

ALESSANDRO BEZZI, LUCA BEZZI, GIANLUCA FONDRIEST, RUPERT GIETL,  
GIUSEPPE NAPONIELLO & MATTIA SEGATA

## LO SCAVO ARCHEOLOGICO PROFESSIONALE, INNOVAZIONI E BEST PRACTICE MEDIANTE METODOLOGIE APERTE E OPEN RESEARCH

ABSTRACT - BEZZI A., BEZZI L., FONDRIEST G., GIETL R., NAPONIELLO G. & MATTIA S., 2015 - Professional archaeology, innovations and best practices through an OpenResearch.

Atti Acc. Rov. Agiati, a. 265, 2015, ser. IX, vol. V, B: 5-20.

This contribution intend to propose a summary of the ten-year experience of Arc-Team in archaeological professional excavations, focusing primarily on the use of open tools (free and open source software and hardware) and on the concept of Open Research, through the exchange of data, knowledge (know-how) and informations.

KEY WORDS - Professional archaeology, Open source, Open research, Best practice, Archeometry.

RIASSUNTO - BEZZI A., BEZZI L., FONDRIEST G., GIETL R., NAPONIELLO G. & MATTIA S., 2015 - Lo scavo archeologico professionale, innovazioni e best practice mediante metodologie aperte e Open Research.

Con il presente contributo si intende proporre un sunto della decennale esperienza di Arc-Team nell'archeologia professionale, un'esperienza incentrata principalmente sull'uso di strumenti aperti (software e hardware liberi e open source) e sul concetto di Open Research, mediante lo scambio di dati, conoscenza (know-how) ed informazioni.

PAROLE CHIAVE - Archeologia professionale, Open source, Ricerca aperta, Best practice, Archeometria.

## 1. L'ARCHEOLOGIA PROFESSIONALE, IL BISOGNO DI DATI METRICI E LE RISPOSTE DELL'OPEN RESEARCH

In campo professionale, l'ultimo decennio è stato caratterizzato dalla sempre crescente consapevolezza della necessità di inquadrare i dati archeologici, pur nel rispetto delle loro molteplici e diverse tipologie, a misurazioni di tipo metrico. Se, da un lato, questo fenomeno è andato affermandosi per rispondere alla basilare esigenza di mettere ordine nel vasto e variegato territorio della disciplina archeologica, dove analisi quantitative si fondono (e spesso si confondono) con considerazioni di natura qualitativa, dall'altro lato si è cercato di dare nuovo impulso alla creazione e alla standardizzazione di quel linguaggio tecnico comune, che è forse, a tutt'oggi, una delle principali carenze della comunità scientifica di riferimento.

Il presente contributo propone un riassunto della decennale esperienza accumulata nell'affrontare questa problematica da Arc-Team, ditta che opera nel settore archeologico professionale. Tale esperienza è stata segnata proprio dal tentativo di rispondere alle maggiori esigenze archeometriche dell'archeologia contemporanea, e, nel contempo, è stata orientata dalla volontà di utilizzare strumenti e sistemi aperti (*software e hardware open source*) e di condividere i risultati ottenuti, mediante uno scambio di dati, conoscenza (*know-how*) ed informazioni, tipico del fare ricerca secondo i criteri della *Open Research* <sup>(1)</sup>. Questo approccio è derivato, tra l'altro, dal bisogno di ampliare il bacino di interlocutori scientifici con cui confrontarsi, fornendo, assieme al materiale di più facile accesso (dati e *know-how*), anche gli strumenti con cui effettuare le indagini. Una metodologia che ben si sposa con le basi del rilievo e dell'analisi archeometrica, nell'ottica di quel potenziamento di un linguaggio comune agli addetti ai lavori, cui si è precedentemente accennato.

## 2. UNA PRECONDIZIONE ALLO SCAVO ARCHEOMETRICO: LA GEOLOCALIZZAZIONE

Uno degli assiomi più comunemente accettati in archeologia è quello secondo cui un reperto (ma ciò è vero per qualsiasi elemento del deposito stratigrafico) nel momento in cui viene decontestualizzato perde la maggior

---

<sup>(1)</sup> BEZZI L., *The Taung Project from a Free and Open Source point of view*, <http://arc-team-open-research.blogspot.it/2013/04/the-taung-project-from-free-and-open.html>, accessed August 3, 2015 (blog ATOR - Arc-Team Open Research, 2013).

parte delle informazioni che potrebbe fornire. Su questa considerazione si basa, a livello italiano, tutta la legislazione attualmente in vigore nel campo della tutela, cui fanno capo le varie Soprintendenze regionali o provinciali e che, nella prassi, delega a figure professionalmente preparate l'operazione sul campo, sia essa un semplice controllo al mezzo meccanico, oppure un vero e proprio scavo. Appare dunque chiaro come la geolocalizzazione sia del singolo reperto (o struttura), sia del contesto di rinvenimento, rivesta ormai un passaggio fondamentale e imprescindibile in un qualsiasi intervento sul campo, come nei più teorici progetti archeologici: la mancata annotazione delle coordinate spaziali dei dati di volta in volta registrati, comporta una perdita di informazione i cui sviluppi esponenziali si manifestano e rendono più evidenti man mano che la ricerca procede e si avvia nelle fasi interpretative. Altrettanto importante è operare nel campo della geolocalizzazione secondo le norme vigenti ed in un'ottica sovranazionale, in maniera da costruire singole banche dati che non siano isolate tra di loro, come quelle basate su sistemi di coordinate locali, ma anzi riescano ad interagire a livello spaziale grazie a sistemi di coordinate nazionali o, meglio, internazionali. A questo riguardo, almeno nel contesto europeo, ci si può riferire alle linee guida della direttiva INSPIRE (2007/2/EC del 14 marzo 2007) <sup>(2)</sup>, emanata dalla Commissione Europea e recepita in Italia con il D.Lgs. 32/2010, le cui Implementing Rules saranno comunque indirizzate dagli standard ISO/TC211 <sup>(3)</sup> e dell'Open Geospatial Consortium <sup>(4)</sup>.

### 2.1 La geolocalizzazione e gli strumenti di base

La strumentazione necessaria ad una corretta geolocalizzazione dei contesti archeologici è oggi piuttosto semplice, anche se di costi non trascurabili, e consiste essenzialmente in un dispositivo satellitare del tipo GPS differenziale (*Global Positioning System*), oppure GNS (*Global Navigation Satellite System*), utilizzato allo scopo di posizionare con precisione subcentimetrica, e nel sistema prescelto di coordinare (proiettate o geografiche), alcuni capisaldi a terra, cui collegare successivamente la documentazione dell'intero progetto. Sebbene l'utilizzo di questo tipo di

---

<sup>(2)</sup> COMMISSIONE EUROPEA, *Directive 2007/2/ec of the european parliament and of the council*, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32007L0002>, accessed August 3, 2015. (EUR-Lex. Access to European Union law, 2007).

<sup>(3)</sup> ISO, ISO/TC 211, *Geographic information/Geomatics*, [www.isotc211.org/](http://www.isotc211.org/), accessed August 3, 2015. (ISO, 1994).

<sup>(4)</sup> OPEN GEODATA CONSORTIUM, *OGC*, [www.opengeospatial.org/](http://www.opengeospatial.org/), accessed August 3, 2015. (OGC, 1994).

apparecchiatura possa essere sufficiente nelle indagini di *survey*, specie in quei casi in cui è possibile posizionare la stazione madre (*reference station*) su di un caposaldo noto e rilevare direttamente ad ampio raggio le evidenze archeologiche per mezzo del *rover*, ad esso viene di norma associato, nelle indagini di scavo, l'utilizzo di una stazione totale, ovvero di uno strumento geodetico ad impulso di tipo TOF (*Time Of Flight*) che, una volta posizionato su un sistema di coordinate noto, può rilevare anche in contesti in cui il GPS è inefficace a causa di interferenze tra i satelliti ed i ricevitori (come all'interno degli edifici o in aree a forte copertura boschiva).

L'utilizzo combinato di GPS differenziale e stazione totale è dunque ormai una prassi consolidata che permette di soddisfare tutte le esigenze del normale lavoro quotidiano, dallo scavo di emergenza a quello di ricerca, fino ai progetti di *survey* su ampi territori. Le caratteristiche tecniche dei dispositivi e la loro propensione all'impiego all'aperto, li rendono comunque in grado di soddisfare anche le particolari esigenze che possono scaturire da interventi in condizioni logisticamente difficili (se non addirittura estreme) o nelle comuni missioni all'estero, dove riescono a garantire la registrazioni di dati nei corretti sistemi geografici sovranazionali (Fig. 1).

## 2.2 *Il problema dei big data e alcune soluzioni possibili*

Nonostante la presenza di strumentazioni geodetiche molto precise, quali quelle descritte nel capitolo precedente, il loro utilizzo è spesso trascurato nella pratica della disciplina archeologica, anche a causa dei costi non indifferenti di tale attrezzatura. Ne consegue una purtroppo ancora ampia casistica di progetti che non incontrano gli standard minimi di geolocalizzazione. Se questo aspetto risulta difficilmente risolvibile nell'ambito dello scavo, dove una corretta documentazione informatizzata necessita di deviazioni non eccessive e possibilmente nell'ordine complessivo di pochi centimetri (anche se preferibilmente subcentimetriche), è altrettanto vero che la tolleranza archeologica nella delicata fase di raccolta dati è influenzata soprattutto dall'ampiezza del territorio preso in esame e dalla mole complessiva delle evidenze da registrare. Considerando questi due parametri, il campo del *survey* appare come il settore ideale per sperimentare nuove soluzioni, dai costi contenuti, per venire incontro soprattutto alle esigenze che cominciano ad imporsi a seguito della crescente capacità di raccogliere ingenti quantità di dati in tempi sempre più ristretti. In altre parole, nell'ambito di progetti che investono grandi territori, stanno iniziando ad affiorare in archeologia quelle problematiche tipiche della questione "*big data*", fenomeno già evidente in altre branche del sapere, soprattutto quelle più influenzate dal settore informatico. Un tipico esempio legato alla gestione, ma soprattutto alla raccolta



Fig. 1 - a) lavoro quotidiano, Sesto al Reghena (PN), 2012; b) condizioni estreme, Trinkerogel (AT), 2009; c) missioni all'estero, 2006; d) progetto di survey, Comelico (BL), 2013; e) progetto di scavo, Aramus, 2008.

di *big data* in archeologia, è quello dei progetti di *survey* che si interessano dell'ambito tematico e cronologico riferibile alla Grande Guerra, moltiplicatisi nel nostro paese a seguito della pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale della legge n. 78 del 7 marzo 2001 («Tutela del patrimonio storico della Prima guerra mondiale» <sup>(5)</sup>), confermata nella sostanza dal decreto legislativo n. 42 del 22 gennaio 2004 («Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137» <sup>(6)</sup>). Questo tipo di progetti, che ricadono nell'ambito ben più ampio della cosiddetta "*conflict archaeo-*

<sup>(5)</sup> PARLAMENTO ITALIANO, *Legge 7 marzo 2001, n. 78*, [www.parlamento.it/parlam/leggi/01078l.htm](http://www.parlamento.it/parlam/leggi/01078l.htm), accessed August 3, 2015. (Gazzetta Ufficiale n. 75, 30 marzo 2001).

<sup>(6)</sup> PARLAMENTO ITALIANO, *Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42*, [www.camera.it/parlam/leggi/deleghe/04042dl.htm](http://www.camera.it/parlam/leggi/deleghe/04042dl.htm), accessed August 3, 2015. (Gazzetta Ufficiale n. 45, 24 febbraio 2004, Supplemento Ordinario n. 28).

logy”, quando non specificatamente in quello della “*battlefield archaeology*”, sono caratterizzati da un altissimo numero di evidenze tuttora preservate nel terreno, sia per il ristretto arco cronologico che ci divide dagli avvenimenti (solo un secolo), sia per l’effettiva varietà di tracce antropiche che l’attività bellica della Grande Guerra ha lasciato sul territorio. La necessità di riconoscere sul campo e registrare questa ingente mole di informazioni, indirizza questo tipo di progetti di *survey* verso una tolleranza archeologica maggiore rispetto ai singoli interventi di scavo, con uno scarto di qualche centimetro (dai 5 ai 15 cm) nella geolocalizzazione. Questo fatto permette di affidarsi a strumentazioni *low-cost*, che grazie a specifico software *open source* e ad opportune modifiche all’*hardware* riescono a raggiungere livelli di precisione ed accuratezza soddisfacenti. A questo proposito, Arc-Team sta recentemente testando la compatibilità con le esigenze archeologiche di dispositivi GPS basati su *hardware* di utilizzo comune, come gli *smartphone*, che grazie al recente *porting* del software GNSS RTKLib <sup>(7)</sup> per il sistema operativo Android (RTKGPS+) e alla combinazione con ricevitori GPS commerciali (poco costosi), riescono a raggiungere un grado di precisione accettabile (qualora supportati da una rete fissa di stazioni di riferimento; pubblica o commerciale; Fig. 2 A). In questo modo è possibile moltiplicare la strumentazione a disposizione con costi contenuti e ciò si traduce in un maggior numero di squadre di rilevatori in grado di operare contemporaneamente. Un altro sistema utilizzato da Arc-Team a partire dal 2006 <sup>(8)</sup>, con lo scopo di aumentare le potenzialità di rilievo e la mole di dati raccolti, è l’utilizzo di UAV (*Unmanned Aerial Vehicles*) *open source* autocostruiti, ovvero di droni radiocomandati finalizzati al *remote sensing* e più in generale all’archeologia aerea (Fig. 2 B). In questo caso la veloce evoluzione dell’*hardware* ha imposto la continua modifica delle schede di bordo utilizzate, passando dai primi test effettuati con l’elettronica del progetto UAVP <sup>(9)</sup>, alle schede del tipo KK <sup>(10)</sup>, fino alle recenti evoluzioni dell’elettronica basata sul noto dispositivo Arduino <sup>(11)</sup>. Recentemente, Arc-Team sta inoltre sperimentando l’utilizzo di camere modificate allo scopo di ottenere immagini NDVI e NGB, finalizzate alla prospezione archeologica.

---

<sup>(7)</sup> TAKASU T., *RTKLIB: An Open Source Program Package for GNSS Positioning*, [www.rtklib.com/](http://www.rtklib.com/), accessed August 3, 2015. (RTKLIB official site, 2007).

<sup>(8)</sup> BEZZI L., *UAVP (Universal Aerial Video Platform)*, <http://arc-team-open-research.blogspot.it/2011/07/uavp-universal-aerial-video-platform.html>, accessed August 3, 2015. (blog ATOR - Arc-Team Open Research, 2011).

<sup>(9)</sup> BEZZI A., BEZZI L. & GIETL R., 2009; BEZZI A., BEZZI L. & GIETL R., 2010.

<sup>(10)</sup> BEZZI A., BEZZI L., GIETL R. & PISU N., 2013.

<sup>(11)</sup> 3DR, *APM Copter*, <http://copter.ardupilot.com/>, accessed August 3, 2015. (APM Copter official site, 2010).

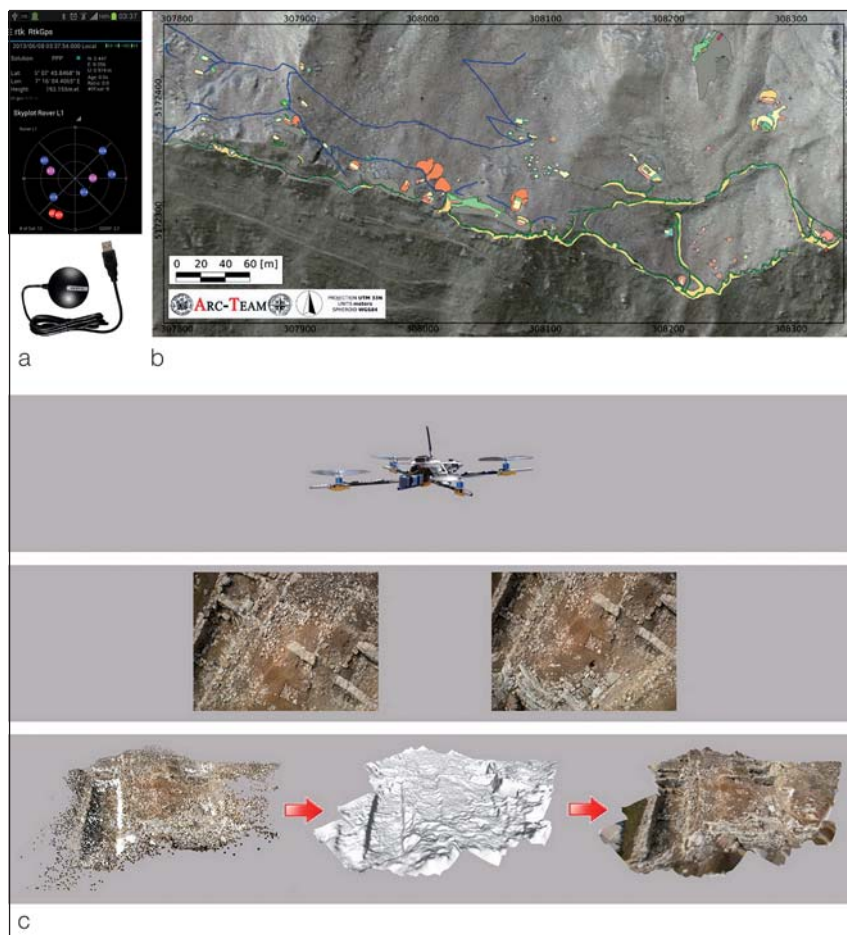


Fig. 2 - a) porting del software RTKlib per Android ed un ricevitore esterno low cost; b) esempio di survey estensivo sulla Grande Guerra; c) infografica sulla documentazione tridimensionale basata su SfM e MVSr da drone radiocomandato.

Anche in questo caso, il basso costo dei dispositivi è dovuto all'utilizzo di hardware di consumo, unito a software libero e *open source* <sup>(12)</sup>, sviluppato dall'associazione statunitense Public Lab.

<sup>(12)</sup> PUBLIC LAB, *NDVI and NGB*, <http://publiclab.org/wiki/ndvi>, accessed August 3, 2015. (Public Lab official site, 2013).

### 3. ANALISI ARCHEOMETRICHE SULLO SCAVO: GEOARCHEOLOGIA E CHIMICA ANALITICA

Mentre nella maggior parte dei casi i progetti di *survey* e *remote sensing* si risolvono senza un approccio diretto di analisi archeometriche sul campo, essendo sufficiente una corretta documentazione archeologica geolocalizzata (in 2D e 3D), l'intervento di scavo è in genere assistito da indagini quantitative già nella fase operativa. Tali indagini sono riconducibili principalmente al settore della geoarcheologia, la cui funzione primaria, durante le operazioni sul campo, è quella di schematizzare la definizione delle principali unità del record archeologico (gli strati) e ridurla a valori controllabili, in modo da creare una base dati, seppur descrittiva, impostata su metodi quantitativi che consentono un interscambio di informazioni tra i tecnici, impostato su un linguaggio comune. Questa attività si risolve essenzialmente nell'analisi dello scheletro e, soprattutto, della matrice di ogni singolo livello. Se per il primo elemento non vi sono particolari difficoltà di riconoscimento, essendo basato su osservazioni macroscopiche, la corretta definizione del secondo può rivelarsi più ostica per i non specialisti. Il modo più semplice (e facilmente eseguibile in cantiere) per rispondere a questa difficoltà è quello di eseguire un test di sedimentazione (in genere compatibile anche con le tempistiche ristrette degli interventi di emergenza), basandosi sul *soil texture triangle*, sviluppato dall'USDA (*United States Department of Agriculture* <sup>(13)</sup>). In questo modo si riduce sensibilmente l'incidenza degli errori causati da una valutazione eccessivamente soggettiva della matrice, aumentando nel contempo l'influenza delle osservazioni oggettive sulla sua definizione. In linea generale, comunque, la macroanalisi della matrice di uno strato effettuata in cantiere non risulta risolutiva riguardo ai singoli quesiti posti dal contesto stratigrafico, considerando le infinite variabili percentuali tra le tre principali componenti (sabbia, limo e argilla) e la conseguente difficoltà di desumere la genesi di un livello semplicemente dalla determinazione granulometrica della sua porzione più fine. Anzi spesso è necessario approfondire la ricerca in laboratorio, per raggiungere osservazioni più stringenti. Al contrario, anche una veloce osservazione dello scheletro può fornire parametri utili almeno alla determinazione della genesi dello strato, come nei casi in cui, sebbene in presenza unicamente di materiale naturale, si riconoscono elementi che non possono che essere stati depositati da un vettore antropico (ad esempio la presenza di caranto in strati superficiali, o l'individuazione di particolari

---

<sup>(13)</sup> SOIL SURVEY DIVISION STAFF, 1993.



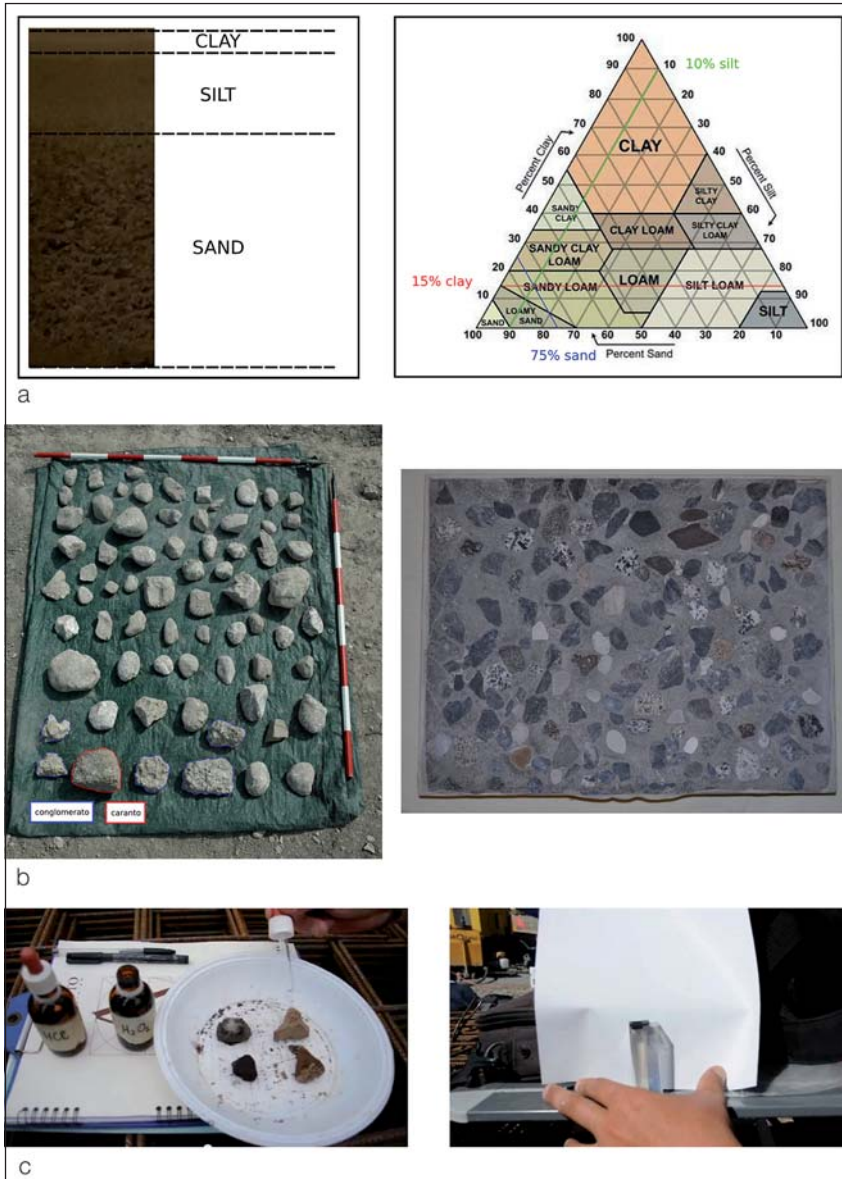


Fig. 3 - a) test di sedimentazione e soil triangle; b) analisi sullo scheletro in campo e in laboratorio; c) l'uso di chimica analitica in cantiere.

ecofatti allojeni). A questo si aggiungono tutte le osservazioni morfologiche (ad esempio l'indice di arrotondamento degli inclusi), litologiche e topografiche, senza contare le molteplici deduzioni legate all'eventuale presenza di manufatti, che è possibile sviluppare a partire dalla semplice osservazione degli elementi grossolani dello strato (>maggiore di 2 mm). In ogni caso anche sullo scheletro è consigliabile approfondire ulteriormente le indagini in laboratorio, durante quella fase di analisi che permette una categorizzazione degli elementi più accurata. È chiaro infatti che, suddividendo un qualsiasi progetto archeologico in cinque passaggi fondamentali, ovvero raccolta dati, processamento, gestione, analisi e divulgazione, esistono luoghi deputati ad ognuna di queste attività ed il laboratorio si configura come quello più consono alle operazioni più puramente investigative (analitiche). Ciononostante da diversi anni si è andata affermando, in ambito archeologico professionale, la tendenza a cercare di ottenere risposte già durante la fase più distruttiva (e non reversibile) della ricerca, cioè lo scavo. Questa tendenza si traduce nel tentativo di eseguire già in cantiere un certo numero di analisi, al fine di rispondere in tempo reale ad eventuali dubbi che possono incidere direttamente sulla strategia di scavo. In pratica si tende a spostare il laboratorio sullo scavo (e non viceversa). Uno dei casi più comuni è quello dell'utilizzo della chimica analitica <sup>(14)</sup>, che può portare ad un livello più avanzato le rudimentali definizioni di matrice che possono essere effettuate in cantiere (mediante i test di sedimentazione), aggiungendo alcuni parametri qualitativi, riconducibili comunque a categoria booleane di presenza/assenza e quindi facilmente integrabili nel GIS e nel database di riferimento. Un tipico esempio è la verifica della presenza di materiale organico nel sedimento, mediante l'utilizzo di perossido di idrogeno, o quella di carbonati attraverso l'uso di acido cloridrico. Altri reagenti sono invece in grado di stabilire, ed in parte misurare, la presenza di fosfati (composti chimici spesso in relazione con un utilizzo agricolo del suolo).

---

<sup>(14)</sup> SEGATA M., *Application of analytical chemistry in the early stages of an archaeological excavations*, <http://arc-team-open-research.blogspot.it/2013/11/application-of-analytical-chemistry-in.html>, accessed August 3, 2015. (blog ATOR - Arc-Team Open Research, 2013).

#### 4. ANALISI ARCHEOMETRICHE DI LABORATORIO

Come accennato in precedenza, il laboratorio rimane a tutt'oggi il luogo deputato per la maggior parte delle analisi archeometriche effettuate di norma durante uno scavo professionale. L'importanza di questa fase di ricerca è sottolineata dal dispendio di tempo ed energie dedicato alle operazioni di campionamento, rapportate all'economia generale del cantiere. Una buona percentuale di questi campioni riguarda le singole US che compongono il record archeologico. Trattandosi di materiale potenzialmente rilevante sia da un punto di vista geoarcheologico, sia da un punto di vista archeobotanico (e archeozoologico, per quanto riguarda la microfauna), è bene preparare i campioni in modo da poterli utilizzare per il maggior numero di analisi possibili. Ad esempio, la separazione dei resti carpologici e vegetali dalla matrice delle singole US viene eseguita mediante una flottatrice, uno strumento piuttosto semplice da costruire, il quale, se opportunamente modificato, permette di recuperare la componente terrosa, da utilizzare per analisi successive. In questo modo si effettua una prima sgrezzatura del campione che, attraverso un trattamento preliminare, viene suddiviso nella sua componente organica (e organogena nel caso di gusci, carboni e ossa) ed in quella più prettamente geologica. La prima, che può constare di elementi carpologici, vegetali (legno e carboni), oppure ossei, viene generalmente esaminata con normali attrezzature di microscopia ottica (ed opportuni riferimenti metrici), in grado di soddisfare le esigenze di riconoscimento archeobotanico (soprattutto semi), antracologico (carboni) o legate all'anatomia del legno (tramite sezioni trasversali, radiali e tangenziali). Un ulteriore passaggio attraverso software di morfometria, in grado di effettuare landmark analyses (ad esempio l'applicazione open source MorphJ<sup>(15)</sup>), può velocizzare e semplificare questa fase, in caso sussistano dubbi interpretativi (almeno nel caso di resti carpologici ben conservati, di microfauna o malacofauna). La componente geologica dell'US, invece, viene solitamente analizzata da più punti di vista. Ad esempio è possibile in un primo momento registrare i valori colorimetrici degli elementi della matrice, divisi in seguito alle analisi sedimentologiche, in un ambiente di luce controllata (superando l'approccio più soggettivo della semplice osservazione delle tabelle Munsell sullo scavo), oppure verificare attraverso sistemi di spettrometria del visibile la possibilità di riconoscere alcune componenti (a questo riguardo Arc-Team sta testando le potenzialità dello

---

<sup>(15)</sup> KLINGENBERG LAB, *MorphoJ*, [www.flywings.org.uk/morphoj\\_page.htm](http://www.flywings.org.uk/morphoj_page.htm), accessed August 3, 2015. (Klingenberg lab official site, 2008).

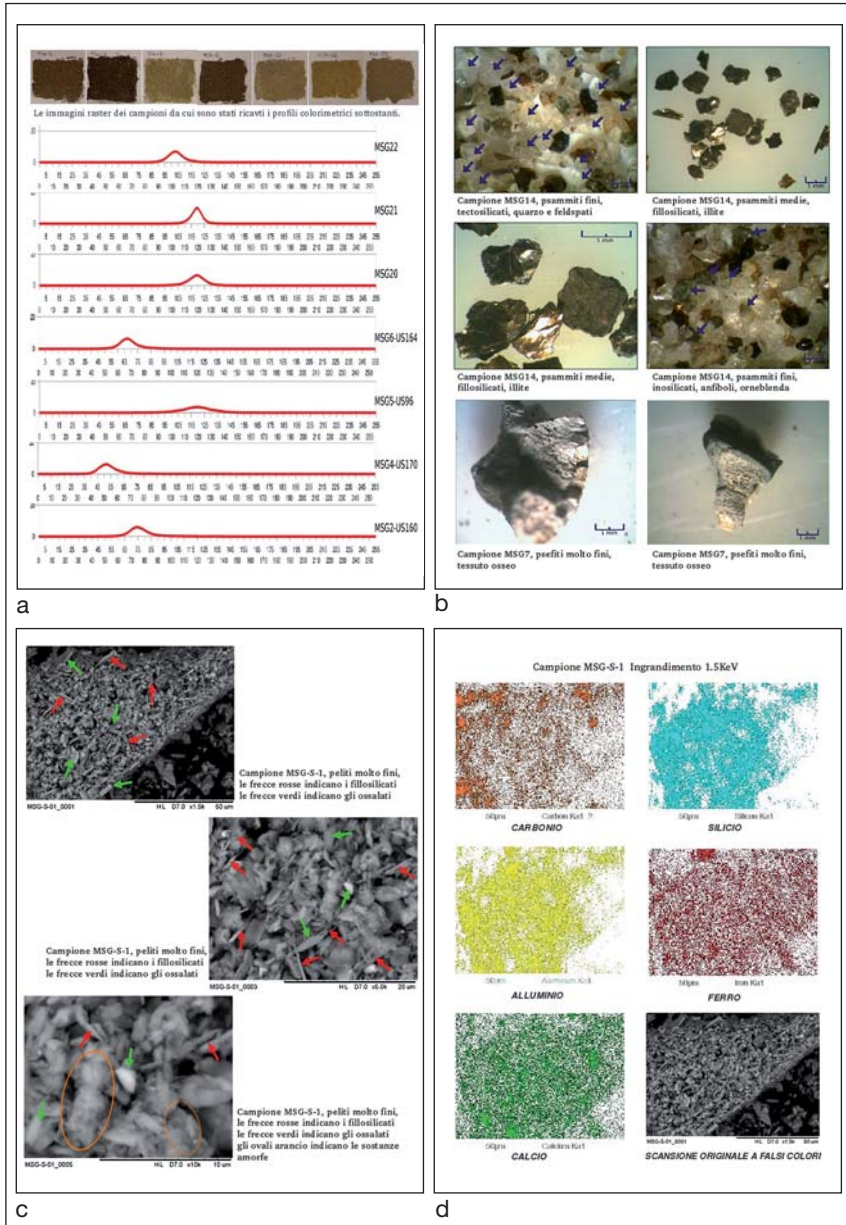


Fig. 4 - a) profili colorimetrici delle peliti, la componente rossa; b) osservazioni morfoscopiche in microscopia ottica; c) osservazioni morfoscopiche in microscopia SEM; d). analisi in spettrometria di dispersione di energia.

spettrometro *open source* sviluppato da Public Lab <sup>(16)</sup>). Un buon numero di analisi è comunque eseguibile tramite osservazioni morfoscopiche in microscopia ottica, mentre, per ricerche più in dettaglio, è possibile spingersi fino alla microscopia SEM e alla spettrometria di dispersione di energia (due tipi di indagini, però, che non sono alla portata di tutti i laboratori e che al momento conviene esternalizzare). Sempre considerando la componente geologica dello strato, ulteriori analisi di laboratorio possono essere effettuate sullo scheletro. Si tratta essenzialmente di analisi petrografiche, per cui sono spesso sufficienti microscopi ottici, meglio se provvisti di polarizzatore. Un sistema che si è rivelato utile e facilmente replicabile nello studio dello scheletro delle US è quello di immergere il campione da analizzare nel cemento, per poi lappare il composto <sup>(17)</sup>. Questo processo permette di effettuare osservazioni sul colore genetico delle rocce, sulla loro struttura interna e sulla loro morfologia (offendo uno spaccato random su cui analizzare l'indice di arrotondamento per interpretare i principali vettori di trasporto e deposizione).

## 5. UN FORTE IMPULSO ALL'APPROCCIO ARCHEOMETRICO: L'ARCHEOLOGIA COMPUTAZIONALE

Prima di concludere, un accenno doveroso va fatto alla branca dell'archeologia computazionale (la *digital archaeology*), un settore che gode ormai di una lunga tradizione e che ha comportato negli ultimi decenni un sensibile aumento dell'approccio archeometrico ed, in generale, empirico (spesso sottostimato e subordinato all'approccio speculativo), in un campo come quello archeologico che è tuttora considerato, a livello internazionale, a cavallo tra quello delle scienze naturali e quello delle discipline umanistiche.

Sarebbe troppo lungo in questa sede affrontare l'intera vasta gamma di indagini ed analisi che si possono effettuare in archeologia mediante gli strumenti informatici. Una panoramica generale però può essere fornita se si prendono in considerazione le categorie di software presenti in ArcheOS <sup>(18)</sup>, un sistema operativo basato su GNU/Linux e specificatamente pensato per l'archeologia, sviluppato da Arc-Team e rilasciato liberamente

---

<sup>(16)</sup> PUBLIC LAB, *Desktop Spectrometer*, <http://publiclab.org/wiki/desktop-spectrometry-kit-3-0>, accessed August 3, 2015. (Public Lab official site, 2014).

<sup>(17)</sup> SEGATA M., *Geoarchaeology with "terrazzo" tiles*, <http://arc-team-open-research.blogspot.it/2012/11/geoarchaeology-with-terrazzo-tiles.html>, accessed August 3, 2015. (blog ATOR - Arc-Team Open Research, 2012).

<sup>(18)</sup> BEZZI, BEZZI, FURNARI & FRANCISCI, 2013.

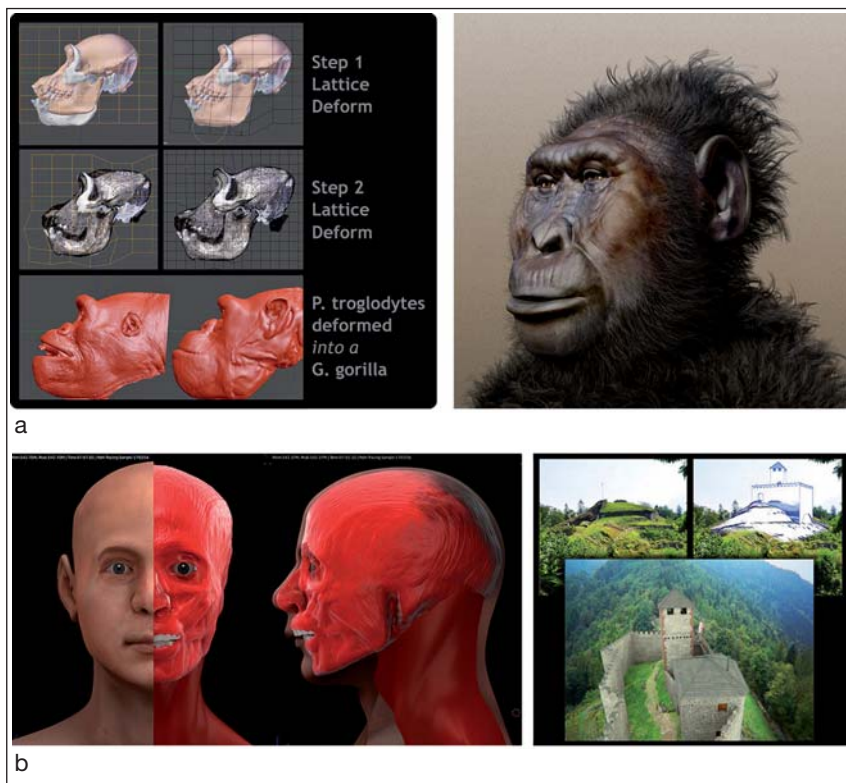


Fig. 5 - a) validazione della tecnica a deformazione anatomica e ricostruzione di *Paranthropus boisei*; b) Ricostruzione facciale forense eseguita con software libero e ricostruzione quadridimensionale di un sito medievale.

(e gratuitamente) tramite licenza GPL (*General Public License*). In esso si trovano infatti applicazioni di uso quotidiano nella gestione dello scavo archeologico come i DBMS ed i GIS (ad esempio GRASS<sup>(19)</sup>), ma utilizzabili ovviamente anche per analisi territoriali<sup>(20)</sup>. Vi sono inoltre applicazioni di *Structure from Motion* e *Multi View Stereo Reconstruction*<sup>(21)</sup> per la documentazione 3D (di contesti stratigrafici come di manufatti ed ecofatti<sup>(22)</sup>), oltre a tutti i programmi necessari ad un normale *photomapping* 2D, software

<sup>(19)</sup> BARTON, BEZZI, BEZZI, FRANCISCI, GIETL & NETELER, 2007.

<sup>(20)</sup> DONEUS, FERA, GIETL, 2008.

<sup>(21)</sup> BEZZI, BEZZI & DUCKE, 2011; BEZZI & MOULON, 2012.

<sup>(22)</sup> BEZZI & DELLUNTO, 2012.

per la dendrocronologia, per le analisi statistiche (come R <sup>(23)</sup>), come pure strumenti per la restituzione volumetrica del deposito archeologico (ad esempio ParaView <sup>(24)</sup>) e applicativi CAD. Una menzione speciale va inoltre fatta per la *suite* di modellazione 3D, Blender, che negli ultimi anni ha offerto numerosi spunti per lo sviluppo di nuove tecniche, sia nel campo archeoantropologico (con innovative metodologie di ricostruzione facciale forense <sup>(25)</sup>), sia in quello dell'antropologia evuzionistica (rendendo più oggettivo il campo della paleoarte attraverso sistemi di deformazione anatomica coerente <sup>(26)</sup>), sia infine nell'importante fase divulgativa in cui, grazie a tecniche di *camera tracking*, è ormai possibile rendere facilmente fruibili dal pubblico i risultati ricostruttivi desunti dalle analisi archeologiche e archeometriche, attraverso una visualizzazione quadrimensionale <sup>(27)</sup> che illustri (mediante le tre coordinate spaziali e la quarta temporale) i vari eventi post-deposizionali che hanno determinato la creazione e trasformazione del record archeologico indagato.

## BIBLIOGRAFIA

- BARTON M., BEZZI A., BEZZI L., FRANCISCI D., GIETL R. & NETELER M., 2007 - *GRASS, un potente GIS per archeologi*, Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologici, Centro Editoriale Toscano, Firenze, pp. 95-102.
- BEZZI A. & MOULON P., 2012 - Python Photogrammetry Toolbox: A free solution for Three-Dimensional Documentation, *Quaderni del Centro Studi Magna Grecia*, Naus, Napoli, pp. 153-170.
- BEZZI A., BEZZI L. & DUCKE B., 2011 - *Computer Vision e Structure from Motion, nuove metodologie per la documentazione archeologica tridimensionale: un approccio aperto*, Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologici, Edipuglia, Bari, pp. 103-11.

---

<sup>(23)</sup> MARWIK B., *Doing quantitative archaeology with open source software*, <http://arc-team-open-research.blogspot.it/2015/04/doing-quantitative-archaeology-with.html>, accessed August 3, 2015. (blog ATOR - Arc-Team Open Research, 2015).

<sup>(24)</sup> BEZZI, BEZZI, FRANCISCI & GIETL, 2006.

<sup>(25)</sup> MORAES C., *Forensic facial reconstruction with free software*, <http://arc-team-open-research.blogspot.it/2012/05/forensic-facial-reconstruction-with.html>, accessed August 3, 2015. (blog ATOR - Arc-Team Open Research, 2012).

<sup>(26)</sup> MORAES C., *Faces of Evolution - validating the methodology for facial reconstruction of hominids*, <http://arc-team-open-research.blogspot.it/2014/07/faces-of-evolution-validating.html>, accessed August 3, 2015 (blog ATOR - Arc-Team Open Research, 2014).

<sup>(27)</sup> MORAES C., *Caldonazzo castle - from ruins to archaeological 3D reconstruction*, <http://arc-team-open-research.blogspot.it/2013/12/caldonazzo-castle-from-ruins-to.html>, accessed August 3, 2015. (blog ATOR - Arc-Team Open Research, 2013).

- BEZZI A., BEZZI L., GIETL R. & PISU N., 2013 - ArcheOS and UAVP, a Free and Open Source Platform for Remote Sensing: the Case Study of Monte S. Martino ai Campi of Riva del Garda (Italy), *Archeologia in the Digital Era*, II, Amsterdam University Press, Amsterdam, pp. 792-799.
- BEZZI A., BEZZI L. & GIETL R., 2009 - Archeologia e open source, il prossimo passo: costruire e sviluppare progetti hardware, *Archeologia e Calcolatori*, 2, All'insegna del Giglio, Firenze, pp. 183-193.
- BEZZI A., BEZZI L. & GIETL R., 2010 - *Archeologia aerea e Open Source, una soluzione possibile: i progetti ArcheOS e UAVP*, 100 anni di Archeologia aerea in Italia, Claudio Grenzi Editore, Foggia, , pp. 395-396.
- BEZZI A., BEZZI L., FRANCISCI D. & GIETL R., 2006 - L'utilizzo di voxel in campo archeologico, *Geomatic workbooks*, 6, Politecnico di Milano - Polo Territoriale di Como, Como.
- BEZZI A., BEZZI L., FURNARI F. & FRANCISCI D., 2013 - ArcheOS 4.0 - "Caesar": novità e aspetti della distribuzione gnu/linux dedicata all'archeologia, *Archeologia e Calcolatori*, 4, All'insegna del Giglio, Firenze, pp. 165-173.
- BEZZI L. & DELLUNTO N., 2012 - Rilievo tridimensionale di reperti archeologici: tecniche a confronto, *Quaderni del Centro Studi Magna Grecia*, Naus, Napoli, pp. 141-152.
- DONEUS M., FERA M. & GIETL R., 2008 - *Cost distance analysis in an alpine environment: comparison of different cost surface modules*, Layers of Perception. Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Dr. Rudolf Habelt GmbH, Bohn, pp. 2-6.
- SOIL SURVEY DIVISION STAFF., 1993 - *Soil survey manual*. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18.