⁵; in Austria lo *ZAMG*²⁶, il *CNRS* in Francia, in Belgio l'Università di Ghent. Accanto a questi, pari importanza in questo processo hanno avuto nuovi istituti (*LBI ArchPro*²⁷, *NIKU*²⁸) e specialmente numerose ditte private che, grazie a continue sperimentazioni strumentali e metodologiche, alle sempre più numerose applicazioni sul campo e alla collaborazione in attività didattiche stanno radicalmente trasformando le possibilità di impiego delle indagini geofisiche per l'archeologia²⁹.

Anche dal punto di vista della formazione si rileva un panorama complesso. Osservando come esempio il panorama italiano, è possibile notare un continuo e positivo aumento della presenza di lezioni di geofisica applicata all'interno dei corsi di laurea in archeologia. Tuttavia, nella quasi totalità dei casi, con l'eccezione delle Università di Bologna e di Siena, i corsi non risultano mirati specificamente all'applicazione all'archeologia da campo, bensì al più ampio spettro delle indagini geofisiche per i beni culturali e monumentali. Queste lezioni ricadono nella maggior parte dei casi nel settore disciplinare GEO-11 (geofisica applicata) e hanno il pregio di fornire agli studenti solide basi sulla teoria e i principi di funzionamento delle tecniche geofisiche, oltre a offrire una visione ampia delle tecniche di indagine non invasiva, anche di quelle solo marginalmente applicate in archeologia. Minore importanza è invece data ad approcci metodologici specifici della pratica archeologica e nell'integrazione con dati utili all'interpretazione di evidenze di natura archeologica. Di norma, infatti, questi corsi vengono insegnati da studiosi provenienti da ambiti quali la geologia, l'ingegneria, la fisica, che raramente presentano una formazione archeologica. Nell'integrazione di questa carenza, un ruolo chiave ha avuto la realizzazione di *summer school* e progetti di collaborazione realizzati da diverse università italiane, con la partecipazione di specialisti europei delle indagini geofisiche in archeologia.

Tra queste un notevole impatto ha avuto la *XV International Summer School in Geophysics for Landscape Archaeology* organizzata a Grosseto nel luglio del 2006 dal LAP&T (Laboratorio di archeologia dei paesaggi e telerilevamento)³⁰ e dall'ITABC-CNR³¹ e confluita in un'importante pubblicazione³². Questa *summer school* ha avuto il pregio di riunire buona parte dei maggiori esperti internazionali nelle diverse tecniche geofisiche in archeologia (GPR, magnetometro *fluxgate* e a recessione di protoni, resistività elettrica e FDEM), e di focalizzare l'attenzione sulle potenzialità degli strumenti multisensore, spostando il focus dallo studio del sito a quello del paesaggio archeologico³³.

Nella promozione di progetti di mobilità e di formazione, l'Unione Europea ha avuto un ruolo rilevante. Se in ambito nazionale si ricordano le *summer schools* (2012-2013) promosse da Federica Boschi presso l'Università di Bologna, nell'ambito del progetto *Erasmus IP*³⁴, diversi progetti su scala europea sono risultati fondamentali nel promuovere il confronto e la crescita tra gli studiosi al di fuori dei limiti nazionali. Tra questi si possono ricordare il progetto *Arcland*³⁵ e, in tempi più recenti, il progetto SAGA (*The Soil Science Archaeo-geophysics*

²⁴ <http://www.cnr.it/ontology/cnr/individuo/istituto/CDS098>.

²⁵ <https://www.ims.forth.gr/en/department/view?id=7>.

²⁶ <https://www.zamg.ac.at/cms/de/aktuell>.

²⁷ <https://archpro.lbg.ac.at/?lang=en>.

²⁸ <https://www.niku.no/en/prosjekter/geofysiske-undersokelser-forskning/>.

²⁹ Si possono citare ad esempio Eastern Atlas (<http://www.eastern-atlas.de>), Geocarta (<https://geocarta.net>), SOT (<https://www.sotprospection.com>), Geostudi Astier srl (<http://www.geostudiastier.it>), ATS Archeo Tech Survey (<https://www.atsenterprise.com>).

³⁰ <http://www.lapetlab.it/>.

³¹ <http://www.itabc.cnr.it/>.

³² CAMPANA, PIRO 2009.

³³ CAMPANA 2009; KVAMME 2003; POWLESLAND 2008, pp. 167-182

³⁴ BOSCHI 2016.

³⁵ <http://www.arcland.eu/>, finanziato da dall'Unione Europea all'interno del *framework of the Culture* 2007 - 2013.

Alliance: going beyond prospection)³⁶.

Il frutto di questo dialogo internazionale tra specialisti delle indagini geofisiche in archeologia è forse uno degli elementi chiave nella sempre maggiore applicazione delle tecniche di indagine nell'ambito di progetti di archeologia di emergenza.

Osservando l'ambito italiano, uno dei più significativi risultati è stato il progetto BreBeMi³⁷. Il progetto ha rappresentato un pionieristico approccio all'applicazione di strumentazioni geofisiche motorizzate multisensore, finalizzato all'archeologica preventiva nell'ambito della realizzazione di una grande opera infrastrutturale. Preventivamente alla realizzazione dell'A35, un'autostrada di circa 120 chilometri tra le città di Brescia, Bergamo e Milano, venne applicato in modo sistematico un insieme di procedure non invasive per ridurre il rischio archeologico prima della costruzione dell'opera. Accanto alla raccolta sistematica delle fonti storiche esistenti, all'analisi geomorfologica dell'area d'interesse e alle acquisizioni LIDAR e di foto oblique, un ruolo chiave fu quello delle indagini geofisiche in estensione. Nel dettaglio, furono utilizzati due sistemi motorizzati prodotti da Geocarta, l'AMP per le indagini geomagnetiche e ARP per le indagini geoelettriche di resistività, su una superficie di 438 ettari con una densità di 0,5 x 0,5 metri per di AMP e di 0,5 x 0,08 metri ARP (maglia e 0,5 x 0,08 metri). Il progetto vide la partecipazione di ditte e specialisti provenienti da diverse nazioni Europee, con il coordinamento di Stefano Campana. L'esperienza della BreBeMi risulta particolarmente significativa non tanto per i notevoli risultati ottenuti a livello archeologico, ma per la spinta a livello metodologico e per la parziale ricezione da parte organi locali della Soprintendenza competente³⁸. Il lavoro di indagini non invasive fu infatti interrotto in corso d'opera dal Soprintendente regionale, che prescrisse il ritorno ai tradizionali metodi di indagine invasiva tramite trincee di controllo, ignorando il giudizio espresso dalla dal Comitato tecnico-scientifico per l'Archeologia.

Come spesso accade in Italia e in Europa, anche in questo progetto, a differenza di quanto osservabile in Inghilterra, dove la realizzazione stessa delle indagini geofisiche è normalmente condotta da ditte archeologiche specializzate o da ditte archeologiche legate alle Università, le indagini geofisiche sono state realizzate da una ditta di geofisica sotto il coordinamento dell'archeologo. In quest'ottica il ruolo dell'archeologo è fondamentale su diversi livelli. Quest'ultimo deve infatti interfacciarsi direttamente con le ditte che eseguono le indagini geofisiche per conto della committenza a cui è richiesta la procedura di verifica preventiva, con il ruolo di indirizzare correttamente l'indagine, scegliendo i metodi più idonei, a seconda delle condizioni del suolo, della profondità e delle caratteristiche stimate degli elementi archeologici sepolti e, soprattutto, di saper leggere i risultati forniti da tali ditte per fornire dati utili alle Soprintendenze di settore, specie in vista dell'eventuale definizione di un piano di indagini invasive.

Sebbene la collaborazione dell'archeologo con ditte di geofisica, anche se non specializzate nell'analisi di depositi archeologici, sia utile e necessaria specialmente in contesti complessi, non si esclude che anche in Italia si possa assistere a un aumento di ditte archeologiche che realizzino direttamente indagini non invasive come quanto avvenuto in Inghilterra dagli anni Ottanta.

Uno degli aspetti più significativi degli ultimi vent'anni è senza dubbio rappresentato dall'evoluzione della strumentazione e dei software³⁹. Dall'inizio del nuovo millennio la strumentazione utilizzata nell'ambito della geofisica per l'archeologia ha infatti subito un

³⁶ <https://www.saga-cost.eu/>, anch'esso finanziato in seno ad un progetto Europeo.

³⁷ CAMPANA, DABAS 2011; CAMPANA 2014.

³⁸ CAMPANA 2014.

³⁹ SALA *et al.* 2012.

decisivo sviluppo. La trasformazione più evidente rispetto ai decenni precedenti è stata l'introduzione del *Ground Penetrating Radar* accanto alle tradizionali indagini geomagnetiche e geoelettriche. Sebbene le prime applicazioni di questo metodo in ambito archeologico risalgano agli anni Settanta⁴⁰, il GPR non ha raggiunto la sua maturità applicativa fino alla seconda metà degli anni 'Novanta⁴¹.

Tale trasformazione è legata non tanto allo sviluppo della tecnica in sé, ma all'aumento della potenza di calcolo necessaria per l'elaborazione dei dati e al conseguente sviluppo di software dedicati. Questo ha fornito la possibilità di interpolare numerosi profili acquisiti a distanze ravvicinate (25-50 centimetri) per la creazione di *amplitude depth slices* che permettono di creare visualizzare mappe del sottosuolo a diverse profondità, essenziali per le applicazioni in ambito archeologico. La prima decade del nuovo millennio ha inoltre visto la sperimentazione e messa in commercio di strumentazioni multisensore, in particolare per quanto riguarda i sistemi georadar⁴², ma anche i magnetometri⁴³ e la geoelettrica⁴⁴. Ciò ha portato a una notevole diminuzione dei tempi e all'aumento della risoluzione delle indagini⁴⁵.

Parallelamente, il miglioramento e la riduzione dei costi dei DGPS (*Differential Global Positioning System*) hanno favorito la velocità di acquisizione e la precisione del posizionamento dei dati raccolti. Un altro aspetto della sempre più ampia diffusione e distribuzione della strumentazione geofisica in ambito commerciale è una sempre maggiore accessibilità nell'uso di software dedicati da parte degli utenti. Infine, un elemento di novità è rappresentato dallo sviluppo di *rover* autonomi per l'acquisizione di dati su larga scala.

Alcune applicazioni sperimentali dell'uso di UAV⁴⁶ per le indagini magnetometriche, hanno evidenziato le potenzialità sul piano della rapidità di acquisizione e di accessibilità in aree difficoltose, anche se al momento la distanza tra il sensore montato e i target archeologici risulta problematica in quanto diminuisce significativamente l'intensità delle anomalie magnetiche. Anche *rover* terrestri autonomi, destinati alle pratiche agricole di precisione, sono stati testati⁴⁷ per acquisizioni GPR multiantenna. Queste esperienze seppur ancora sperimentali lasciano ipotizzare una possibile automatizzazione delle operazioni di acquisizione che potrebbe influenzare notevolmente la pratica delle indagini geofisiche per l'archeologia.

4. PROSPETTIVE FUTURE

L'analisi dei processi che hanno portato all'adozione delle tecniche di indagine geofisica nell'archeologia preventiva in Inghilterra e della situazione attuale in Europa permettono di trarre alcune conclusioni.

La partecipazione diretta degli archeologi nella pratica della geofisica applicata si è rivelata fondamentale per la diffusione di queste tecniche nell'ambito dell'archeologia preventiva.

L'interazione diretta tra archeologi e geofisici ha promosso una migliore comprensione delle potenzialità e delle limitazioni delle indagini geofisiche, consentendo un'efficace integrazione nelle strategie di ricerca. La sola indicazione legislativa non è sufficiente per promuovere l'uso di approcci non invasivi nell'archeologia.

È necessario che gli archeologi, sia quelli che operano sul campo, sia i funzionari pubblici, comprendano l'importanza e le implicazioni delle indagini geofisiche nella conservazione e

⁴⁰ VICKERS *et al.* 1976.

⁴¹ CONYERS, GOODMAN 1997.

⁴² FRANCESE *et al.* 2009; TRINKS *et al.* 2018.

⁴³ GAFFNEY *et al.* 2012.

⁴⁴ DABAS 2009.

⁴⁵ VERDONCK *et al.* 2020.

⁴⁶ STELE *et al.* 2022

⁴⁷ <https://autoagri.no/2020/03/30/ground-penetrating-3d-radar-for-precision-farming/>.

valorizzazione del patrimonio archeologico. Per favorire tali processi, è indispensabile migliorare la formazione universitaria con un maggior coinvolgimento di archeologi nell'insegnamento, affinché possano coniugare la conoscenza delle tecniche geofisiche impiegate con la teoria, i metodi e le strategie d'indagine della ricerca archeologica.

Inoltre, è fondamentale promuovere una continua partecipazione al confronto scientifico sulle prospezioni geofisiche tra specialisti internazionali. Gli scambi di conoscenze, esperienze e metodologie tra studiosi provenienti da diverse parti d'Europa favoriscono lo sviluppo e l'ottimizzazione delle tecniche di indagine geofisica, consentendo un progresso costante nell'ambito dell'archeologia preventiva.

In sintesi, le conclusioni tratte da questo confronto tra i processi che hanno portato all'adozione delle tecniche di indagine geofisiche nell'archeologia preventiva in Inghilterra e la situazione attuale in Europa mettono in luce l'importanza della partecipazione diretta degli archeologi, della formazione universitaria e del confronto scientifico internazionale per promuovere un uso efficace delle tecniche geofisiche nella pratica dell'archeologia preventiva.

*University of Sheffield

guglielmostrapazzon@gmail.com

Bibliografia

- BEVAN 2000: B.W. BEVAN, "An early geophysical survey at Williamsburg, USA", in *Archaeological Prospection* 7, pp. 51-58.
- BOSCHI 2016: F. BOSCHI (a cura di), *Looking for the future, caring for the past. Preventive Archaeology in Theory and Practice. Evaluating sites and landscapes. Methods and techniques for evaluating the archaeological value* (Proceedings of the IP Summer schools in preventive archaeology; Bologna 2012-2013), Bologna.
- BOSCHI 2020: F. BOSCHI, *Archeologia senza scavo. Geofisica e indagini non invasive*, Bologna.
- CAMPANA 2009: S. CAMPANA, "Archaeological site detection and mapping: Some thoughts on differing scales of detail and archaeological non-visibility", in CAMPANA, PIRO 2009, pp. 5-26.
- CAMPANA 2014: S. CAMPANA, "Archaeological Impact Assessment vs Rescue Archaeology: The Brebemi Project (Italy)", in A. CASTILLO (a cura di), *Archaeological dimension of World Heritage: from prevention to social implications* (Proceedings of the First International Conference on Best Practices in World Heritage; Mahon, Minorca, Balearic Islands 2012), pp. 66-81.
- CAMPANA, DABAS 2011: S. CAMPANA, M. DABAS, "Archaeological impact assessment: The BREBEMI project (Italy)", in *Archaeological Prospection* 18, pp. 139-148.
- CAMPANA, PIRO 2009: S. CAMPANA, S. PIRO (a cura di), *Seeing the Unseen. Geophysics and Landscape Archaeology* (Proceedings of the XVth International Summer School; Londra 2009).
- CLARK, CLARK 2003: O. CLARK, A. CLARK, *Seeing Beneath the Soil: Prospecting Methods in Archaeology*, London.
- CLARKE 1973: D. CLARKE, "Archaeology: the loss of innocence", in *Antiquity* 47, pp. 6-18.
- CONYERS, GOODMAN 1997: L. CONYERS, D. GOODMAN, *Ground-penetrating Radar: An Introduction for Archaeologists*, London.
- DABAS 2009: M. DABAS, "Theory and practice of the new fast electrical imaging system ARP©", in CAMPANA, PIRO 2009, pp. 105-126.
- DAVID 1995: A. DAVID, *Geophysical survey in archaeological field evaluation*, London.
- DAVID 2006: A. DAVID, "The ancient monuments laboratory and its geophysics section: an imperfect history", in V. GAFFNEY (a cura di), *From Artefacts to Anomalies. Papers inspired by the contribution of Arnold Aspinall* (Bradford 2006), Bradford, pp. 1-18.
- DAVID *et al.* 2009: A. DAVID, N. LINFORD, P. LINFORD, "Geophysical survey in archaeological field evaluation", in *Archaeological Prospection* 16, pp. 139-140.
- FASSBINDER *et al.* 1990: J. FASSBINDER, H. STANJEK, H. VALI, "Occurrence of Magnetic Bacteria in Soil", in *Nature* 343, pp. 161-163.
- FRANCESE *et al.* 2009: R.G. FRANCESE, E. FINZI, G. MORELLI, "3-D high-resolution multi-channel radar investigation of a roman village in northern Italy", in *Journal of Applied Geophysics* 67, pp. 44-51.
- GAFFNEY, GATER 2003: C. GAFFNEY, J. GATER, *Revealing the Buried Past: Geophysics for Archaeologists*, Stroud.
- GAFFNEY *et al.* 2012: C. GAFFNEY, V. GAFFNEY, W. NEUBAUER, E. BALDWIN, H. CHAPMAN, P. GARWOOD, H. MOULDEN, T. SPARROW, R. BATES, K. LOCKER, A. HINTERLEITNER, I. TRINKS, E. NAU, T. ZITZ, S. FLOERY, G. VERHOEVEN, M. DONEUS, "The Stonehenge hidden landscapes project", in *Archaeological Prospection* 19, pp. 147-155.
- HERBICH 2015: T. HERBICH, "Magnetic prospecting in archaeological research: a historical outline", in *APol* 53, pp. 21-68.
- KEAY *et al.* 2020: S. KEAY, M. MILLETT, K. STRUTT, P. GERMONI *The Isola Sacra Survey: Ostia, Portus and the port system of Imperial Rome*, Cambridge.
- KVAMME 2003: K.L. KVAMME, "Geophysical surveys as landscape archaeology", in *American Antiquity* 68, pp. 435-457.
- LUIS *et al.* 1984: J. LUIS, H. DEHESA, C. ROBLES, "Archaeogeophysics: a new word in downtown Mexico City", in *SEG Technical Program Expanded Abstracts*, Houston - Texas, pp. 193-195.

- POWLESLAND 2003: D. POWLESLAND, *25 Years of Archaeological Research on the Sands and Gravels of Heselton*, Goring by Sea.
- POWLESLAND 2008: D. POWLESLAND, “Why bother? Large scale geomagnetic survey and the quest for “Real Archaeology”, in CAMPANA, PIRO 2009, pp. 167-182.
- SALA *et al.* 2012: R. SALA, E. GARCIA, R. TAMBA, “Archaeological geophysics - from basics to new perspectives”, in I. OLLICH-CASTANYER (a cura di), *Archaeology. New Approaches in Theory and Techniques*, Rijeka, pp. 133-166.
- SCHMIDT *et al.* 2016: A. SCHMIDT, P. LINFORD, N. LINFORD, A. DAVID, C. GAFFNEY, A. SARRIS, J. FASSBINDER, *EAC Guidelines for the Use of Geophysics in Archaeology: Questions to Ask and Points to Consider*, Namur.
- SCOLLAR *et al.* 1990: I. SCOLLAR, A. TABBAGH, A. HESSE, I. HERZOG, *Archaeological prospecting and remote sensing*, Cambridge.
- STELE *et al.* 2022: A. STELE, R. LINCK, M. SCHIKORRA, J. FASSBINDER, “UAV magnetometer survey in low-level flight for archaeology: Case study of a Second World War airfield at Ganacker (Lower Bavaria, Germany)”, in *Archaeological Prospection* 29, pp. 645-650.
- SUMMERS, SUMMERS 2013: G. SUMMERS, F. SUMMERS, “The Kale at Kerkenes Dağ: An Iron Age Capital in Central Anatolia. Cities and Citadels”, in S. REDFORD, N. ERGIN (a cura di), *Turkey: from the Iron Age to the Seljuks* (Ancient Near Eastern Studies, 40), Leuven.
- TRINKS *et al.* 2018: I. TRINKS, A. HINTERLEITNER, W. NEUBAUER, E. NAU, K. LOCKER, M. WALLNER, M. GABLER, R. FILZWIESER, J. WILDING, H. SCHIEL, V. JANSAP, SCHNEIDHOFER, T. TRAUSMUTH, V. SANDICI, D. RUSS, S. FLORY, J. KAINZ, M. KUCERA, A. VONKILCH, T. TENCER, L. GUSTAVSEN, M. KRISTIANSEN, L.M. BYE-JOHANSEN, C. TONNING, T. ZITZ, K. PAASCHE, T. GANSUM, S. SEREN, “Large-area high-resolution ground-penetrating radar measurements for archaeological prospection”, in *Archaeological Prospection* 25, pp. 171-195.
- VERDONCK *et al.* 2020: L. VERDONCK, A. LAUNARO, F. VERMEULEN, M. MILLETT, “Ground penetrating radar survey at Falerii Novi: a new approach to the study of roman cities”, in *Antiquity* 94, pp. 705-723.
- VICKERS *et al.* 1976: R. VICKERS, L. DOLPHIN, D. JOHNSON, “Archaeological investigations at Chaco Canyon using subsurface radar”, in L.R. THOMAS (a cura di), *Remote Sensing Experiments in Cultural Resource Studies*, Chaco Center, pp. 81-101.