Andrea Arrighetti, Marco Callieri, Rachele Manganelli Del Fà, Gabriella Poggesi

Il tumulo etrusco della Montagnola a Sesto Fiorentino (FI): rilievo e documentazione delle incisioni mediante la tecnologia RTI

Riassunto – *Dal momento in cui, nella primavera del 1959, il soprintendente Giacomo Caputo identificò nel tumulo della Montagnola di Quinto Fiorentino una straordinaria tomba etrusca di età orientalizzante (625 a.C. ca.), le iniziative che hanno interessato questo monumento si sono susseguite nei decenni. Negli ultimi anni, in particolare, il Comune di Sesto Fiorentino e la Soprintendenza, in collaborazione con l'Associazione turistica pro loco di Sesto Fiorentino, hanno promosso numerose attività di valorizzazione, sia mediante supporti cartacei, sia attraverso modelli digitali navigabili. Uno degli ultimi aspetti su cui si è maggiormente concentrata l'attenzione è il repertorio dei segni graffiti, presenti sull'intonaco degli stipiti posti all'ingresso delle celle laterali della tomba e sul lato frontale del pilastro centrale, dove si conservano iscrizioni ma anche altri segni, come elementi zoomorfi e fitomorfi.*

1. Introduzione al progetto

Noto più per gli aspetti monumentali e architettonici che per quelli epigrafici, il tumulo della Montagnola trae proprio da questi ultimi uno straordinario valore aggiunto, determinato dalla rarità di questo tipo di testimonianze in un periodo tanto antico della storia etrusca.
La presenza di questi segni – iscrizioni e disegni, distribuiti sulla faccia anteriore di ambedue i lastroni che formano gli stipiti della porta d'accesso alla cella laterale destra, sul lastrone sinistro della cella laterale sinistra e sul lato frontale del pilastro di sostegno della camera centrale – fu ben sottolineata da Giacomo Caputo (Caputo, 1969, p. 22: «le ante della cella di destra, con tracce di velatura dipinta in colore terra di Siena e azzurro scuro […] presentano complessi graffiti»), che è tornato più volte sul tema con graduali approfondimenti, mentre la prima edizione, dovuta a Massimo Pallottino, è comparsa nel 1963 nella *Rivista di epigrafia etrusca* (Pallottino, 1963), corredata da un'adeguata documentazione grafica.
In ultimo, Adriano Maggiani, che si è occupato più volte del contesto epigrafico (nomi personali, testi di dedica, termini del linguaggio sacrale e altro: Maggiani, 2016, pp. 73-74, con bibliografia), si è reso disponibile ad analizzare il prodotto derivante dall'applicazione della tecnologia RTI sulle incisioni presenti all'interno del tumulo.
Il repertorio è ricco ed estremamente complesso, costituito da sequenze epigrafiche, con tratti e lettere che talvolta si intersecano e si sovrappongono e con l'aggiunta di elementi figurati, dove è possibile distinguere fra gli altri il profilo di un cavallino, l'avantreno di un cinghiale, un pesce, alberelli, stelle a cinque punte.
Si tratta di un patrimonio meritevole di ulteriori analisi e studi, che deve essere pertanto documentato al meglio utilizzando i nuovi strumenti che la tecnologia mette a disposizione, anche come forma estrema di tutela per questi segni preziosi ma labili.

G.P.

2. Rilievo e restituzione dei graffiti

Nel corso del 2015 il Comune di Sesto Fiorentino e la Pro loco, in collaborazione con la Soprintendenza archeologia belle arti e paesaggio per la città metropolitana di Firenze e le province di Pistoia e Prato, grazie al finanziamento di Publiacqua Spa, ha affidato un incarico alla società SISMA – Sistemi Integrati di Monitoraggio Architettonico Srls per la realizzazione di un virtual tour interno ed esterno del tumulo etrusco della Montagnola, mediante un modello digitale navigabile sul web (Poggesi *et al.*, 2020). Quest'ultimo, realizzato dalla collaborazione di SISMA con due istituti del CNR (ISPC e ISTI), è stato strutturato non solo per permettere una visita in remoto della tomba, attualmente fruibile dai link presenti sui siti internet di tutti i soggetti coinvolti, ma anche per contenere tutte le informazioni relative ad analisi, studi e interventi che sono stati e verranno realizzati sulla tomba nel recente passato e nel corso degli anni futuri.
Da questi presupposti è nata quindi l'esigenza di progettare futuri approfondimenti di studio e analisi, mediante una programmazione di operazioni che permetta di gerarchizzare l'analisi conoscitiva del manufatto, dando priorità

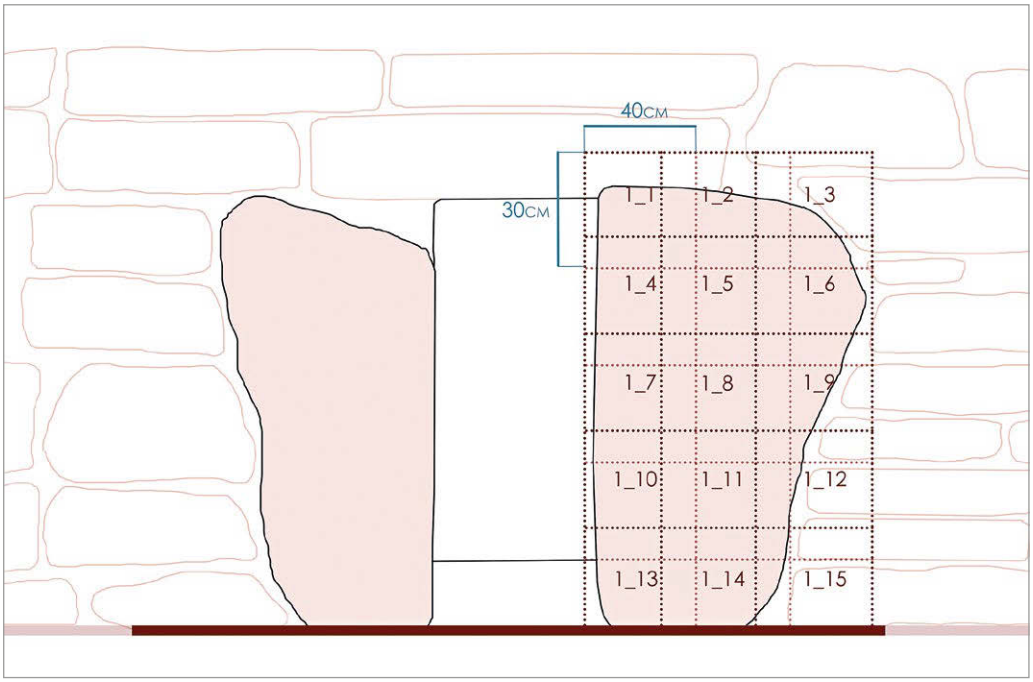

Fig. 1 – Sesto Fiorentino (FI), tumulo della Montagnola. Esemplificazione della suddivisione delle porzioni rilevate mediante tecnologia RTI dello stipite destro di una delle due camere presenti nel *dromos* interno (elaborazione di M. Repole).

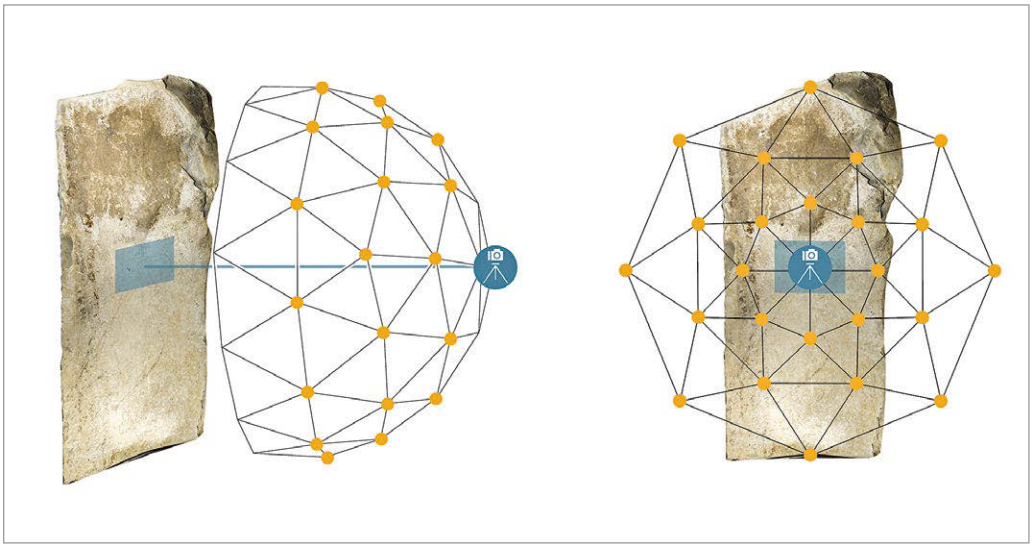

Fig. 2 – Sesto Fiorentino (FI), tumulo della Montagnola. Esemplificazione delle posizioni che devono essere utilizzate dalle luci durante il rilievo di una singola parte del manufatto (elaborazione di M. Repole).

allo studio delle emergenze e spostando successivamente l'attenzione sugli elementi a minor rischio. Fra le prime, rivestono un ruolo importante le incisioni graffite presenti sulle superfici esterne degli stipiti delle camere laterali presenti nel *dromos* interno e nel pilastro al centro della *tholos* della tomba. Questi segni, sebbene collocati all'interno del manufatto, a causa dell'umidità e delle infiltrazioni sono stati sottoposti, dalla loro scoperta a oggi, a un inevitabile processo di degrado, che può portare a una progressiva minor leggibilità dei tratti più superficiali. Facendo seguito a questa problematica si è scelto di impostare le prime analisi proprio su questi elementi, cercando di rilevarli e restituirli nel modo più dettagliato e accurato possibile, mediante un prodotto fruibile dalla comunità e utile a soddisfare la curiosità del visitatore e allo stesso tempo le esigenze dello studioso[1]. La metodologia che al momento appare essere più interessante per la caratterizzazione delle incisioni è la Reflectance Transformation Imaging (RTI), una metodologia basata su fotografie ad altissima definizione realizzate mediante l'impiego di punti di luce in movimento. Questa tecnica permette di realizzare per ogni incisione una rappresentazione digitale interattiva in cui l'utente può variare arbitrariamente la direzione di illuminazione: questo offre l'opportunità di analizzare nello specifico le incisioni presenti all'interno della tomba, apprezzandone, di volta in volta, caratteristiche differenti.

A.A.

1. Il progetto ha visto la collaborazione di Sara Marchini e Marco Repole per SISMA Srls nella parte di rilievo e restituzione dei modelli RTI.

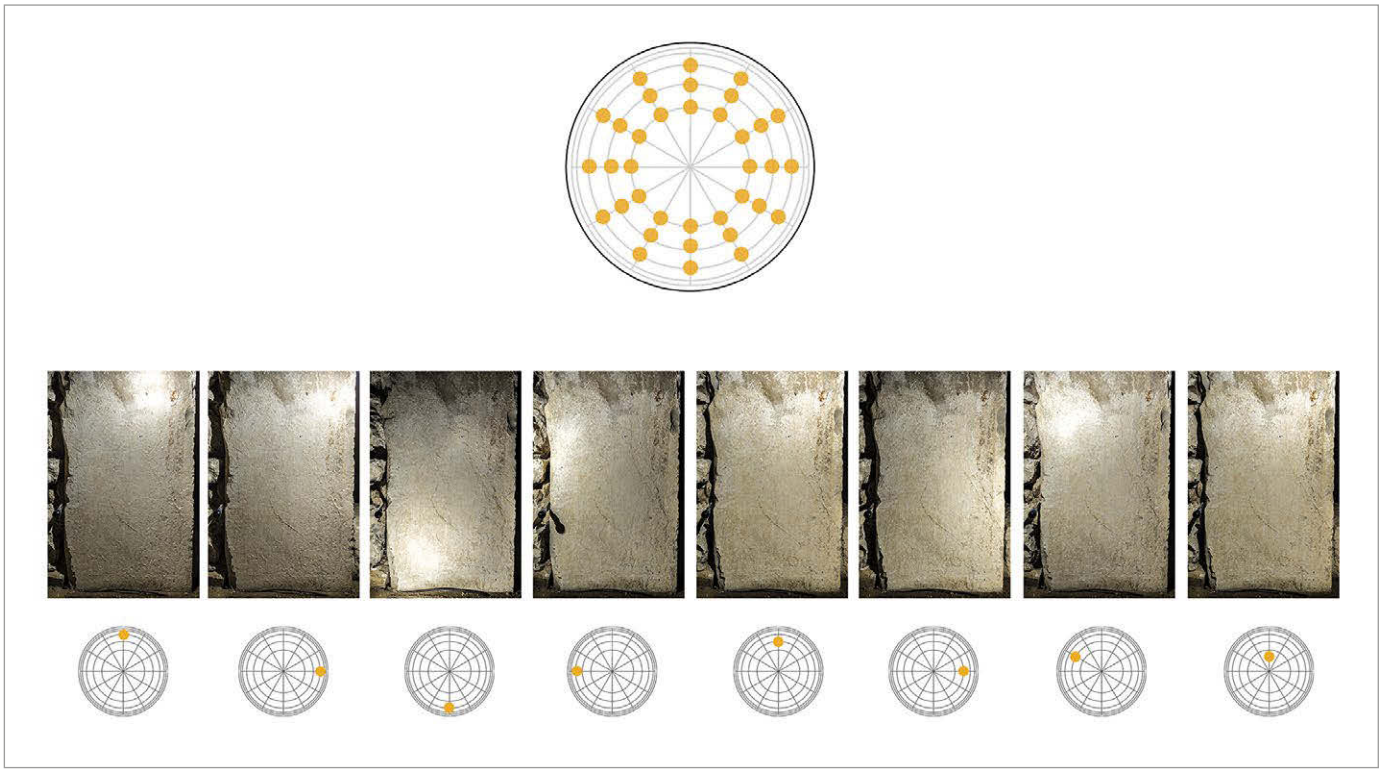

Fig. 3 – Sesto Fiorentino (FI), tumulo della Montagnola. Alcuni scatti della stessa porzione di manufatto con posizioni di luce differenti (elaborazione di M. Repole).

2.1 *La metodologia RTI*

La metodologia RTI è un procedimento di rilievo fotografico computazionale che cattura l'aspetto di una superficie sotto diverse illuminazioni e lo rappresenta come funzione matematica: questo permette la re-illuminazione interattiva da qualsiasi direzione, ma anche una serie di filtraggi volti a migliorare la percezione dei dettagli geometrici e cromatici dell'oggetto rilevato. La tecnica RTI dunque permette di rilevare e rivelare informazioni sulla superficie degli oggetti che non sarebbero visibili a un suo diretto esame autoptico.

L'applicazione di questa metodologia è ormai ben nota da anni e le sue potenzialità sono attestate dalla lunga serie di pubblicazioni ad essa dedicate (per citare solo le più recenti: Artal-Isbrand, Klausmeyer, 2013; Dellepiane *et al.*, 2006; Earl *et al.*, 2011; Fiorini, 2018; Kotoula, Kyranoudi, 2013; MacDonald, 2011; Palma *et al.,* 2014). Questo, tuttavia, non esenta da una continua sperimentazione e applicazione del software per comprenderne e testarne i possibili punti di forza e debolezza nella documentazione del patrimonio culturale. Il suo utilizzo si articola in diverse fasi (progettazione, rilievo e restituzione) e si basa sull'impiego di fotocamere statiche ad altissima definizione, posizionate frontalmente e molto vicine rispetto all'oggetto da analizzare e a un'altra serie di elementi (luci e oggetti sferici) indispensabili per una corretta acquisizione delle immagini. Per la tomba della Montagnola, dato lo spazio minimo a disposizione, il progetto di presa ha previsto la realizzazione delle fotografie posizionandosi frontalmente rispetto agli oggetti di interesse a una distanza di circa 30-40 cm dalla superficie del manufatto ed eseguendo scatti con una visione diacronica del contesto e dei graffiti. In particolare, il progetto ha previsto un primo rilievo generale degli stipiti della camera di destra, suddividendo ciascuno di essi in tre porzioni; questo processo è risultato indispensabile per contestualizzare i singoli elementi all'interno delle intere superfici dei lastroni di pietra, per poi in seguito andare a effettuare un rilievo di dettaglio delle singole incisioni di interesse, dividendo l'area in circa 15 porzioni di 20×30 cm (*fig.* 1). Al progetto di presa è seguito il rilievo, eseguito mediante 40-45 scatti fotografici per ogni area di indagine e utilizzando una stessa inquadratura dell'oggetto ma andando a modificare a ogni scatto la posizione della luce, così da formare una sorta di cupola attorno all'area in esame (*fig.* 2). Durante gli scatti fotografici, la luce viene rilevata attraverso l'uso di un marker sferico che ne individua la posizione.

L'ultima fase del rilievo è stata caratterizzata dall'elaborazione di questi dati all'interno di un software open source, RTI Builder della Cultural Heritage Imaging, utile a ottenere un modello dell'area in esame che integra al suo interno tutte le condizioni di luce scattate nel corso delle prese fotografiche (*fig.* 3). Il modello virtuale che ne deriva risulta dunque un oggetto bidimensionale dinamico, caratterizzato da una

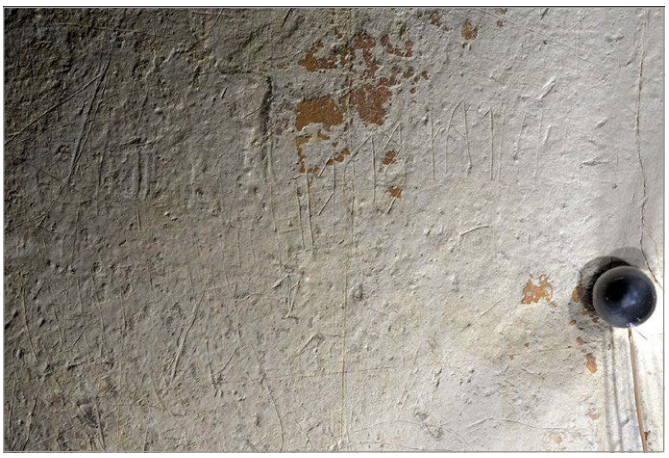

Fig. 4 – Sesto Fiorentino (FI), tumulo della Montagnola. Particolare di un'incisione presente su uno stipite della camera di destra, visualizzata mediante luce radente (elaborazione di M. Repole).

notevole interattività da parte dell'utente, che può modificare a piacimento i punti di luce con i quali illuminare l'oggetto, ad esempio posizionando la luce in modo radente oppure in senso diretto, e dunque implementandone notevolmente la leggibilità dei suoi particolari più minuti (*fig*. 4). Questo avviene grazie all'opportunità di generare mappe di profondità (*normal map*) che, propriamente elaborate, sono in grado di enfatizzare la chiarezza delle incisioni.

A.A.

3. La visualizzazione online delle incisioni

Per lo studio e la documentazione delle superfici di particolare interesse storico-artistico, la tecnica più usata, dal punto di vista macroscopico, è quella fotografica eseguita sia a luce diffusa che radente. In questo secondo caso la superficie viene illuminata con un fascio luminoso parallelo alla superficie da studiare, in modo da evidenziarne tutte le sporgenze. Questa tecnica mette in evidenza, tramite l'ombra proiettata, tutti i sollevamenti, ad esempio, di una superficie pittorica, deformazioni, forme di alterazione, ma anche tracce di lavorazione o iscrizioni difficili da leggere a causa dell'azione del tempo. La luce radente inoltre può facilitare nello studio delle tecniche esecutive, ad esempio evidenziare l'andamento della pennellata in un dipinto può essere di grande utilità in un processo attributivo.

Grazie allo sviluppo delle tecniche fotografiche e alla computer grafica, oggi è possibile visualizzare in tempo reale la modalità con cui la luce interagisce con l'oggetto e il comportamento di riflettanza del materiale. In particolare, mediante la tecnica RTI è possibile mettere in evidenza tutte quelle caratteristiche che risulterebbero invisibili anche a una manipolazione tridimensionale del manufatto. La tecnica, descritta nei paragrafi precedenti, viene oggi impiegata per lo studio di moltissimi manufatti nel campo dei beni culturali come, ad esempio, manoscritti, tavole con incisioni, dipinti, collezioni di numismatica e così via. Le tecnologie RTI offrono un'elevata densità di campionamento e precisione e migliorano la percezione del rilievo superficiale, per questo sono ampiamente utilizzate nel campo dei beni culturali come strumento di documentazione e supporto nel processo di analisi e interpretazione da parte degli specialisti.

Nello specifico caso dello studio dei graffiti presenti all'interno della tomba della Montagnola si è voluto mettere a disposizione i risultati ottenuti dalle acquisizioni RTI attraverso il sistema RELIGHT (http://vcg.isti.cnr.it/relight/). Il sistema messo a punto dal Visual Computing Lab di CNR-ISTI (http://vcg.isti.cnr.it/) è un visualizzatore HTML5-WebGL per immagini RTI (PTM, HSH) e immagini ad alta risoluzione. Il programma permette la visualizzazione del risultato dell'acquisizione RTI in una pagina web standard senza l'installazione di alcun plugin utilizzando un qualsiasi browser web (Ponchio *et al.*, 2018). Per realizzare le pagine web è stato utilizzato il supporto fornito dal Visual Media Service, sviluppato da Visual Computing Lab (ISTI – CNR), nell'ambito del progetto FP7 EU-INFRA Ariadne, volto a fornire un'infrastruttura dati integrata per la ricerca archeologica.

Il lavoro, successivamente esteso nell'ambito del progetto H2020 PARTHENOS e H2020 EOSC Pilot, consente la possibilità di pubblicare e presentare sul web in maniera semplice contenuti anche molto complessi. Si tratta di un servizio automatico che permette di caricare file multimediali visivi su un server e di trasformarli in una pagina web, rendendoli pronti per la visualizzazione web-based. Lo scopo è quello di consentire agli studiosi di pubblicare sul web i propri dati per la condivisione con i colleghi, nell'ottica di un lavoro cooperativo.

È possibile caricare le immagini RTI che si vogliono convertire direttamente dal sito web di Visual Media Service: successivamente esse saranno elaborate dal sistema per essere convertite in un formato multi-risoluzione che permette una visualizzazione efficiente sul browser. Il risultato che si ottiene è una pagina web che può essere facilmente visualizzata nel browser, nella quale è possibile interagire con la luce per mettere in evidenza i segni dei graffiti.

I risultati sono stati inseriti all'interno del sito della Pro loco di Sesto Fiorentino[2]. Nella pagina web dedicata al lavoro sui graffiti, attraverso una mappa interattiva (*fig*. 5) e le immagini delle incisioni, è possibile accedere alla visualizzazione delle immagini RTI (*fig*. 6). All'interno del menù sono stati inseriti una serie di comandi attraverso i quali è

2. Disponibili all'indirizzo web: https://www.prolocosestofiorentino.it/graffiti-esplora/

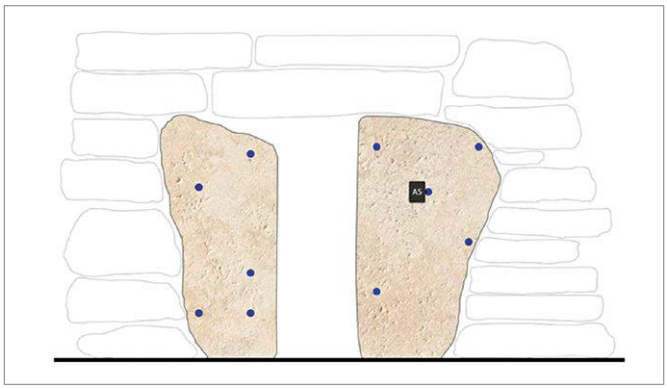

Fig. 5 – Sesto Fiorentino (FI), tumulo della Montagnola. Mappa interattiva per la navigazione delle immagini RTI.

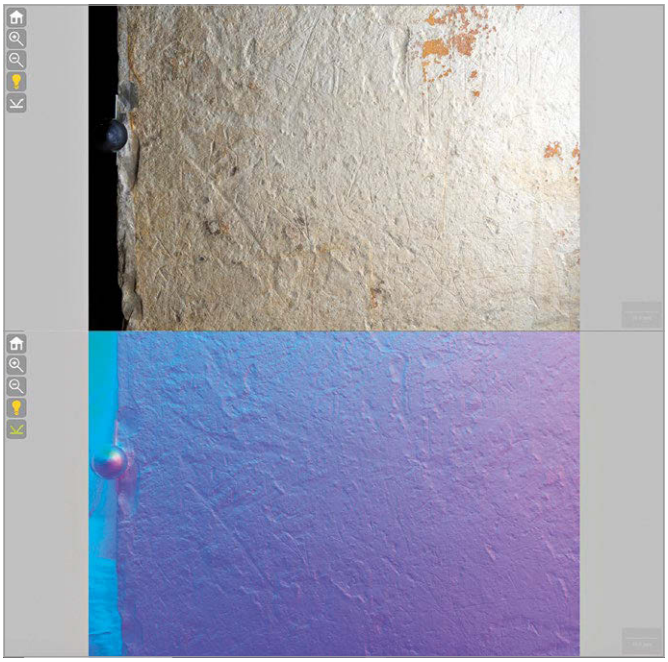

Fig. 6 – Sesto Fiorentino (FI), tumulo della Montagnola. Esempi di pubblicazione dei risultati delle ricerche in pagine HTML.

possibile zoomare l'immagine (simboli più e meno), modificarne l'illuminazione per evidenziare al meglio le caratteristiche delle singole incisioni (simbolo della lampadina), oppure visualizzare un'approssimazione della geometria locale usando un falso colore che rappresenta l'orientamento della superficie (normal map).

R.M.D.F., M.C.

4. Ricadute e prospettive di ricerca

La documentazione e la messa a disposizione sul web dei risultati del lavoro svolto sui graffiti presenti nella tomba della Montagnola tramite la tecnologia RTI, può avere ricadute in campi diversi:
– in campo scientifico, gli studiosi potranno avere a disposizione una panoramica estremamente accurata di tutte le incisioni della camera di destra, sia di origine antropica che naturale, presenti sulle parti rilevate, molte delle quali a oggi solo parzialmente indagate;
– in campo divulgativo, l'unione del modello digitale delle incisioni a quello realizzato per l'intera tomba nel corso del 2015, permetterà una fruizione immersiva e particolareggiata da parte della comunità di alcune delle sue caratteristiche peculiari, altrimenti difficilmente visibili durante le consuete visite guidate;
– nel campo della tutela, la riproduzione virtuale della tomba e delle sue caratteristiche offre l'opportunità di produrre uno stato di fatto della struttura e dei suoi singoli elementi soggetti a degrado. Tale documentazione risulta indispensabile nella pianificazione degli interventi di restauro e manutenzione e, allo stesso tempo, assicura alle generazioni future la conservazione della memoria di un patrimonio storico unico al mondo.

A.A.

Riferimenti bibliografici

Artal-Isbrand P., Klausmeyer P. (2013). Evaluation of the relief line and the contour line on Greek red-figure vases using reflectance transformation imaging and three-dimensional laser scanning confocal microscopy. *Studies in Conservation* 58/4, pp. 338-359.

Caputo G., a cura di (1969). *La Tomba della Montagnola. Mostra fotografica a cura della Soprintendenza alle Antichità dell'Etruria*. Sesto Fiorentino: Società per la Biblioteca di Sesto Fiorentino, Amministrazione comunale.

Dellepiane M., Corsini M., Callieri M., Scopigno R. (2006). High Quality PTM Acquisition: Reflection Transformation Imaging for Large Objects. In: Ioannides M., Arnold D., Niccolucci F., Mania K., a cura di, *The 7th International Symposium on VAST International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage*. Atti del convegno (Nicosia, 30 ottobre-4 novembre 2006). Aire-la-Ville: Eurographics Association, pp. 179-186.

Earl G., Basford P., Bischoff A., Bowman A., Crowther C., Dahl J., Hodgson M., Isaksen L., Kotoula E., Martinez K., Pagi H., Piquette K.E. (2011). Reflectance Transformation Imaging systems for ancient documentary artefacts. In: Dunn S., Bowen J., Ng K., a cura di, *Electronic Visualisation and the Arts (EVA 2011)*. London: The Chartered Institute for IT, pp. 147-154.

Fiorini A. (2018). Il metodo fotografico RTI (Reflectance Transformation Imaging) per la documentazione delle superfici archeologiche. L'applicazione ai materiali di età protostorica. *Archeologia e calcolatori* 29, pp. 241-258.

Kotoula E., Kyranoudi M. (2013). Study of ancient Greek and Roman coins using reflectance transformation imaging. *E-conservation* 25, pp. 75-88.

MacDonald L.W. (2011). Visualising an Egyptian artefact in 3d: comparing RTI with laser scanning. In: Dunn S., Bowen J., Ng K., a cura di, *Electronic Visualisation and the Arts (EVA 2011)*. London: The Chartered Institute for IT, pp. 155-162.

Maggiani A. (2016). La scrittura a Fiesole in età arcaica. In: Perazzi P., Poggesi G., Sarti S., a cura di, *L'ombra degli Etruschi, simboli di un popolo fra pianura e collina*. Catalogo della mostra (Prato, Museo di Palazzo pretorio, 19 marzo-30 giugno 2016). Firenze: Edifir, pp. 73-81.

Palma G., Baldassarri M., Favilla M., Scopigno R. (2014). Storytelling of a coin collection by means of RTI images: the case of the Simoneschi collection in Palazzo Blu. In: Proctor N., Cherry R., a cura di, *Museums and the Web 2013*. Silver Spring: Museums and the Web. Testo disponibile al sito: https://mwf2014.museumsandtheweb.com/paper/storytelling-of-a-coin-collection-by-means-of-rti-images-the-case-of-the-simoneschi-collection-in-palazzo-blu/.

Pallottino M. (1963). (Faesulae), Quinto Fiorentino. *Studi Etruschi* XXXI, *Rivista di epigrafia etrusca*, pp. 176-185.

Poggesi G., Arrighetti A., Minutoli G., Pancani G., Manganelli del Fà R., Callieri M. (2020). Sesto Fiorentino (FI). Tumulo etrusco della Montagnola: un viaggio virtuale. In: Arbeid B., Pessina A., Tarantini M., a cura di, *Tutela & Restauro 2016.2019. Notiziario della Soprintendenza archeologia belle arti e paesaggio per la città metropolitana di Firenze e le province di Pistoia e Prato*. Sesto Fiorentino: All'Insegna del Giglio, pp. 107-116.

Ponchio F., Corsini M., Scopigno R. (2018). A Compact Representation of Relightable Images for the Web. In: *Web3D 2018. Proceedings of the 23rd International ACM Conference on 3D Web Technology*. Atti del convegno (Poznań, 20-22 giugno 2018). New York: Association for Computing Machinery, pp. 1-10. DOI: 10.1145/3208806.3208820.