

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

OCNUS

Quaderni della Scuola di Specializzazione
in Beni Archeologici

19
2011

ESTRATTO

Ante
Quem

Direttore Responsabile

Sandro De Maria

Comitato Scientifico

Sandro De Maria

Raffaella Farioli Campanati

Richard Hodges

Sergio Pernigotti

Giuseppe Sassatelli

Stephan Steingraber

Editore e abbonamenti

Ante Quem soc. coop.

Via San Petronio Vecchio 6, 40125 Bologna

tel. e fax + 39 051 4211109

www.antequem.it

Redazione

Enrico Gallì

Collaborazione alla redazione

Simone Rambaldi

Abbonamento

€ 40,00

Richiesta di cambi

Dipartimento di Archeologia

Piazza San Giovanni in Monte 2, 40124 Bologna

tel. +39 051 2097700; fax +39 051 2097802

Le sigle utilizzate per i titoli dei periodici sono quelle indicate nella «Archäologische Bibliographie» edita a cura del Deutsches Archäologisches Institut.

Autorizzazione tribunale di Bologna n. 6803 del 17.4.1988

Senza adeguata autorizzazione scritta, è vietata la riproduzione della presente opera e di ogni sua parte, anche parziale, con qualsiasi mezzo effettuata, compresa la fotocopia, anche ad uso interno o didattico.

ISSN 1122-6315

ISBN 978-88-7849-063-5

© 2011 Ante Quem soc. coop.

INDICE

<i>Presentazione</i> di Sandro De Maria	7
--	---

ARTICOLI

Questioni di metodo

Antonio Curci, Alberto Urcia <i>L'uso del rilievo stereofotogrammetrico per lo studio dell'arte rupestre nell'ambito dell'Aswan Kom Ombo Archaeological Project (Egitto)</i>	9
Pier Luigi Dall'Aglio, Carlotta Franceschelli <i>Pianificazione e gestione del territorio: concetti attuali per realtà antiche</i>	23

Culture della Grecia, dell'Etruria e di Roma

Claudio Calastri <i>Ricerche topografiche ad Albinia (Grosseto)</i>	41
Maria Raffaella Ciuccarelli, Laura Cerri, Vanessa Lani, Erika Valli <i>Un nuovo complesso produttivo di età romana a Pesaro</i>	51
Pier Luigi Dall'Aglio, Giuseppe Marchetti, Luisa Pellegrini, Kevin Ferrari <i>Relazioni tra urbanistica e geomorfologia nel settore centrale della pianura padana</i>	61
Giuliano de Marinis, Claudia Nannelli <i>Un "quadrivio gromatico" nella piana di Sesto Fiorentino</i>	87
Enrico Giorgi, Julian Bogdani <i>I siti d'altura nel territorio di Phoinike. Un contributo sul popolamento della Caonia in età ellenistica</i>	95
Marcello Montanari <i>Il culto di Zeus Ammon a Cirene e in Cirenaica</i>	111
Riccardo Villicich <i>Riflessioni sull'evergetismo nei piccoli centri della Cisalpina romana: le aree forensi</i>	121

Archeologia tardoantica e medievale

- Marco Martignoni
*Alle origini di un tipo architettonico.
Ipotesi sulle chiese a due navate e due absidi della Lunigiana alla luce dei dati archeologici* 139

Archeologia orientale

- Anna Chiara Fariselli
Maschere puniche. Aggiornamenti e riletture iconologiche 155
- Andrea Gariboldi
Sogdian and Early Islamic Coins from Kafir Kala (Uzbekistan) 171

ARTICOLI-RECENSIONE

- Simone Rambaldi
Ridonare sostanza all'immateriale (ricercando gesti e suoni del mondo antico) 187

- Adriano Maggiani, Luca Cerchiai
La casa etrusca. A proposito di: Elisabetta Govi, Giuseppe Sassatelli (a c.), La Casa 1 della Regio IV - Insula 2, I-II, Bologna 2010 193

ATTI DELL'INCONTRO DI STUDI "IMPASTI PARLANTI. ANFORE IN ALTO ADRIATICO
TRA ETÀ REPUBBLICANA E PRIMA ETÀ IMPERIALE. ARCHEOLOGIA E ARCHEOMETRIA"

- Le ragioni di un incontro*
di Luisa Mazzeo Saracino 207

- Maria Luisa Stoppioni
Anfore a Rimini in età romano-repubblicana: dalle greco-italiche alle Lamboglia 2 209

- Elisa Esquilini
Studio archeometrico preliminare di anfore greco-italiche medio adriatiche (Cattolica, Rimini) 223

- Silvia Forti
Le anfore Lamboglia 2 del porto romano di Ancona: problemi e prospettive di ricerca 231

- Simonetta Menchelli
Anfore vinarie adriatiche: il Piceno e gli altri contesti produttivi regionali 239

- Anna Gamberini
Problemi di identificazione di aree produttive di anfore in ambito adriatico: i dati archeologici e archeometrici di Suasa 245

- Federico Biondani
La diffusione delle anfore brindisine in area padana: nuovi dati dal territorio veronese 255

- Conclusioni*
di Daniele Manacorda 267

L'USO DEL RILIEVO STEREOFOTOGRAMMETRICO PER LO STUDIO DELL'ARTE RUPESTRE NELL'AMBITO DELL'ASWAN KOM OMBO ARCHAEOLOGICAL PROJECT (EGITTO)

Antonio Curci, Alberto Urcia

For several years, the Aswan-Kom Ombo Archaeological Project (AKAP), a joint project of Yale University and the University of Bologna, has investigated a series of sites in the area between Aswan and Kom Ombo, Egypt. The conservation of the numerous rock art sites identified in this zone is endangered by farming, quarrying, and other business activities. Recent expeditions have focused their research and methodologies mainly upon the study of rock art and have, as a consequence, developed an integrated work plan based principally upon a model that encompasses the three dimensions. Using this model, researchers employ topographic relief maps, scans, and photogrammetry to carry out all aspects of data recording and analysis. Study methodology has thus developed along three main approaches: the detection of rock art sites within the project's mapped areas, the investigation of the geomorphological context of such sites, and the objective study of the designs and inscriptions themselves.

Introduzione

Dal 2005 il Progetto AKAP (Aswan-Kom Ombo Archaeological Project) condotto dall'Università di Yale e dall'Università di Bologna sta indagando alcune aree selezionate nella regione tra Aswan e Kom Ombo, con l'obiettivo di ricostruire i modelli insediativi e di colmare le lacune cronologiche utili allo studio dell'interazione tra egiziani e nubiani nella loro terra di confine. Le numerose evidenze archeologiche registrate testimoniano occupazioni umane databili complessivamente dal Paleolitico Medio al periodo ottomano (Gatto, Curci 2010).

Nel territorio in concessione numerosi sono i siti di arte rupestre; identificati ad ovest di Aswan e a nord, nella zona di Wadi Abu Su-beira, si dispongono lungo il corso del Nilo e nelle aree pertinenti al suddetto *wadi*, spingendosi spesso verso oriente anche per diversi chilometri. Quelli più importanti dal punto di vista archeologico, sono databili al periodo predinastico e dinastico. La necessità di documentarli con il massimo dettaglio possibile è stata determinata dal notevole incremento di costruzioni recenti, dalla bonifica dei terreni e dalle attività estrattive sia lungo il Nilo sia lungo gli *wadi*

principali. In queste circostanze, in cui il tempo a disposizione è particolarmente importante, definire un appropriata e funzionale metodologia di studio è fondamentale.

Premessa alla metodologia

La documentazione dell'arte rupestre è uno degli aspetti principali sul quale, dal punto di vista metodologico, si sono incentrate le attività ed il lavoro svolto nelle ultime missioni del progetto AKAP. A motivare la messa a punto dell'approccio proposto è stata proprio l'importanza storico-archeologica dei siti indagati, fortemente minacciati e a rischio di distruzione.

È stato sviluppato così un programma di lavoro integrato, operando direttamente a contatto con specialisti nello studio dell'arte rupestre¹,

¹ Il gruppo di lavoro dell'Università di Bologna sulla documentazione dell'arte rupestre, coordinato da Antonio Curci (co-direttore AKAP), è composto da Alberto Urcia, Michela Carletti e Alessia d'Adamo. Il programma dei lavori è realizzato in stretta collaborazione con Maria Carmela Gatto (Yale University)

in modo da finalizzare e controllare scientificamente tutti gli aspetti inerenti alle attività di registrazione e analisi dei dati.

L'approccio olistico ha compreso sia l'analisi di tipo strettamente archeologico con schedatura, copia a contatto e analisi di ogni singola figura, sia la documentazione digitale delle evidenze artistiche e del paesaggio, basate sul rilievo topografico e stereofotogrammetrico.

La decisione di utilizzare questi sistemi tecnologici è nata in seguito ad una serie di positive considerazioni, fatte notando i vantaggi che poteva offrire un loro consapevole accostamento alle metodologie più consuete (Anati 1976; Priuli 1984; Bednarik 2007), tutt'oggi utilizzate dagli studiosi. È importante sottolineare, a tal proposito, che questa proposta basata sull'integrazione tecnologica, non deve essere intesa come un tentativo di sostituzione a priori della documentazione tradizionale ma, al contrario, come un mezzo che, potendo fornire elementi nuovi ed altrimenti non implementabili, vada ad arricchire e ad offrire nuove possibilità. Proprio attraverso una maggior consapevolezza e valutazione delle nuove proposte metodologiche, sarà possibile programmare interventi mirati ad ottenere maggior precisione e risultati più accurati. La precisione, la velocità di registrazione e di utilizzo dei dati, il fotorealismo, sono solo alcuni tra i vantaggi che questo approccio può offrire. Sicuramente però, come vedremo in seguito, la caratteristica che sin dall'inizio ha richiamato di più la nostra attenzione e che tutt'ora è alla base del nostro lavoro, è stata la possibilità di lavorare sulle tre dimensioni.

Gli obiettivi

Considerando l'ambito disciplinare, l'obiettivo è quello di incrementare la qualità dei dati a prescindere dalla quantità, potendoli poi inserire in un sistema informativo digitale che permetta di gestirli in modo integrato, sfruttando tutte le

– co-direttore AKAP), John Darnell (Yale University) e Stan Hendrickx (Provinciale Hogeschool Limburg). Si ringraziano in particolar modo Lauren Lippiello, dottoranda presso la Yale University, e Stefano Caruso, specializzando della Sapienza, Università di Roma, per il continuo scambio di informazioni e il supporto nelle attività sul campo.

informazioni ricavabili dal modello tridimensionale. L'iter metodologico è stato impostato su un sistema di rilevamento multiscala, in grado di soddisfare appieno tre aspetti fondamentali:

- necessità di localizzare e registrare le evidenze di arte rupestre all'interno del sistema cartografico del progetto;

- necessità di documentare il contesto geomorfologico in cui le evidenze sono presenti;

- necessità di documentare in maniera più fedele ed oggettiva possibile alla realtà i soggetti raffigurati.

I contesti geomorfologici e archeologici

Prima di procedere con la presentazione degli aspetti più inerenti al rilievo, è opportuno descrivere brevemente alcuni caratteri fisiografici a cui esso si lega.

Le aree in concessione al progetto AKAP, comprese tra le città di Kom Ombo e Aswan (fig. 1), conservano numerose evidenze di arte rupestre, spesso già note in passato o individuate durante missioni più recenti. Questi luoghi di notevole interesse storico e culturale, nonché di rara bellezza paesaggistica, si presentano per lo più come zone desertiche caratterizzate da rilievi rocciosi di arenaria e distese sabbiose create dall'erosione millenaria delle rocce stesse. Per quanto le suddette caratteristiche tendano a riproporsi, le differenze tra questi contesti archeologici sono molteplici e significative.

Esemplificativo è il confronto tra due zone dell'area note, soprattutto, per le testimonianze artistiche di epoca predinastica: *Khor Abu Subeira Sud*, che si trova in direzione di Kom Ombo a circa 12 Km da Aswan, sulla sponda orientale del Nilo, e l'area di *Nag el-Hamdulab*, di qualche chilometro più vicina ma situata sulla riva opposta (fig. 2).

Una prima osservazione può essere fatta sulla geomorfologia di queste aree. Nel primo caso ci troviamo nei pressi di un grande *wadi* (*Wadi Abu Subeira*)², lungo i cui lati s'innalzano rilievi

² Questo *wadi*, largo circa 700 metri, si estende dalla sponda orientale del Nilo verso est per 54 km. Lungo il suo corso si sono ritrovate numerose testimonianze d'arte rupestre, tra le quali appunto quelle nella zona denominata *Khor Abu Subeira (Sud)*.

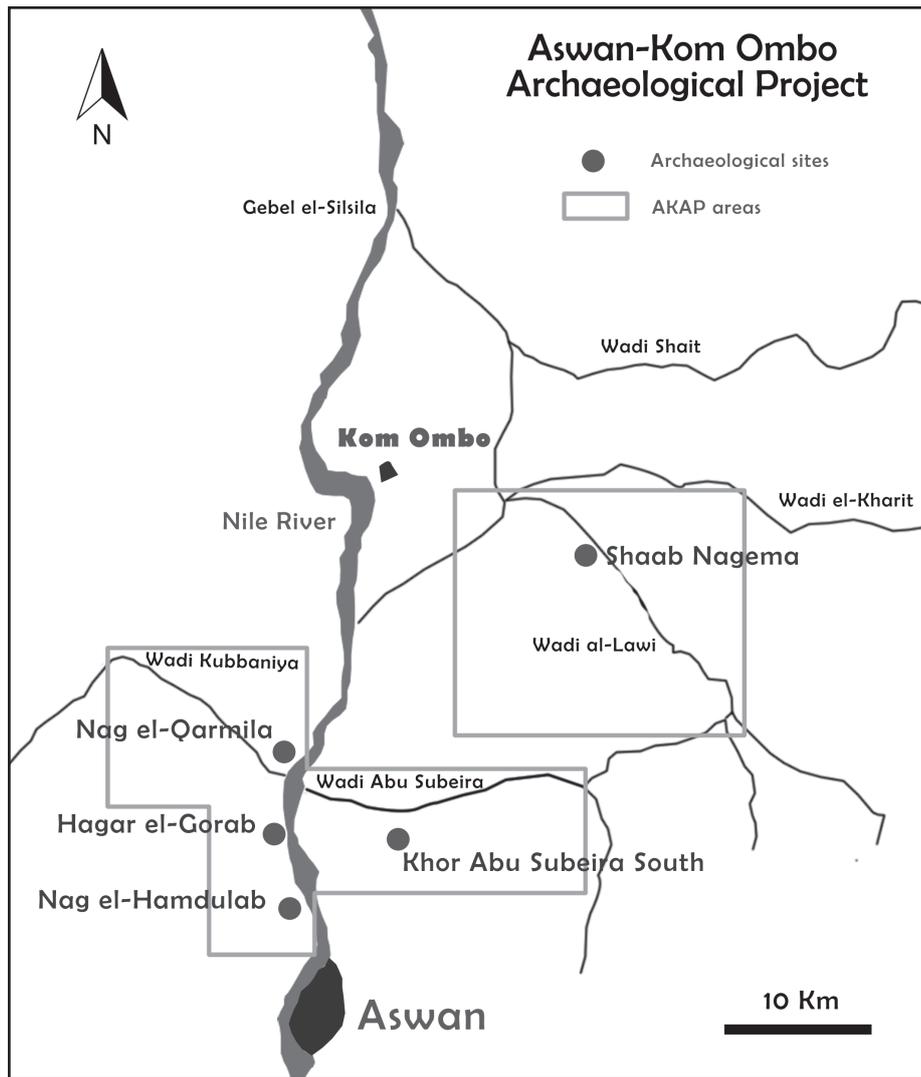


Fig. 1. Aree in concessione al progetto AKAP.

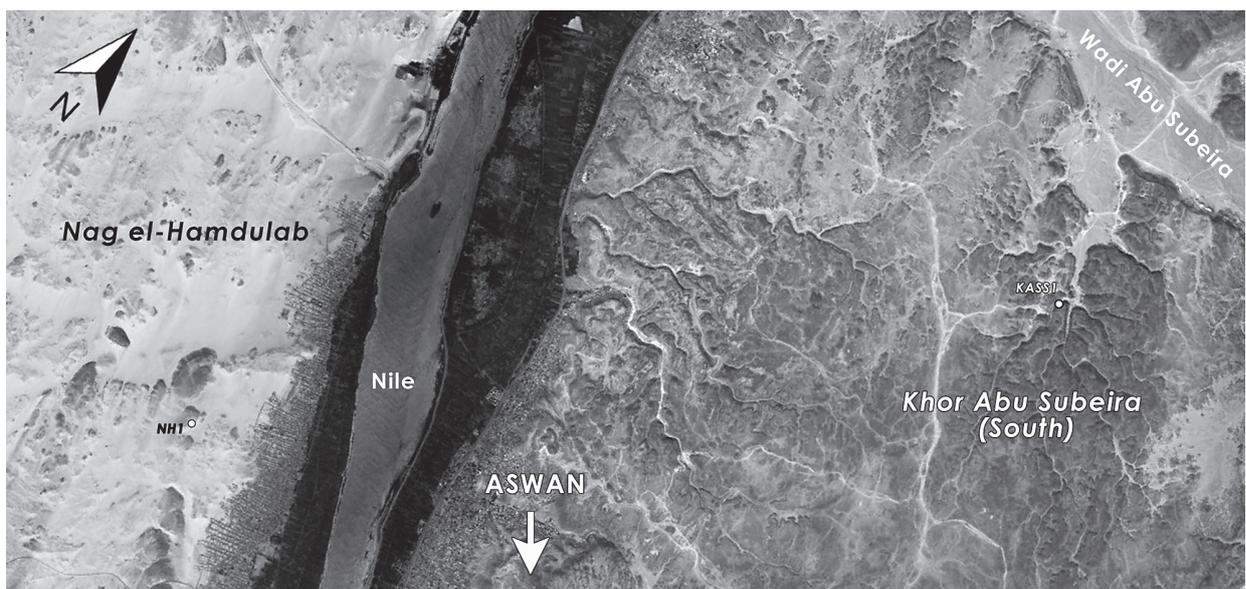


Fig. 2. Vista satellitare delle aree di Nag el-Hamdulab e Khor Abu Subeira South.

rocciosi di arenaria e caolino che si estendono per chilometri, ospitando al loro interno una moltitudine di *wadi* più piccoli (detti anche *kbhor*) di forma più irregolare. Lungo questi canali, che desertificazione e agenti atmosferici modificano continuamente, si registrano solo forme d'arte rupestre cosiddette "sottrattive", ossia create tramite asportazione di materiale dal supporto, in particolare picchiettature e incisioni (Bednarik *et alii* 2003; Chandler, Fryer 2005). I supporti maggiormente interessati da testimonianze artistiche sono le rocce che formano ripari naturali, i grandi massi isolati e le pareti rivolte verso punti ben identificabili come *guelta* o zone di transito.

La situazione non si può dire uguale per il secondo sito, ubicato attualmente in prossimità di un piccolo villaggio, da cui prende il nome, sulla riva occidentale del Nilo. Questa zona priva di canyon, mostra rilievi meno elevati e più diradati che vanno a circoscrivere aperte vallate, più o meno estese, in cui è la sabbia a prevalere sulla roccia. Anche in questo caso, le testimonianze artistiche compaiono su supporti analoghi a quelli precedentemente descritti, ma con frequenze dissimili.

Notevoli differenze si distinguono anche dal punto di vista archeologico. In generale, le picchiettature compaiono in modo più o meno visibile sulla superficie rocciosa, spesso costituendo scene (o pannelli) aventi orientamenti variabili e posizionate su quote anche molto diverse tra loro. Queste caratteristiche sembrano essere ricorrenti in tutti i siti. Ciò che cambia è il modo in cui l'arte si concentra all'interno delle aree. Nel caso di *Kbor Abu Subeira Sud*, l'attenzione ricade senz'altro sul sito denominato KASS1 (fig. 3). La particolarità di quest'ultimo è data non solo dall'importanza delle iconografie rappresentate (Gatto *et alii* 2009; Lippiello, Gatto c.d.s.), ma anche dall'elevato numero di figure presenti (più di 550 figure distribuite su circa 70 pannelli) tutte disposte in maniera più o meno costante lungo un tratto dello *wadi* di circa 200 metri, che assume così un'entità geografica ben distinguibile.

Nag el-Hamdulab non offre contesti artistici di dimensioni analoghe al sito descritto poc'anzi ma presenta una minore concentrazione di evidenze, anche se di notevole importanza tipologica e iconologica. In questo caso merita rilievo il sito denominato NH1 (fig. 4), sia per

le attribuzioni effettuate a livello iconografico, soprattutto per la più antica raffigurazione di un sovrano che indossa la corona d'Egitto³, sia per le notevoli dimensioni della parete principale, la cui visuale dall'esterno risulta parzialmente coperta da un grosso macigno, che ne fanno un luogo cerimoniale di particolare importanza.

La metodologia e il rilievo digitale

Il progetto di studio archeologico sull'arte rupestre, di cui sono parte integrante le attività di documentazione descritte in seguito, è stato costruito su un percorso metodologico articolato complessivamente in cinque fasi principali, che vanno da quella preliminare di sopralluogo a quella conclusiva di pubblicazione dei risultati ottenuti. Queste, possono essere così sintetizzate:

- ricognizione e progettazione dell'intervento;
- acquisizione e registrazione dei dati archeologici, metrici e fotografici;
- elaborazione dei dati sui supporti cartacei ed informatici;
- restituzioni grafiche digitali;
- analisi, interpretazione ed edizione dei dati.

Considerando i punti appena elencati, è possibile portare ora l'attenzione sulla parte tecnica della documentazione dell'arte, descrivendo brevemente la strumentazione utilizzata e le fasi salienti delle attività di rilevamento, attraverso la presentazione di alcuni risultati più significativi.

La strumentazione: hardware e software

Nonostante l'attenzione si concentri attualmente sugli sviluppi e le prestazioni offerte da sistemi di acquisizione basati sul laser scanner⁴, si è sentita l'esigenza di trovare una soluzione più vicina a soddisfare le necessità e le problematiche presentate dai nostri contesti. A tal proposito, si sono ottenuti buoni risultati attraverso l'utilizzo della stazione totale motorizzata Imaging Station della *Topcon*,

³ Il sito è noto dalla fine del XIX secolo (de Morgan *et alii* 1894). Solo recentemente però, dopo la sua riscoperta, se ne è compresa la rilevanza (Hendrickx, Gatto 2009).

⁴ La bibliografia relativa è molto vasta per alcuni esempi si veda Chandler, Fryer 2005; Fryer *et alii* 2005.

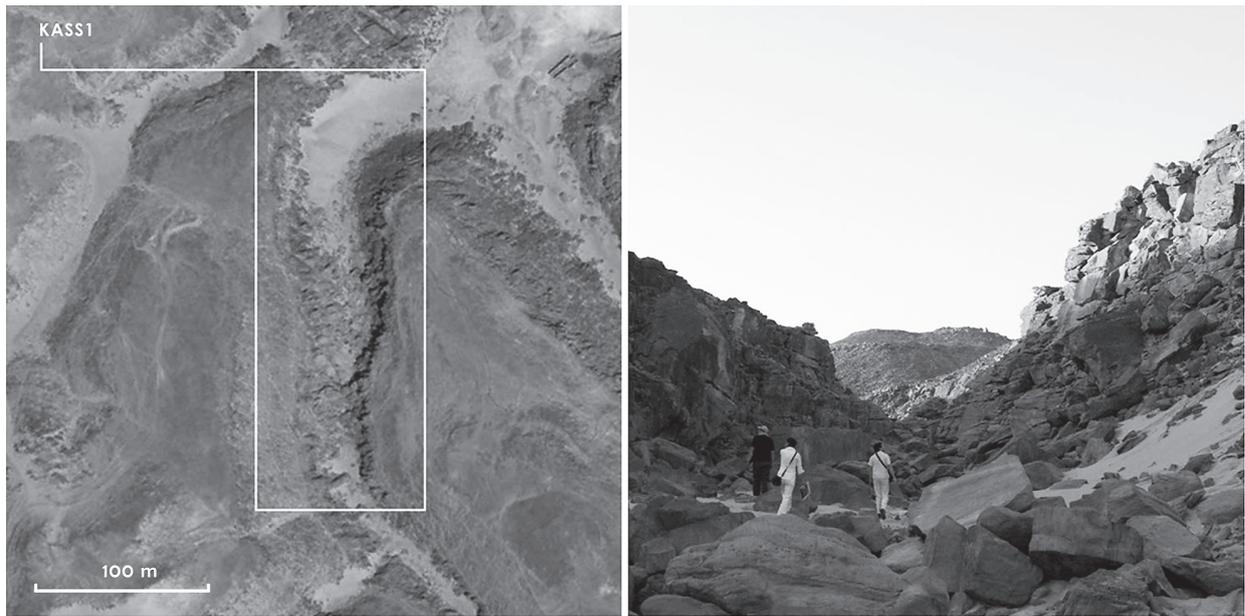


Fig. 3. Geomorfologia del sito KASS1.

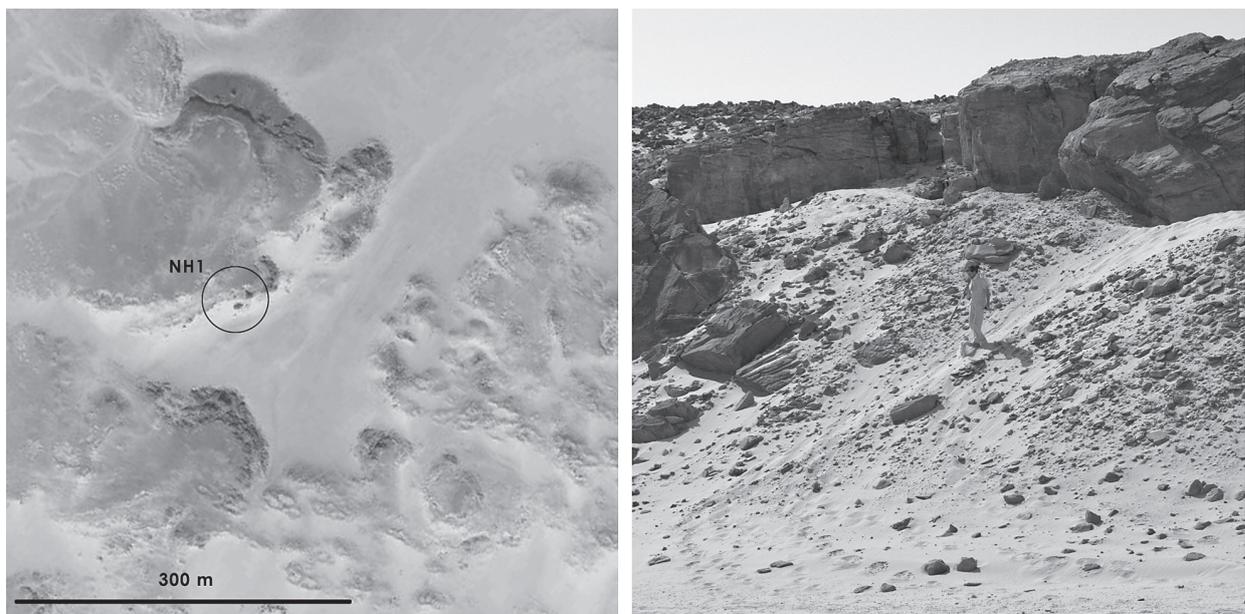


Fig. 4. Geomorfologia del sito NH1.

in grado di effettuare scansioni, fotogrammetria e rilievi topografici contemporaneamente dallo stesso terminale. Dopo una prima fase di sperimentazione⁵, le esperienze fatte con tale strumentazione

hanno evidenziato diversi aspetti vantaggiosi soprattutto in funzione della particolarità del nostro contesto geografico ed archeologico:

- ridotti consumi energetici che permettono un'autonomia di lavoro in grado di coprire mediamente un'intera giornata con le batterie al litio in dotazione;

⁵ Si ringrazia la Geotop s.r.l., distributore esclusivo per l'Italia dei prodotti Topcon, per il continuo sostegno alle attività di ricerca del Dipartimento di Archeologia. Un particolare ringraziamento inoltre va al dott. Piero Lusuardi e al dott. Donato Marcantonio della

Geotop s.r.l. per il supporto tecnico fornito durante le varie fasi operative della missione.

- elevata portabilità e maneggevolezza data dalle ridotte dimensioni e dal ridotto peso strumentale, facilmente trasportabile all'interno del *case* anche da un singolo operatore;

- costi hardware e software relativamente ridotti;

- tempi di set-up molto brevi grazie all'operatività strumentale non vincolata ad operazioni di calibrazione o collegamenti a strumentazione ausiliaria come computer o altri terminali;

- notevole semplicità di utilizzo del software di bordo dello strumento, utilizzabile anche da operatori non altamente specializzati;

- possibilità di effettuare entro la stessa sessione di lavoro operazioni di rilievo topografico e operazioni di scansione laser, sia su appoggio fotogrammetrico che non;

- possibilità di posizionare lo strumento per le misurazioni coniugate automaticamente;

- possibilità di scaricare i dati direttamente su chiavetta USB;

- possibilità di essere utilizzata anche in modalità remota da PC (tramite collegamento wireless) o in modalità "mono operatore" con la quale è possibile misurare punti senza l'operatore alla stazione, attraverso un collegamento radio (o infrarosso) gestito da un software caricato in un apposito palmare.

Per le riprese fotografiche è stata utilizzata una fotocamera digitale REFLEX Nikon D80 che offre una buona qualità fotografica, legata ad una notevole maneggevolezza e alla possibilità di cambiare le ottiche a seconda delle esigenze. Per ogni set utilizzato (corpo macchina + lente) è stato prodotto un certificato di calibrazione, ossia un file di testo contenente una serie di parametri relativi alle distorsioni date dal sensore e dalle lenti, utili al software per rettificare correttamente le immagini.

L'elaborazione dei dati è avvenuta attraverso diversi software di gestione di grafica vettoriale e bitmap, nonché di software di modellazione tridimensionale, in particolare la gestione dei dati topografici e fotogrammetrici è avvenuta attraverso Image Master, sempre prodotto da Topcon e in dotazione con l'Imaging Station. Questo software è in grado di gestire all'interno dello stesso ambiente di lavoro nuvole di punti, dati topografici e fotogrammetrici permettendo operazioni di editing vettoriale e di modifica delle coordinate geospaziali. Dai modelli prodotti si possono crea-

re ortofotografie georeferenziate, sezioni, curve di livello ed effettuare alcune analisi bidimensionali e tridimensionali, tutti i dati poi sono esportabili nei più comuni formati per la condivisione con altri software e ambienti operativi.

1. Localizzazione e mappatura dell'arte rupestre attraverso sistemi GPS e GIS

Considerata l'estensione dell'area di interesse e la dispersione delle testimonianze archeologiche su scala territoriale, il problema primario ha riguardato la precisione, in quanto si sono dovuti gestire dati appartenenti a campi di misurazione differenti come quello geodetico e quello topografico.

In questo caso si è cercato di non separare l'arte dal proprio contesto territoriale. Ciò ha previsto un doppio posizionamento: un primo, effettuato col GPS per localizzare mediamente i pannelli con arte, consci dell'errore di deviazione strumentale ed un secondo effettuato attraverso l'elaborazione di modelli stereofotogrammetrici, orientati e posizionati all'interno di un sistema di coordinate relative. Con questa tecnica, è possibile collocare correttamente nello spazio ogni singola incisione, con un errore medio che può variare dai 5 ai 10 mm⁶. Questo tipo di rilevamento permette di avere automaticamente la collocazione di ogni sito su scala territoriale, utile per osservazioni inter-sito. Attualmente i dati rilevati sono gestiti in ambienti GIS impostati *ad hoc*, a seconda delle scale di precisione⁷ ed interfacciati con le relative informazioni archeologiche attraverso tabelle appositamente elaborate all'interno del database della missione. Con questi sistemi si sono potute elaborare serie di indagini statistiche e geospaziali, nonché tavole con caratterizzazioni e tematismi utilizzabili per visualizzare e comunicare i risultati degli studi fatti.

⁶ L'errore medio è calcolato all'interno della rete di inquadramento topografico poligonale utilizzata.

⁷ Sinora son state georeferenziate le coordinate all'interno del sistema UTM WGS 1984.

2. Rilievo tridimensionale dei contesti geomorfologici

L'acquisizione dei contesti geomorfologici è avvenuta, a seconda dei casi, in due differenti modi: scansione laser e rilievo stereofotogrammetrico. Nel primo caso, si sono effettuate una serie di scansioni in modo sequenziale da diversi punti di vista, predefiniti durante la fase preliminare del lavoro in cui si sono studiate le geometrie del sito poi suddiviso in settori. Ogni porzione è stata rilevata ad una risoluzione definita a seconda della scala di dettaglio a cui si è ritenuto più opportuno giungere, variando da un minimo di cinque centimetri per le aree di maggior interesse ad un massimo di un metro per le zone più marginali. Si è cercato di effettuare fin dove possibile un rilievo a 360°, notando il vantaggio della possibilità di potersi posizionare in alto rispetto al soggetto, com'è avvenuto in particolare nel caso di KASS1 (fig. 5). Attraverso il software le scansioni vengono restituite come una nuvola di punti corrispondente a tutti i vertici misurati su una data superficie. Ricongiungendo tutte le varie nuvole, attraverso operazioni di roto-traslazione e dimensionamento, si sono ricostruite virtualmente le aree in esame, ottenendo poi dei modelli digitali di elevazione (DEM⁸). Su questi si sono poi effettuate operazioni di visualizzazione e di estrazione di informazioni dimensionali, spaziali e archeologiche (fig. 6).

Il secondo metodo, descritto più in dettaglio nel paragrafo 4, è stato utilizzato in genere per contesti di dimensione più ridotta, anche se pur sempre considerevoli come nel caso del sito NH1 di circa 20 metri di lunghezza (fig. 7). Attraverso una serie di stereofotografie scattate in modo da ricoprire a mosaico tutta la superficie d'interesse, si sono ottenuti, come nel modo precedente, differenti DEM corrispondenti a ciascuna inquadratura precedentemente definita (Matthews 2008). In questo caso però le superfici digitali sono state calcolate direttamente dall'elaborazione delle foto, dalle quali si è estratta ed applicata anche la *texture* foto realistica. Tecnicamente, l'unica

differenza con la procedura adottata per il rilievo specifico dell'arte che vedremo in seguito è la risoluzione fotografica che, nei casi in cui non sia necessaria un'indagine di dettaglio, può anche essere non elevatissima. Ciò permette di mantenere il modello più gestibile e meno pesante all'interno dell'ambiente informatico.

3. Registrazione dei dati archeologici

La registrazione dei dati archeologici riguardanti l'arte rupestre avviene, per la fase d'acquisizione, attraverso l'utilizzo di "schede da campo" precedentemente impostate ed organizzate in modo che ogni informazione possa essere poi digitalizzata ed inserita nel database della missione. Ciò permette di integrare, anche attraverso il GIS, i dati relativi all'arte rupestre con quelli di tutte le altre evidenze archeologiche. Le schede elaborate sinora sono cinque, tre specifiche per le informazioni archeologiche e le restanti due per la parte tecnica di rilievo:

1. PSI form (Preliminary Survey Inspection). La scheda è stata studiata appositamente per le attività preliminari di sopralluogo e ricognizione, per poter annotare tutte le informazioni necessarie per le diverse fasi operative, sia per lo studio dell'arte sia per il rilievo;

2. RARF form (Rock Art Recording Form). Questa scheda include tutti i campi per registrare le informazioni strettamente pertinenti all'arte rupestre;

3. RARB form (Rock Art Recording Form - Bovines). Questa particolare scheda è stata elaborata e finalizzata ad uno studio specifico sulle rappresentazioni di bovini⁹;

4. ISF form (Instrumental Survey Form). In questa scheda si registrano tutte le informazioni legate alle operazioni di rilevamento effettuate con gli strumenti di misurazione, come i GPS e le stazioni totali;

5. PSF form (Photogrammetric Survey Form). In questa scheda si registrano tutti i *target* utilizzati per la fotogrammetria, annotati nell'eidotipo del soggetto da rilevare, per facilitare il loro riconoscimento durante la fase di elaborazione delle foto;

⁸ Il DEM (Digital Elevation Model) corrisponde alla rappresentazione digitale di una distribuzione di quote che vanno a definire una "superficie" rappresentata nel suo spazio 3D.

⁹ Lo studio, nato come tesi magistrale, è condotto da Michela Carletti.

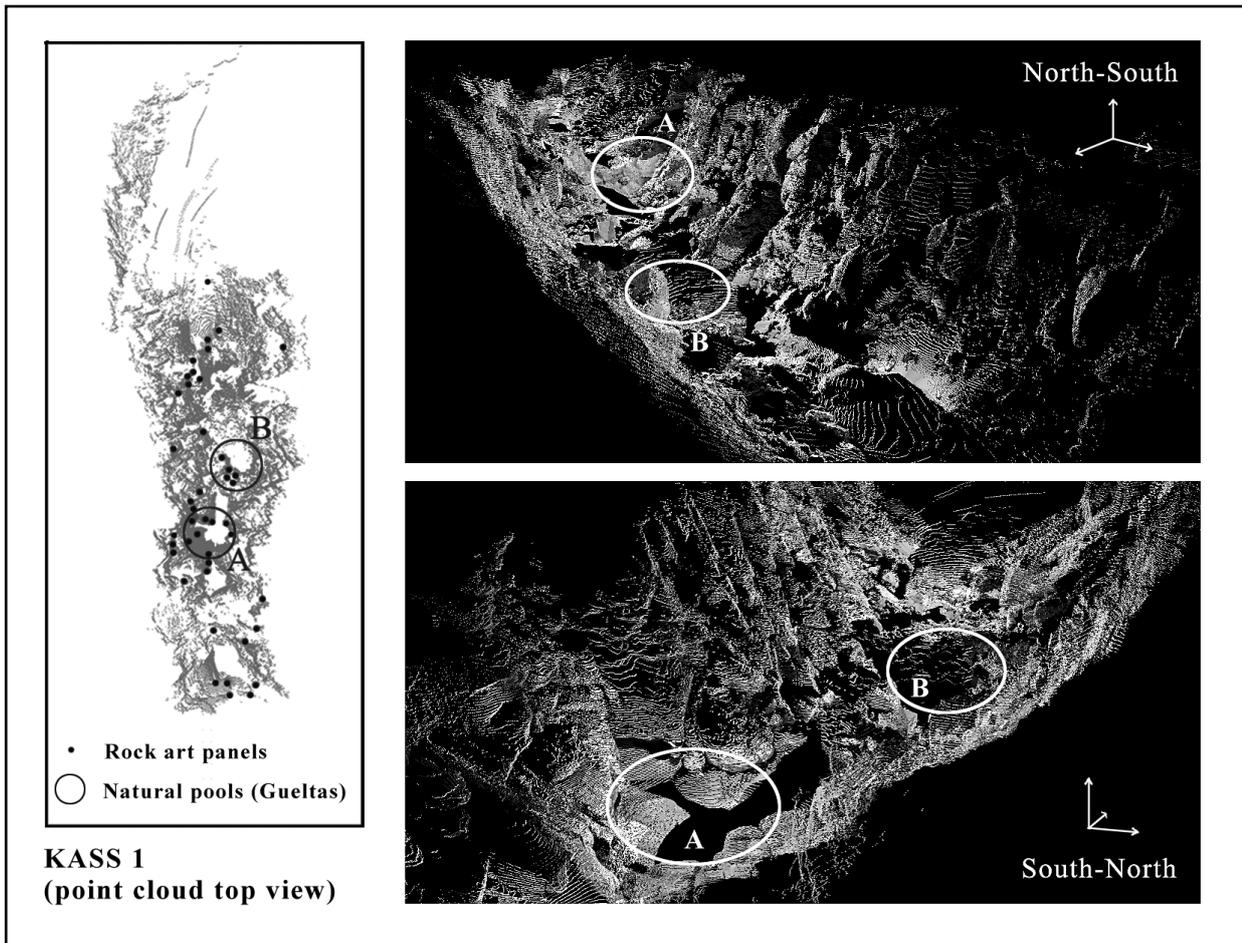


Fig. 5. Viste assonometriche della nuvola di punti per la ricostruzione del contesto geomorfologico.

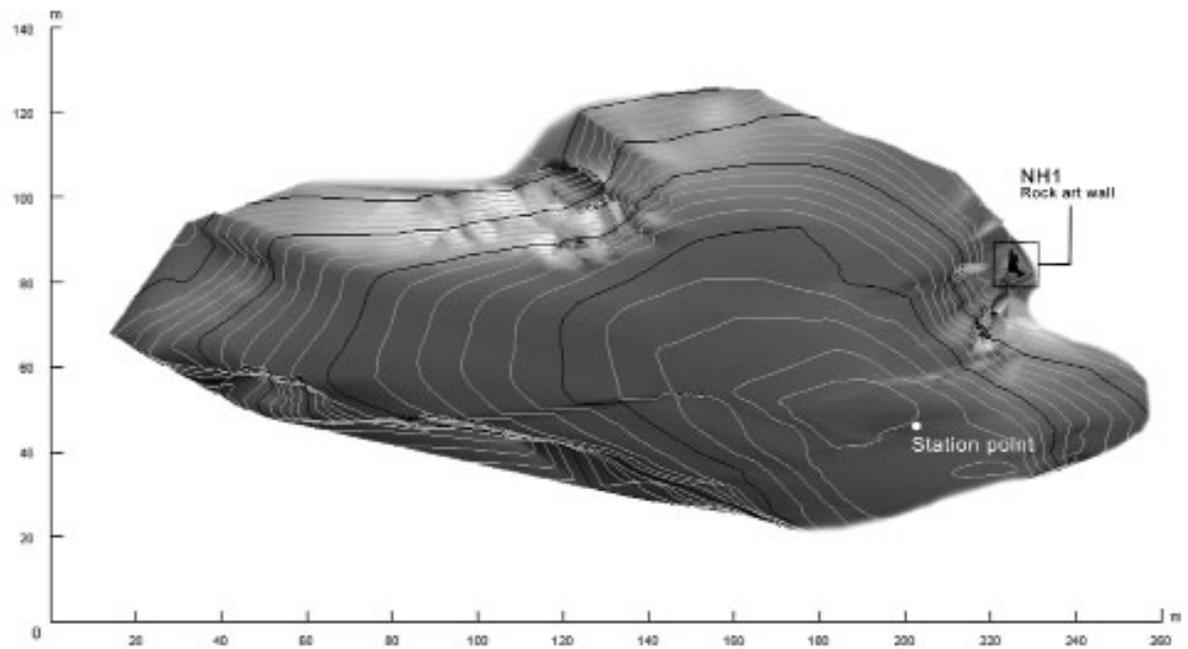


Fig. 6. Vista assonometrica tridimensionale dell'area in cui è inserito il sito NH1.

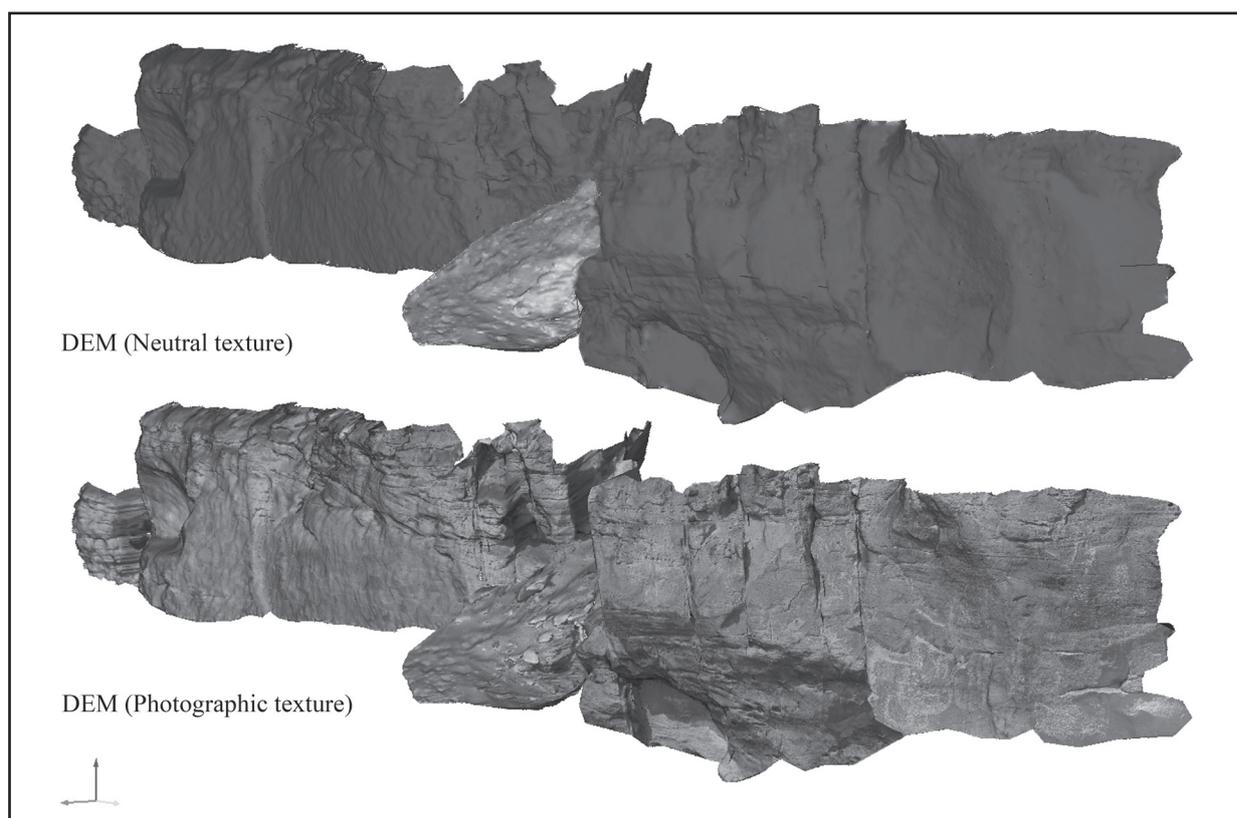


Fig. 7. Restituzione del pannello NH1 con texture neutra e fotorealistica.

4. Rilievo fotografico e stereofotogrammetrico dell'arte

La fotografia, in questo caso specifico, assume un ruolo fondamentale, sia come elemento alla base della fotogrammetria, sia come strumento principale per raggiungere i risultati prefissati. Il lavoro di collaborazione e interazione con gli specialisti della disciplina ha permesso di capire quali risoluzioni adottare durante il lavoro, così da documentare tutti i caratteri ritenuti determinanti per gli studi specifici, come il *pecking* (picchiatura). È stata prestata quindi una particolare attenzione alle problematiche legate alla ripresa fotografica e all'accuratezza dei rilievi metrici. Le immagini prodotte col rilievo fotogrammetrico son state poi sfruttate per implementare l'archivio fotografico dell'arte, collegato al database relazionale¹⁰. Com'è ormai noto, con questa tecnica

si possono assegnare informazioni dimensionali e geospaziali alle foto, potendone così ricavare dati qualitativi e quantitativi. I nuovi sistemi basati sulla stereoscopia hanno qui offerto, come già ricordato, la possibilità di considerare anche la terza dimensione, fondamentale per una miglior comprensione di questi contesti archeologici.

Il rilievo di dettaglio dell'arte rupestre è avvenuto, analogamente a quanto in parte descritto al paragrafo 2, attraverso una serie di stereofotografie (stereocoppie) effettuate con la reflex Nikon D80, sia su stativo e sia a mano libera con l'ausilio di un controllo remoto. Mantenendo il punto di ripresa il più costante e vicino possibile al soggetto e cercando di evitare ogni fattore di disturbo si sono ottenuti i dettagli desiderati. Per ogni inquadratura sono stati compresi un minimo di quattro target¹¹, precedentemente applicati sulla

¹⁰ Per un ulteriore esempio sull'organizzazione dell'archivio dei dati, si veda anche il lavoro proposto in www.voli.bs.it/ir-incisionirupestri e www.irweb.it.

¹¹ I target utilizzati sono fatti con piccoli dischetti di pasta da modellare, atossica e biodegradabile, priva di oli, che non lascia traccia dopo la rimozione.

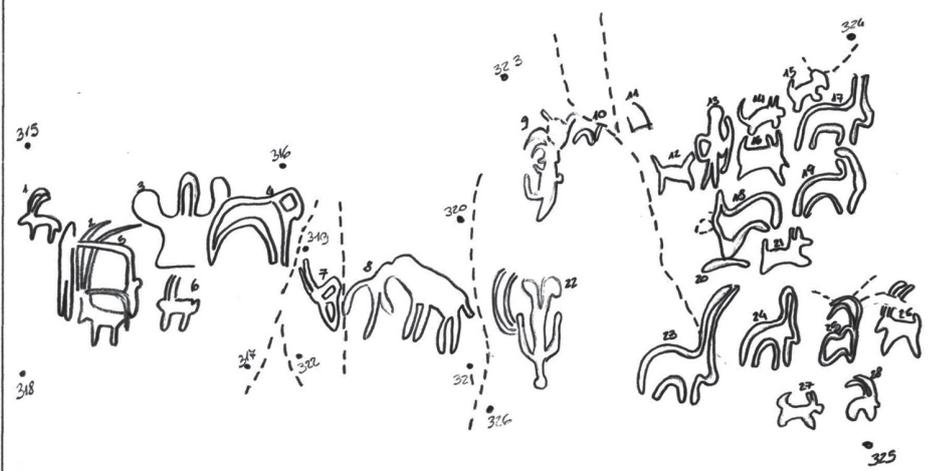
PSF FORM			
(Photogrammetric Survey Form)			
University of Bologna			
Site (ID)		Date	Recorder
KASS 1		23 / 03 / 2010	A.U.
Locality (ID)	Panel (ID)	Figure (ID)	Pictures number
5	6	/	8345+ 8362-8363 + 8418- 8464
NOTES (Surface orientation and 3D position)			Photo <input type="checkbox"/> Orthoimage <input type="checkbox"/> 3D model <input type="checkbox"/>
Sketch with PAF			FILE NAME FALCO_K Station name ST 3 bis h. Station 1.533 OR point ST 3 Stations ST 3 ST 2 ST 7
			

Fig. 8. Esempio di compilazione della scheda PSF.

superficie rocciosa e numerati in uno *sketch* sulla apposita scheda PSF (fig. 8). Questi ultimi sono stati misurati con la stazione totale, per attribuire loro le rispettive coordinate relative, calcolate nello spazio 3D di riferimento e utilizzate per il successivo calcolo, orientamento e dimensionamento del TIN¹² prodotto col software. Queste maglie di triangoli, elaborate ad alta risoluzione (dai 3 ai 5 mm) e testurizzate in maniera fotorealistica, corrispondono ai prototipi virtuali di ogni porzione di superficie rilevata. Ogni modello può fornire un set di documenti digitali relativi ad ogni evidenza archeologica costituente, al tempo stesso, una banca dati facilmente archiviabile e aggiornabile: tra quelli più importanti, si segnalano le or-

toimmagini, le sezioni, le curve di livello, le viste planimetriche e assonometriche (fig. 9). Inoltre, a partire dalle ortotimmagini e con il supporto del modello tridimensionale è possibile ottenere delle buone restituzioni grafiche delle figure. L'esempio qui proposto, relativo al pannello 7.1 del sito KASS1 (fig. 10), mostra come tale metodo possa costituire una valida alternativa qualora non fosse possibile effettuare un rilievo a contatto sull'originale¹³. Attraverso l'utilizzo di una *tablet* sono state

¹² Il T.I.N. (Triangulated Irregular Network) è una maglia irregolare di triangoli vettoriali che uniti ai loro vertici vanno a definire o a ricreare una data superficie nello spazio tridimensionale.

¹³ Infatti ci sono casi in cui per problemi di tempo o per l'impossibilità di realizzare il contatto su superfici difficili o delicate non è sempre possibile effettuare il ricalco. I fogli di plastica, inoltre, risultano non sufficienti a garantire alte precisioni per superfici di grandi dimensioni, imponendo notevoli costi per l'eventuale digitalizzazione (Chandler, Fryer 2005). Un caso analogo si può riscontrare nel lavoro proposto da Alyilmaza *et alii* 2009, sebbene non sia stato effettuato un rilievo del *pecking*.

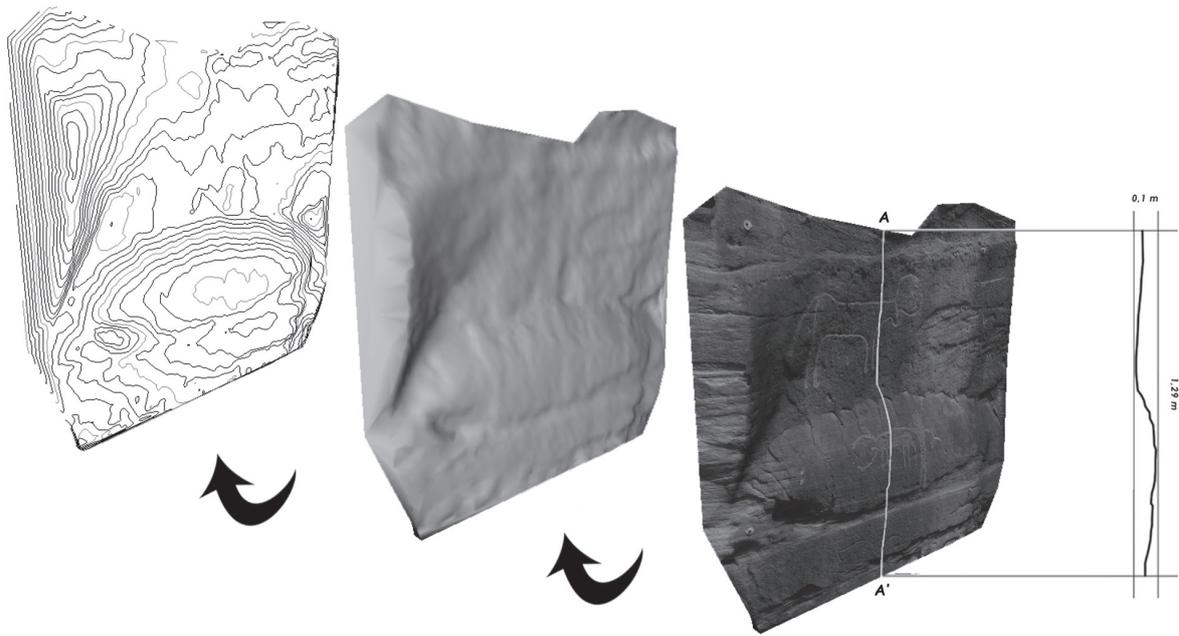


Fig. 9. Passaggio dal modello 3D texturizzato alle curve di livello, con estrazione di una sezione.

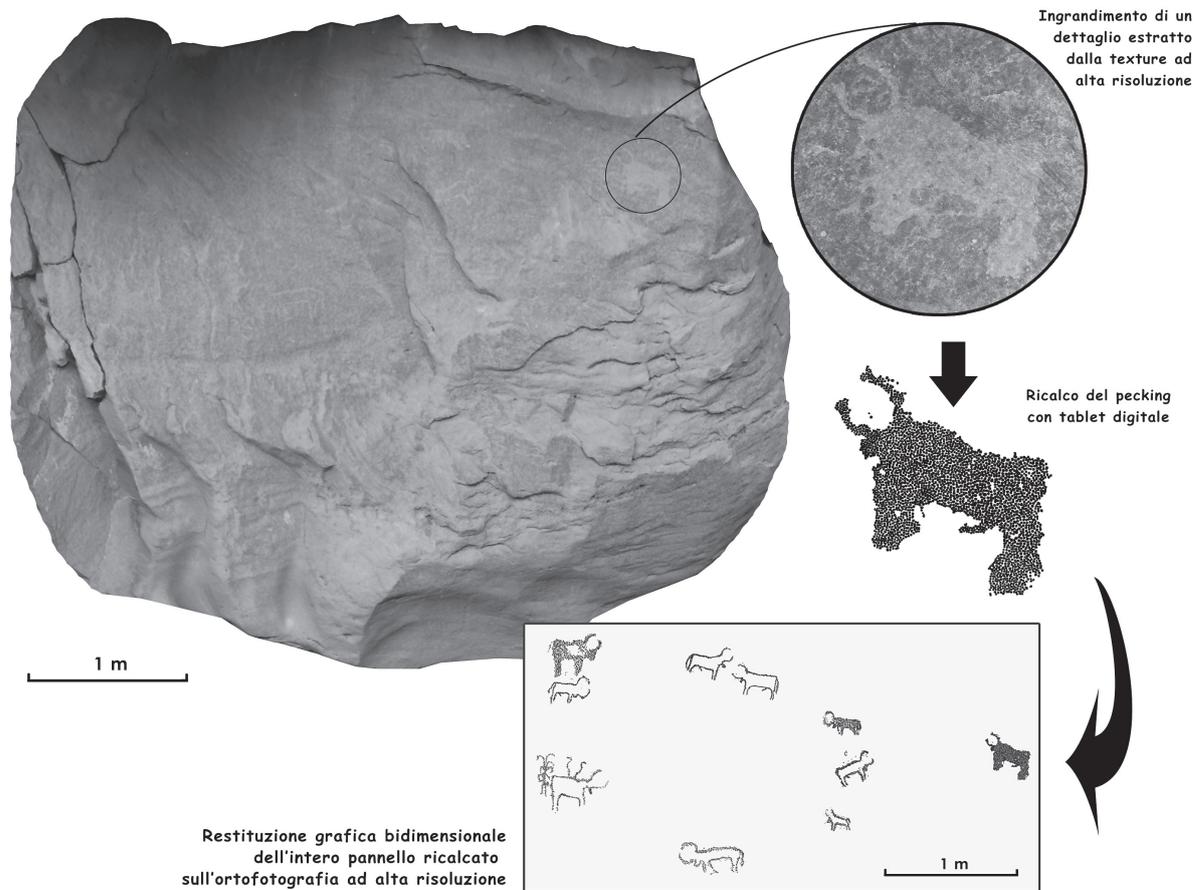


Fig. 10. Esempio di ricalco digitale su ortofotografia ad alta risoluzione (Pannello 7-1, sito KASS1).

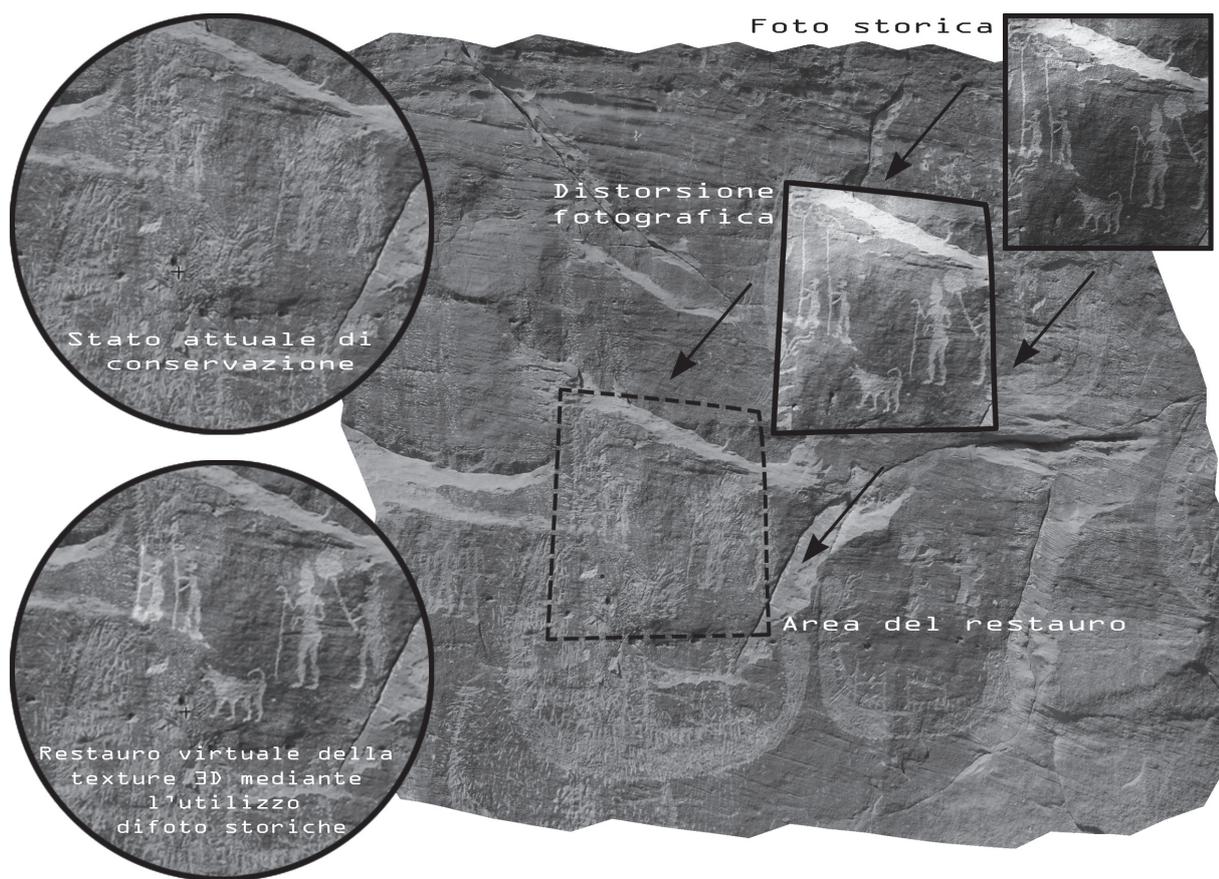


Fig. 11. Esempio della procedura di restauro virtuale sulle texture fotogrammetriche.

ricalcate tutte le figure presenti nella scena, direttamente su un'ortofotografia esportata dal modello tridimensionale con l'Image Master. Si è ottenuta così una tavola interamente prodotta in laboratorio, con tutti i soggetti zoomorfi del pannello riprodotti in maniera fedele rispetto all'originale, e ricostruiti attraverso il ricalco di ogni singolo *peck*. In questo modo si potranno effettuare ulteriori studi specifici direttamente sul supporto digitale, potendo gestire facilmente i fattori di scala e le opzioni di *editing* necessarie per le caratterizzazioni e le osservazioni di carattere archeologico.

Infine un altro aspetto positivo offerto dal rilievo stereofotogrammetrico è dato dalla possibilità di poter intervenire sulle *texture* del modello tridimensionale. Nel caso specifico di NH1, ad esempio, le incisioni sono state irrimediabilmente danneggiate in anni recenti riducendo notevolmente la leggibilità delle iconografie. Fortunatamente il ritrovamento di fotografie risalenti alla metà del secolo scorso presso l'archivio del Dr.

Labib Habachi, in cui le testimonianze artistiche mostravano ancora tutti i loro dettagli stilistici ed iconografici, ha consentito di operare una sorta di restauro virtuale delle raffigurazioni. Attraverso una tecnica di fotoritocco sono state rielaborate le informazioni grafiche contenute nelle foto storiche, facendole corrispondere con le caratteristiche metricamente corrette della *texture* appartenente al modello prodotto con l'Image Master. Al termine è stato caricato il modello *texturizzato* in un software di visualizzazione 3D (VRML) per poter così riapprezzare, anche se in modo virtuale, l'originario splendore delle iconografie.

NOTA BIBLIOGRAFICA

Alyilmaza *et alii* 2009 = C. Alyilmaza, M. Yakar, H.M. Yilmaz, «Drawing of Petroglyphs in Mongolia by Close Range Photogrammetry (CIPA International Scientific Committee for Documentation of Cultural Heritage, Symposium)», Kyoto 2009.

- Anati 1976 = E. Anati, *Metodi di rilevamento ed analisi dell'arte rupestre*, Capo di Ponte 1976².
- Bednarik 2007 = R. Bednarik, *Rock art science: the scientific study of palaeoart*, New Delhi 2007.
- Bednarik *et alii* 2003 = R. Bednarik, A. Muzzolini, D. Seglie, Y. Sher, M. Consens (eds.), *Rock Art Glossary: A Multilingual dictionary*, Turnhout 2003, p. 16.
- Chandler, Fryer 2005 = J.H. Chandler, J.G. Fryer, «Recording aboriginal rock art using cheap digital cameras and digital photogrammetry (CIPA International Scientific Committee for Documentation of Cultural Heritage, Symposium)», Torino 2005.
- Fryer, Chandler, El-Hakim 2005 = J.G. Fryer, J.H. Chandler, S.F. El-Hakim, *Recording and modelling an aboriginal cave painting: with or without laser scanning*, in «International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences» 36, 5/W17, 2005.
- Gatto *et alii* 2009 = M.C. Gatto, S. Hendrickx, S. Roma, D. Zampetti, *Rock art from West Bank Aswan and Wadi Abu Subeira*, in «Archéo-Nil» 19, 2009, pp. 149-166.
- Gatto, Curci 2010 = M.C. Gatto, A. Curci, *Ricerche Archeologiche nella Regione tra Assuan e Kom Ombo, Rapporto Sulle Missioni 2008/2009 e 2010*, in R. Pirelli (a cura di), *Ricerche Italiane e Scavi in Egitto*, IV, Cairo 2010, pp. 163-176.
- Hendrickx, Gatto 2009 = S. Hendrickx, M.C. Gatto, *A rediscovered late predynastic-early dynastic royal scene from Gharb Aswan (Upper Egypt)*, in «Sahara» 20, 2009, pp. 147-150.
- Lippiello, Gatto c.d.s. = L. Lippiello, M.C. Gatto, *Intra-site Chronology and Palaeoenvironmental Reconstruction at Kbor Abu Subeira South 1 (Aswan, Egypt)*, in «Proceedings of the International Colloquium "The Sign of Which Time? Chronological and Palaeoenvironmental Issues in the Rock Art of Northern Africa" (The Royal Academy of Overseas Sciences, Bruxelles, 3-5 june 2010)», c.d.s.
- de Morgan *et alii* 1894 = J. de Morgan, U. Bouriant, G. Legran, G. Jéquier, A. Barsanti, *Catalogue des monuments et inscriptions de l'Égypte antique*, I. Haute Égypte, 1. *De la frontière de Nubie à Kom Ombo*, Vienne 1894.
- Matthews 2008 = N.A. Matthews, *Aerial and Close-Range Photogrammetric Technology: Providing Resource Documentation Interpretation and Preservation*, Technical Note 428, US Department of Interior, Bureau of Land Management, National Operation Center, Denver 2008.
- Priuli 1984 = A. Priuli, *Nuova metodologia di analisi e studio delle incisioni rupestri*, in «Archeologia-Uomo-Territorio» 3, 1984, pp. 40-48.

