

Rilievo 3D per lo studio della morfologia e delle tracce di lavorazione di una cava storica

Grazia Tucci, Valentina Bonora, Alessia Nobile

Università degli Studi di Firenze, via Micheli 8, 50121 Firenze, 055.2756587
grazia.tucci@unifi.it – valentina.bonora@archimetro.it – alessianobile@gmail.com

Riassunto

Il sito di Fossacava, a pochi chilometri da Carrara e da Colonnata, è formato da due fronti principali separati dal piazzale di cava formato da detriti e scarti delle operazioni di estrazione del marmo nelle cave adiacenti. L'origine delle cave di marmo della provincia di Massa Carrara si lega alla colonia romana di Luni, sorta intorno al 177 a.C. sul luogo di un piccolo centro ligure dotato di un porto (*Portus Lunae*). Studi recenti convalidano l'ipotesi di uno sfruttamento a livello regionale da parte degli Etruschi già a partire dalla metà del VI secolo a.C. fino al II secolo a.C.

Il rilievo è stato realizzato integrando sistemi a scansione 3D e fotogrammetria digitale. Queste tecniche hanno progressivamente esteso i loro ambiti di applicazione anche in campo geologico: nello studio della stabilità dei versanti, nei rilievi in attività minerarie a cielo aperto, nel rilievo di gallerie, nello studio della caduta di massi ed in ambito glaciologico. Il rilievo del sito di Fossacava si colloca in una posizione intermedia in quanto si tratta della documentazione di un sito marmifero, ma che ha valenza di bene culturale da salvaguardare per le testimonianze di storia impresse sulle sue pareti.

Abstract

The site of Fossacava, a few miles from Carrara and Colonnata, in Italy, comprises two main fronts separate from a large square format of quarry debris, that are residues of the extraction of the marble from adjacent quarries. The origins of the marble quarries in the province of Massa Carrara are linked to the Roman colony of Luni, established in 177 BC next to a small pre-existing Ligurian village with a port (*Portus Lunae*). Recent studies validate the hypothesis of exploitation by the Etruscans as early as the mid-sixth century BC until the second century BC.

The metric survey was achieved by integrating 3D scanning systems and digital photogrammetry. These techniques significantly developed, gradually extending their application fields: more and more applications are described in the field of geological study of slope stability, in the survey of quarries and galleries, in the study of rockfall and in glaciological field. The relief of Fossacava site lies in an intermediate position because it requires the documentation of a site marble, with an important cultural significance to be preserved for evidence of ancient history that are engraved on the marble walls.

Introduzione

Le origini delle cave di marmo della provincia di Massa Carrara si legano a quelle della colonia romana di Luni, fondata attorno al 177 a.C. sul luogo di un piccolo centro di origine ligure dotato di un porto (*Portus Lunae*). Studi recenti (Bruschi et al., 2003) convalidano l'ipotesi di un loro sfruttamento a livello regionale da parte degli Etruschi già a partire dalla metà del VI secolo a.C. fino al II secolo a.C..

Gli aspetti fondamentali dell'escavazione erano e sono tutt'oggi legati all'assetto geologico della zona marmifera, ed in particolare alle caratteristiche metamorfiche della formazione marmorea e

delle sue fratture (peli). Queste litoclasti formano tre sistemi che si intersecano fra di loro e che sulle Apuane sono chiamati: pelo del verso, pelo del contro, pelo del secondo.

L'orientamento del fronte di cava era sempre parallelo ad uno dei tre piani principali di distacco. Le operazioni di escavazione avvenivano dall'alto verso il basso (abbattimento) e comprendono sia le tecniche di escavazione vera e propria che la pulitura del fronte di cava.

- *Tecniche d'escavazione.* Le tecniche di escavazione variavano a seconda delle dimensioni del blocco che si intendeva abbattere o della quantità complessiva del materiale. Una trincea veniva scavata posteriormente ad un blocco, isolato da due peli laterali, usando la subbia o lo scalpello ed il mazzuolo. Il distacco finale poteva essere facilitato dall'inserzione di cunei lignei o metallici alla base del blocco. In genere la larghezza delle trincee variava in funzione alle dimensioni del blocco da estrarre: per piccoli blocchi (2 m di lunghezza e 1-1,5 m di altezza) la larghezza della trincea non superava i 45-65 cm (*caesura* piccola), mentre per blocchi di grandi dimensioni (fino ad 8-10 metri di lunghezza e 5-7 metri di altezza) la trincea poteva arrivare ai 70-80 cm per contenere più operai (*caesura* a trincea). I tagli rimasti in parete, relativi a quest'ultima tecnica presentano il tipico andamento a festone, dove ogni risega rappresenta il raggio d'azione di un singolo marmorario. Per blocchi di lunghezza maggiore a 10 metri ed altezza superiore a 7 m, allo scavo della trincea si aggiungeva lateralmente quello di un pozzo (*caesura* a pozzo). L'operaio arrivato ad una profondità di 1-1,5 m continuava lo scavo sotto la trincea lungo un piano parallelo ad essa. Si otteneva così uno scavo a gradoni che permetteva il massimo sfruttamento della manodopera e la massima resa del materiale.

- *Pulitura.* Si tratta della pulitura del fronte di cava dalle scaglie relative all'abbattimento di un blocco, pericolose per gli operai. Questo lavoro veniva fatto dal "tecchiaiolo" con una leva di ferro.

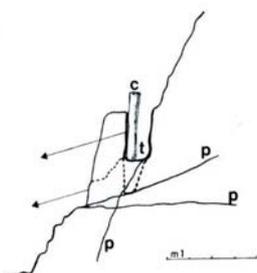


Figura 1 – Scavo in trincea: Cuneo, Trincea, Pelo (a sinistra); tracce di lavorazione (a destra)

Il sito di Fossacava

Fossacava dista 1,5 chilometri dal paese di Colonnata e 6,5 chilometri circa dalla città di Carrara. Il sito è formato da due fronti principali separati dal piazzale di cava formato dai detriti, scarti delle operazioni di estrazione del marmo nelle cave adiacenti. Il fronte sud, che presenta il maggior numero di tracce meglio conservate per una lunghezza di circa 33,30 metri, si unisce nella parte terminale ad uno sperone a cono investito da tracce di antica lavorazione nella zona prospiciente il piazzale. Il fronte nord si presenta invece povero di tracce ben riconoscibili a causa dell'erosione provocata dal vento e dalla pioggia. La zona di congiunzione del fronte sud con il sopraddetto sperone è caratterizzata da un taglio a filo elicoidale, operato intorno al 1920 dal proprietario della cava in seguito ad un tentativo fallimentare di riattivazione della cava stessa.

Le tracce presenti in parete possono essere classificate nelle seguenti tipologie: tracce a festone, tracce orizzontali, tracce inclinate, formelle, trincee, pozzi, fondi di trincea, linee di distacco, cunei lignei, sigle. La cava presenta la tipica forma ad anfiteatro derivata dall'abbattimento del materiale, a partire dalla quota maggiore, e dal suo trasferimento nella zona più bassa dalla quale venivano effettuate le cariche per la lizza. La varietà di marmo estratto è il bardiglio nuvolato di colore

grigio-cenerino con grosse striature di tonalità da grigio-azzurrognolo a grigio-bluastro con disposizione sub-parallela.

Il sito di Fossacava risulta vincolato dal 1909 (legge Rosadi del 20. 6. 1909 n. 364) e nel 1998 il vincolo archeologico è stato rinnovato ai sensi dell'allora L 1089/1939 oggi D.L. 42/2004.

Rilievi precedenti e obiettivi del lavoro

Tra il 1977 ed il 1980 il Comune di Carrara ha promosso una campagna di rilevamento dei siti archeologici allora conosciuti, tra i quali Fossacava, condotta dal Professor Enrico Dolci. In quell'occasione vennero scoperte sette iscrizioni in parete e venne realizzato un rilievo manuale, restituito in scala 1:200 per quanto riguarda la pianta e 1:50 per i prospetti, corredati da numerosi particolari. Il fronte sud fu diviso in sette settori verticali e due orizzontali.

Nel 2004 è stato effettuato un ulteriore rilievo manuale ed un rilievo topografico dagli architetti Nicolini ed Ozioso che ha permesso di aggiornare la vecchia planimetria del sito estratta da un rilevamento aerofotogrammetrico del 1975. In questo caso il prospetto sud è stato diviso in cinque settori verticali alla medesima scala del precedente ed in aggiunta sono stati realizzati alcuni profili-sezione dei prospetti. Nella rappresentazione del rilievo del 2004 si nota una maggiore attenzione alla resa dei particolari e del contesto vegetativo attraverso la tecnica del puntinato e del chiaroscuro, mentre in quello del 1977 l'attenzione è rivolta soprattutto alla documentazione delle tracce in parete.

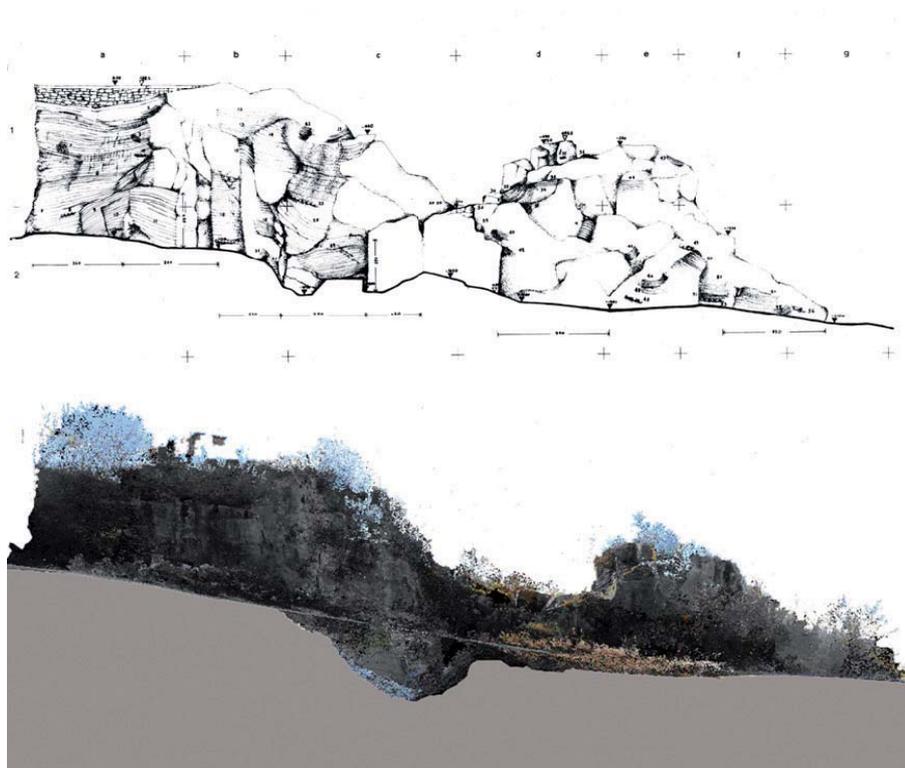


Figura 2 – Confronto tra viste analoghe del rilievo di fine anni '70 (prof. E. Dolci) e quello attuale.

Nel febbraio 2006 è stata eseguita un'indagine sismica per determinare lo spessore di detrito presente all'interno del piazzale di cava e ricostruire l'andamento del substrato roccioso

evidenziando così le forme delle antiche coltivazioni. Le indagini di propensione sismica permettono l'esplorazione del sottosuolo attraverso lo studio della propagazione di onde elastiche generate in superficie da una sorgente d'energia (colpo di mazza, maglio caduto dall'alto o esplosivo) che è funzione della profondità d'indagine richiesta. Sono stati eseguiti tre stendimenti e la posizione dei sensori (geofoni) è stata rilevata utilizzando una stazione totale. Il rilievo eseguito è stato successivamente referenziato sulla cartografia in scala 1:2.000 disponibile. Si è così confermata la forma ad anfiteatro della cava e si è scoperto che il vecchio piazzale di cava si trova sotto i detriti ad una profondità che raggiunge i 10-14 metri.

Gli obiettivi delle nuove operazioni di rilevamento (1) sono stati:

- l'integrazione della cartografia esistente (in scala 1:2000) con una planimetria di dettaglio a grande scala (1:200);
- la documentazione tridimensionale della complessa morfologia dei fronti;
- la realizzazione di elaborati grafici vettoriali e raster per la classificazione e la referenziazione delle antiche tracce di lavorazione.

Le elaborazioni grafiche sono state realizzate secondo piani di proiezione quanto più possibile analoghi a quelli adottati per alcuni rilievi precedenti, realizzati con sistemi di misura diretti e topografici classici. E' pertanto possibile presentare alcune considerazioni in merito alle diverse tecniche di restituzione adottate.

Nuovi rilievi con sistemi a scansione

Negli ultimi anni la tecnica di rilievo con laser scanner terrestre è andata progressivamente sviluppandosi, estendendo via via il suo campo di applicazione. Sono infatti sempre più numerose le applicazioni di questa tipologia di rilievo in ambito geologico, nello studio della stabilità dei versanti, nei rilievi in attività minerarie a cielo aperto, nel rilievo di gallerie, nello studio della caduta di massi ed in ambito glaciologico. Il rilievo del sito di Fossacava si colloca in una posizione intermedia in quanto si tratta della documentazione di un sito marmifero, ma che ha valenza di bene culturale da salvaguardare per le testimonianze di storia antica che sono impresse sulle pareti di marmo.

Come noto, la progettazione del rilievo tramite scansioni deve fare riferimento al principio geometrico secondo il quale sono acquisiti i dati, che è quello della proiezione centrale. In modo del tutto analogo a quanto avviene per una fotografia, infatti, sarà possibile acquisire solo gli elementi in vista; tutto quanto risulta "in ombra" da una postazione di scansione dovrà essere pertanto rilevato da una posizione differente. E' quindi evidente che tra ogni scansione e quelle immediatamente adiacenti è necessario prevedere una sovrapposizione adeguata a documentare in modo esaustivo l'oggetto. Questa ridondanza di dati è stata utilizzata per l'allineamento delle varie scansioni in un unico sistema di riferimento, realizzato anche grazie ad appositi target, posizionati sulla scena e misurati con metodi topografici, in modo da definire a priori il sistema di riferimento nel quale sarà espresso l'intero rilievo.

Il risultato della fase di allineamento delle scansioni è un modello tridimensionale che, proprio a causa dell'elevato automatismo con il quale è stato prodotto, si può definire "acritico". Le operazioni di interpretazione dell'oggetto e di selezione delle informazioni significative che tradizionalmente sono eseguite sul campo possono pertanto essere realizzate sul modello invece che sull'oggetto del rilievo. Le rappresentazioni grafiche che, con i sistemi di misura tradizionali, dovevano essere sempre definite a priori per consentire di limitare le onerose operazioni di misura e quelle strettamente necessarie a realizzarle, possono ora essere stabilite successivamente alla costruzione del modello, che è un vero database di informazioni metriche. La natura digitale e tridimensionale dei dati rilevati, inoltre, suggerisce di valorizzarne la flessibilità con l'esplorazione di nuove forme di restituzione grafica.

Lo scanner utilizzato è il Riegl LMS-Z420i: è uno strumento ad asse rotante, che può acquisire dati secondo un campo di 360° per 80°, con un range operativo da 2 a 1000 m. Alla struttura dello scanner è rigidamente collegata una fotocamera digitale ad alta risoluzione, che consente di associare, ad ogni punto rilevato, la corrispondente informazione radiometrica, facilitando l'interpretazione del modello.

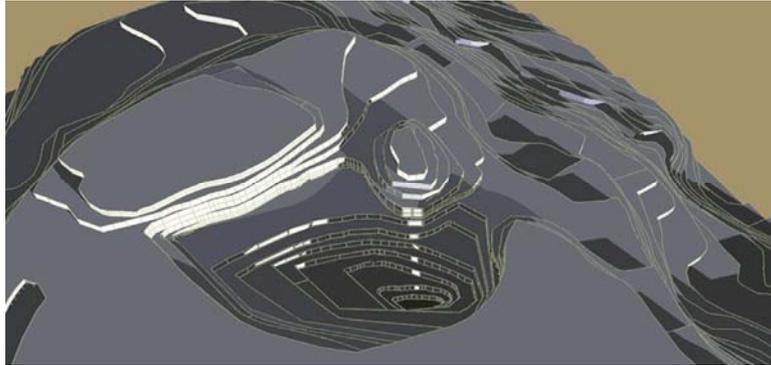


Figura 3 – Scanner 3D con fotocamera integrata utilizzato per il rilievo

Figura 4 – Ricostruzione tridimensionale del sito

Per il rilievo dei fronti di cava è stata predisposta una poligonale locale costituita da tre vertici, alla quale sono stati riferiti i target catarifrangenti disposti nell'intera area di scansione e automaticamente riconoscibili sulle singole range map; tutte le scansioni sono quindi state allineate rispetto al sistema di riferimento così materializzato.

Sono state effettuate prese da sei postazioni, per consentire la documentazione quanto più possibile esaustiva dei fronti sud e sud-ovest, interessati dal maggior numero di tracce visibili.

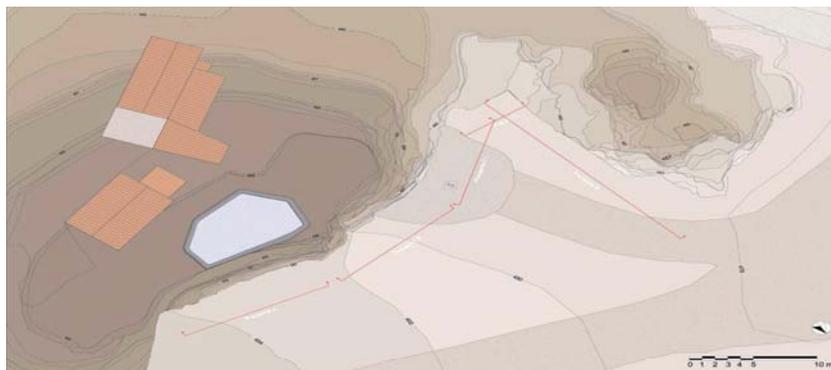


Figura 5 – Planimetria del sito

Le operazioni di rilievo sono state svolte nell'arco di una sola giornata sul campo, durante la quale sono stati acquisiti circa 25 milioni di punti. Nonostante l'acquisizione di dati da postazioni differenti, la folta vegetazione ha creato nella nuvola di punti numerose zone d'ombra.

Le operazioni di restituzione erano volte alla descrizione dell'andamento planimetrico ed altimetrico dei fronti sud e sud-ovest e ad una catalogazione delle tracce stesse.

La risoluzione adottata, all'incirca centimetrica, consente al modello finale di fornire un'ottima descrizione della complessa morfologia delle pareti rilevate. Le tracce di lavorazione sul fronte di

cava, invece, non risultano sufficientemente leggibili. Per questo, una volta definiti i piani di proiezione per la realizzazione dei prospetti, la loro restituzione grafica è stata sovrapposta alla vista ortogonale del modello di punti della parete. Gli elaborati grafici sono pertanto stati integrati con puntuali interventi manuali, basati su osservazioni dirette e su un'ingente documentazione fotografica, disegnando le tracce mancanti o poco visibili e dando maggiore risalto alla conformazione del fronte stesso.



Figura 6 – Dettaglio della restituzione grafica finale: l'elaborato integra l'immagine della scansione 3D con la vettorializzazione delle principali discontinuità e tracce di lavorazione

Riferimenti bibliografici

(1) L'esperienza di rilievo è stata svolta nell'ambito della Tesi di laurea in Architettura di Evelina Mattucci (*Metodi di rilievo di un fronte di cava. Strategie in situazioni di emergenza*, relatore prof. G. Tucci, correlatori proff. C. A. Garzonio, L. Marino) discussa presso l'Università degli Studi di Firenze nell'a.a.2008-2009.

Adam J.P. (2001), *L'arte di costruire presso i Romani: materiali e tecniche*, Longanesi, Milano.

Bruschi G., Criscuolo A., Paribeni E., Zanchetta G. (2003), "Stratigrafie delle discariche di detrito dei bacini marmiferi di Carrara. I ravaneti antichi di Carbonera, Strinato, Gioia e Scalocchiella", in *Acta Apuana*, vol. II.

Bruschi G., Criscuolo A., Paribeni E., Zanchetta G. (2003), "14C-dating from an old quarry waste dump of Carrara Marble (Italy): evidences of the pre-Roman exploitation", in *Journal of Cultural Heritage*, vol. 5, 3-6.

Clerici A., Gelmini M., Ravelli M., Sgrenzaroli M., Vassena G. (2005), "Applicazioni del laser scanner terrestre a temi geologico-tecnici", in *Giornale di geologia applicata*, n. 2, Brescia

Dolci E. (1980), *Carrara cave antiche*, Carrara, Comune di Carrara.

Dolci E. (1995), *Il Parco Archeologico delle Cave Antiche delle Alpi Apuane*, Comunità Montana delle Apuane, Carrara.

Dolci E. (2003), *Archeologia apuana. Iscrizioni. Lavorazioni. Cave antiche a Carrara*, Mori Editore, Aulla.

Marino L. (2007), *Cave storiche e risorse lapidee. Documentazione e restauro*, Alinea, Firenze.