

3D Archeolandscapes. Pantalica rupestre

Carlo Inglese
Roberto Barni
Marika Griffo

Abstract

La complessità dell'architettura rupestre pone quesiti di natura tanto metodologica quanto applicativa investendo incontrovertibilmente la sfera della rappresentazione mediante modelli. In virtù dei suoi particolarissimi aspetti formali e funzionali, essa si colloca a metà strada tra artificio e natura, tra scultura e paesaggio e, ancora, tra architettura e città. La ricerca qui condotta è declinata su tre chiese rupestri collocate nel sito archeologico di Pantalica: San Micidiario, San Nicolicchio e la grotta del crocifisso. La documentazione mediante modelli 3D e l'elaborazione di modelli 2D di sintesi mettono in luce la complessità del tema. A partire dalla tridimensionalità dell'oggetto, sulla scorta di nuovi approcci di sintesi della forma sperimentati sull'architettura rupestre, il contributo si propone di aggiornare la documentazione esistente sui tre casi studio e di fornire nuovi strumenti di lettura per lo studio morfologico e architettonico.

Parole chiave

architettura rupestre, Pantalica, 3D modeling, data capture, rappresentazione.



Visualizzazione delle nuvole di punti da acquisizione laser scanner e localizzazione dei tre siti analizzati. 1. Grotta del Crocifisso, 2. San Micidiario, 3. San Nicolicchio.

L'architettura rupestre

L'architettura rupestre, a differenza di quella costruita, evidenzia il proprio carattere nella sua morfologia: il totale scostamento dalla geometria euclidea, a causa dell'irregolarità che deriva dal suo essere un manufatto scavato e una sostanziale continuità tra ambiente interno ed esterno.

Si può dire che, vista la sua origine come spazio scavato, come architettura ottenuta direttamente nel e col territorio, l'architettura rupestre sia un caso limite dell'architettura stessa. Questa particolare circostanza viene adeguatamente risolta con le attuali metodologie di rilievo. In particolare, in questa occasione, è stato affrontato il problema della sistematizzazione delle procedure di rilevamento architettonico in ambito rupestre alla luce delle tecnologie di scansione Laser; di fotogrammetria digitale. Se le fasi di acquisizione massiva del dato, attraverso scansione laser 3d e SfM, raggiungono, nel campo dell'Architettura rupestre, uno dei livelli più elevati di funzionalità, è la fase di elaborazione in post-produzione che comporta una necessaria azione critica rispetto alla stessa metodologia di elaborazione. In una fase successiva, quindi, ci si è occupati della sperimentazione nel campo specifico della rappresentazione architettonica. È stato quindi necessario, sulla scorta di esperienze precedenti [1], condurre una sperimentazione di tecniche di rappresentazione non usuali per l'architettura, maggiormente utilizzate in ambito cartografico, come la rappresentazione a curve di livello e lo sviluppo in piano di superfici complesse.

Questa strategia consente di mettere la potenza dei laser scanner e dei modelli numerici prodotti al servizio di rappresentazioni inclusive, volte a manifestare la continuità tra architettura e paesaggio e tra interno ed esterno, elaborando specifiche modalità di rappresentazione di piante, mediante curve di livello, e sezioni verticali, per curve piane equidistanti, in grado di tradurre in elaborati scientifici sintetici la continuità tra artefatti e paesaggio.

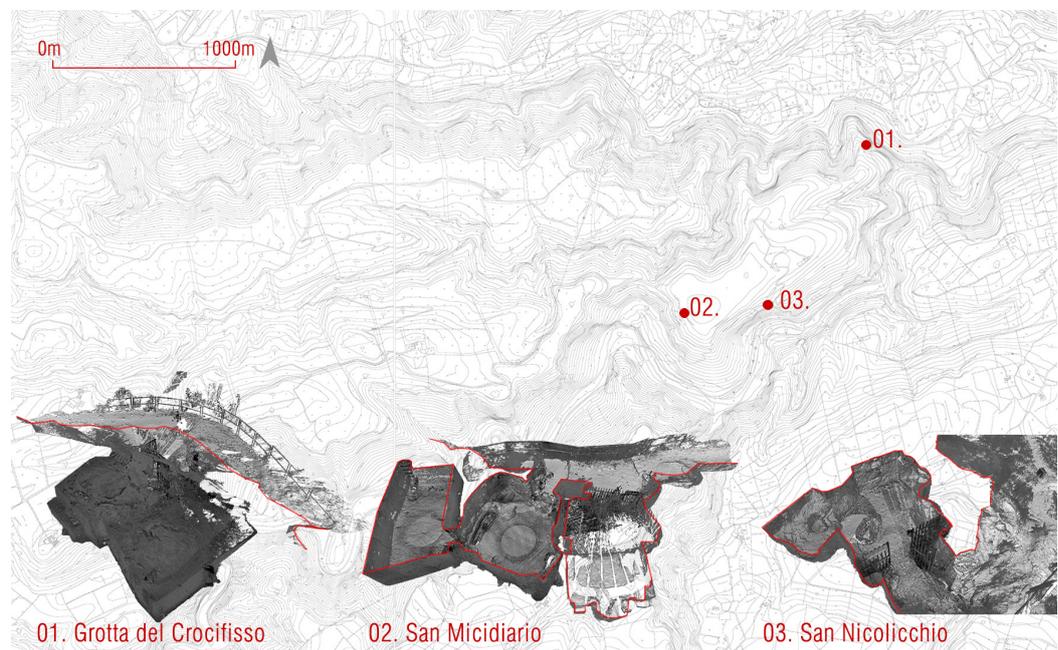


Fig. 1. Inquadramento territoriale dei tre siti analizzati. Cartografia di base con curve di livello da Carta Tecnica Regionale, edizione 2014. 1. Grotta del Crocifisso, 2. San Micidiario, 3. San Nicolicchio.

Pantalica e le sue grotte

Il sito di Pantalica [2] (probabilmente una derivazione dall'arabo *Buntarigah*, che significa grotte), racchiuso alla congiunzione delle due formazioni geologiche dei Monti Climiti e Carlentini è considerato tra i primi luoghi abitati della Sicilia Orientale, dove, nella Tarda Età del Bronzo (XIII sec. a.C.) si sviluppò un insediamento autoctono.

Gli studi prendono origine dalle importanti campagne di scavo dell'archeologo Paolo Orsi (tra la fine dell'800 e l'inizio del '900) e più tardi, intorno al 1950, di Luigi Bernabò Brea [Bernabò Brea 1990], tuttavia le origini di Pantalica non sono ancora note. È comunemente accettato che l'importante civiltà indigena, di cui restano poderose tracce nella vasta necropoli composta da circa 5000 tombe, venne distrutta dalla colonizzazione greca [Orsi 1912]. Posteriormente, intorno al VI secolo, nel periodo della dominazione bizantina, Pantalica vide la fondazione di villaggi, spesso impiantati sulle grotte delle necropoli preesistenti e sviluppati attorno a chiese rupestri. Oggi si possono osservare i resti di tre villaggi principali ciascuno caratterizzato dalla presenza di una chiesa rupestre. Il primo di essi si trova a ridosso della necropoli Cavetta, è formato da circa 70 abitazioni oltre all'oratorio della grotta del Crocifisso; il secondo è sotto l'Anaktoron, nella necropoli Sud con l'oratorio della grotta di San Nicolicchio, mentre il terzo, il più grande di questi agglomerati rupestri, è quello posto tra la necropoli sud e la sella di Filipporto, composto da più di 150 abitazioni a più stanze e dalla grotta di San Micidiario [Leighton 2019].

Le operazioni di rilievo e modellazione sono state condotte sulle tre chiese rupestri dei tre villaggi (fig. 1). Dal punto di vista morfologico, l'oratorio di San Micidiario è il complesso più articolato. La struttura presenta due punti di accesso dall'esterno e si compone di quattro ambienti interni tra loro concatenati. La distribuzione interna delle funzioni ricalca alcuni caratteri propri di tale tipologia architettonica: la presenza del *templon*, diaframma marmoreo di separazione tra l'area riservata ai fedeli e quella presbiteriale, è un elemento fortemente



Fig. 2. Inquadramento fotografico dei tre siti e delle pitture murali: 1. Grotta del Crocifisso, 2. San Nicolicchio, 3. San Micidiario.

rappresentativo di un certo livello di progettualità degli spazi. Il secondo caso studio analizzato è quello della chiesa di San Nicolicchio; in questo caso, il punto di accesso è unico e decentrato rispetto all'ambiente del presbiterio orientato lungo l'asse est-ovest alla destra dell'ingresso. Sulla parete nord, a sinistra, una parete convessa, con tracce di decorazione pittorica, fa da cerniera tra l'ambiente di ingresso e un altro piccolo vano posto a una quota superiore. Il terzo sito analizzato, la grotta del Crocifisso, si trova a una quota inferiore rispetto al piano di calpestio esterno rendendo lo spazio interno, diviso in due ambienti principali, poco illuminato e angusto (fig. 2).

L'analisi attraverso i modelli

L'acquisizione mediante laser scanner 3D [3] delle tre architetture ha fornito informazioni di base sulla conformazione spaziale dei vari ambienti e sul rapporto tra interno ed esterno (fig. 3). Questa tipologia di rilevamento è stata integrata con una campagna fotografica di dettaglio propedeutica ad applicazioni di fotogrammetria digitale. Il primo obiettivo perseguito attraverso il processo di *Structure from Motion*, è quello di compensare e completare le informazioni di carattere morfologico acquisite mediante laser scanner (fig. 4). Infatti, la dimensione ridotta degli ambienti e la loro articolazione spaziale rendono l'acquisizione fotografica particolarmente idonea a raggiungere spazi altrimenti inaccessibili. Il secondo obiettivo, invece, riguarda l'acquisizione di dettaglio delle superfici dipinte per documentarne

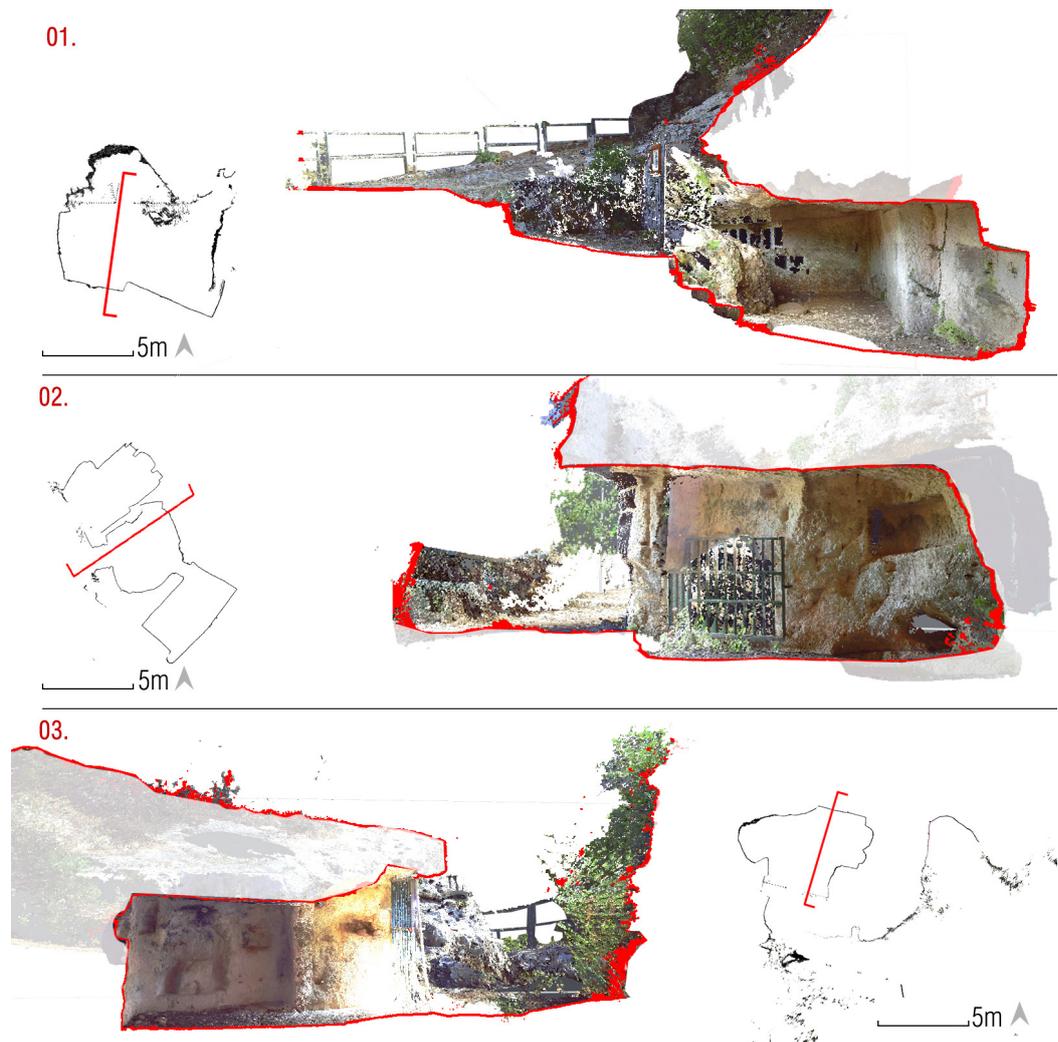


Fig. 3. Sezioni prospettiche della nuvola di punti da acquisizione mediante laser scanner 3D.
1. Grotta del Crocifisso, 2. San Micidario, 3. San Nicolicchio.

le loro cromie e mapparne le tracce rispetto alla loro collocazione tridimensionale (fig. 5). In fase di elaborazione, le coordinate di punti notevoli individuati sulle nuvole da laser scanner sono state utilizzate per orientare e dimensionare correttamente i modelli generati dai processi fotogrammetrici, ciò ha consentito una sostanziale corrispondenza morfometrica tra gli elaborati prodotti. A partire dai tre modelli poligonali, grazie a una operazione preliminare di *retopology* [4], è stato possibile avere a disposizione modelli agevolmente esplorabili e metricamente affidabili. La fase successiva di analisi ha riguardato la rappresentazione della forma e la trasformazione dei modelli di superficie continui in modelli discreti, rappresentati da curve planari collocate nello spazio tridimensionale. Un particolare elemento di interesse riguarda l'individuazione del passo dei piani sezione più adeguato alla rappresentazione (fig. 6). Questo processo è stato condotto servendosi di algoritmi parametrici utili al controllo dinamico della variazione delle curve di livello. Infatti, al variare della distanza tra curve lungo l'asse z, è possibile sottolineare o, al contrario, depotenziare, alcuni valori spaziali degli ambienti (fig. 7). La rappresentazione degli elementi architettonici – nicchie, absidi, altari – deve trovare il corretto bilanciamento tra astrazione della forma e livello di rispondenza al costruito. Impostando piani di sezione a una distanza fissa di 50 cm, ad esempio, questi elementi perdono di riconoscibilità; nel verso opposto, curve di livello tra loro molto ravvicinate rischiano di annullare il carattere architettonico omogeneizzandolo al contesto. Questa sperimentazione si è conclusa individuando un passo ottimale di 5 cm e riportando i profili così ottenuti sul piano bidimensionale.



Fig. 4. Modello poligonale ottimizzato. Vista dell'accesso dall'esterno al sito di San Micidiano.

I modelli 2D: passato e presente

L'obiettivo dei modelli 2D proposti è di raccontare la realtà agendo con un'operazione di discretizzazione. Tale operazione non semplifica la complessità dell'oggetto: mentre la semplificazione riduce il numero delle variabili da prendere in considerazione, la discretizzazione ne mantiene intatta la complessità agendo solo sulla trasformazione della continuità del reale in un numero discreto di dati. La quantità necessaria di dati utili a esprimere la complessità dipende dal loro livello di rappresentatività. Dal punto di vista applicativo, questa distinzione risulta sostanziale: la rappresentazione mediante curve di livello non annienta la tridimensionalità morfologica dell'oggetto bensì la esalta proprio grazie all'introduzione di una regola fissa, un parametro che, in questo caso, si esprime mediante la distanza in altezza tra due curve successive. L'effetto ottenuto è quello dell'accentuazione delle irregolarità per mettere in evidenza la gradualità dei salti di quota e le orizzontalità.

Il secondo spunto di riflessione nasce dalla volontà rendere dichiarata la distinzione tra gli elementi presenti nel linguaggio architettonico, codificati dal punto di vista geometrico e funzionale distinguendoli dallo spazio organico ricavato nella roccia. Il riconoscimento di questi due modi del costruire è proprio dell'architetto e, come tale, è necessario venga esplicitato nella lettura dell'architettura offerta. Ciò può avvenire, ad esempio, fornendo un diverso trattamento per gli elementi architettonici veri e propri e interpretandone la loro

morfologia per restituire il loro valore compositivo e formale. Al contrario, gli ambienti ricavati dallo scavo di una conformazione rocciosa, caratterizzato da una articolazione spaziale di tipo spontaneo, può essere convenientemente rappresentato utilizzando la rappresentazione mediante curve di livello. Questo approccio consente di fornire informazioni di carattere spaziale e tridimensionale e, allo stesso tempo, di provvedere alla lettura architettonica del luogo tramite il disegno.

I modelli 2D derivati costituiscono non solo un aggiornamento della documentazione grafica attualmente disponibile in letteratura [Messina 1979; Giglio 2002] ma, grazie alla metodologia di acquisizione massiva integrata, permettono di avere a disposizione una quantità di dati particolarmente valida per rappresentare la complessità morfologica. La restituzione di tale complessità mette in luce un cambio di paradigma: se, infatti, fino a ora il disegno dell'architettura rupestre è stato generalmente condotto geometrizzando e regolarizzando la forma a scapito della rispondenza allo stato dell'arte, il processo metodologico qui illustrato mira a preservarne la morfologia e il carattere (figg. 8-11). Questo concetto diviene fondamentale perché tende a eliminare la parzialità di una rappresentazione soggettiva, seppur giustificata con la inadeguatezza nel caso specifico di alcune metodologie e tecnologie di rilievo tradizionali, parzialità che si riscontra ancor più radicata in base alla competenza dell'autore e alla finalità per la quale viene elaborata. La tipologia dei risultati prodotti e la metodologia impiegata in questa ricerca, infatti, è alla base di qualsivoglia analisi interdisciplinare connessa al patrimonio culturale e alla conservazione inerenti all'architettura rupestre.



Fig. 5. Affresco murale di San Nicolicchio, modello tridimensionale texturizzato per l'analisi della morfologia della superficie e del carattere iconografico.

Fig. 6. Rappresentazione dei modelli discreti rappresentati da curve di livello a passo variabile della grotta di San Micidario: A passo 20 cm, B passo 10 cm, C passo 5 cm.

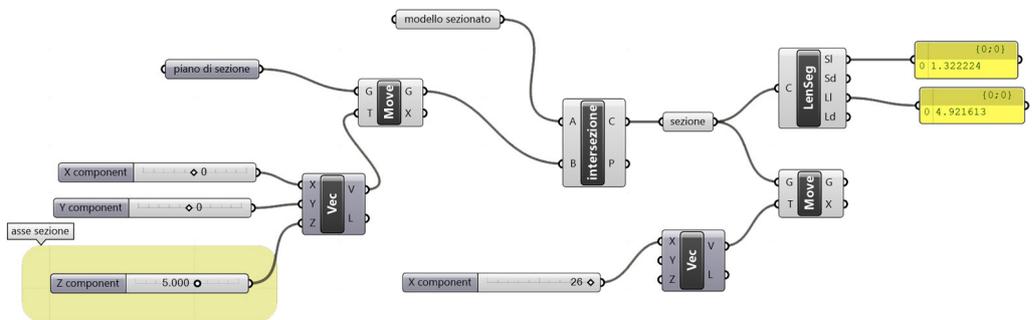
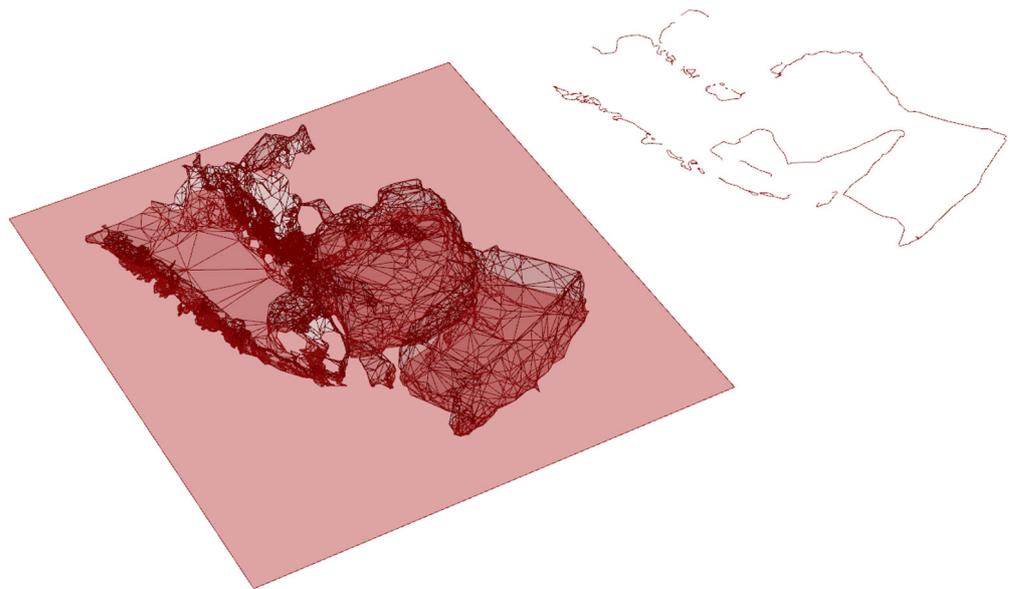


Fig. 7. Modello 3D della grotta di San Micidario con controllo parametrico della sezione attraverso l'algoritmo realizzato in Grasshopper.

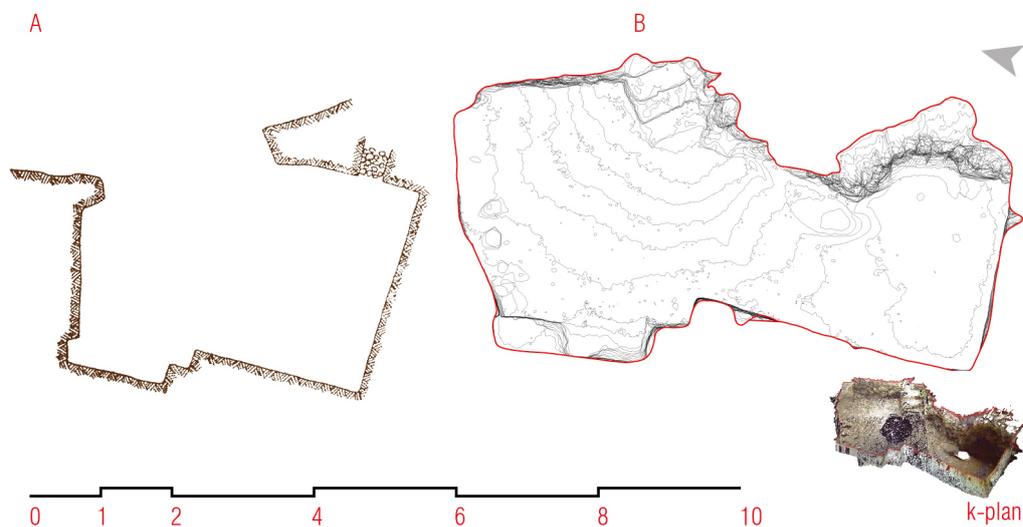


Fig. 8. Pantalica, Grotta del Crocifisso. A. Planimetria (da Messina 1979, pp. 105-107); B. Planimetria a curve di livello (elaborazione grafica a cura degli autori).

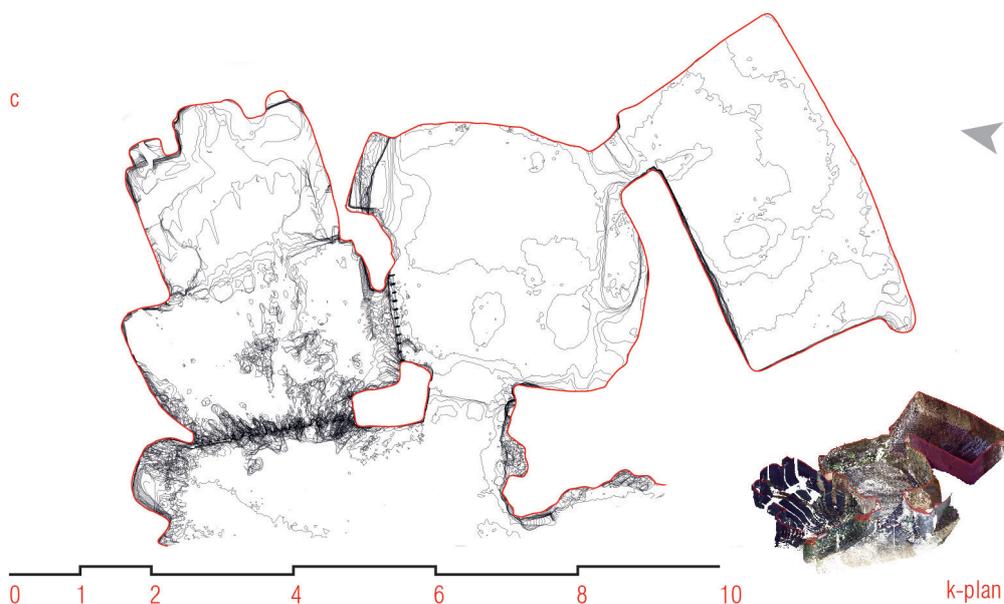
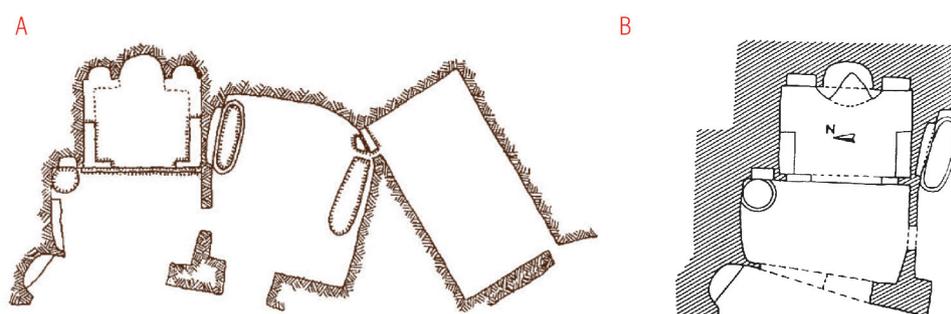


Fig. 9. Pantalica, Grotta di San Micidiarjo. A. Planimetria (da A. Messina, Le Chiese rupestri del Siracusano, Palermo 1979, pp. 107, 108); B. Pantalica, San Micidiarjo, pianta (da Giglio 2002, pp. 82-85); C. Planimetria a curve di livello (elaborazione grafica a cura degli autori).

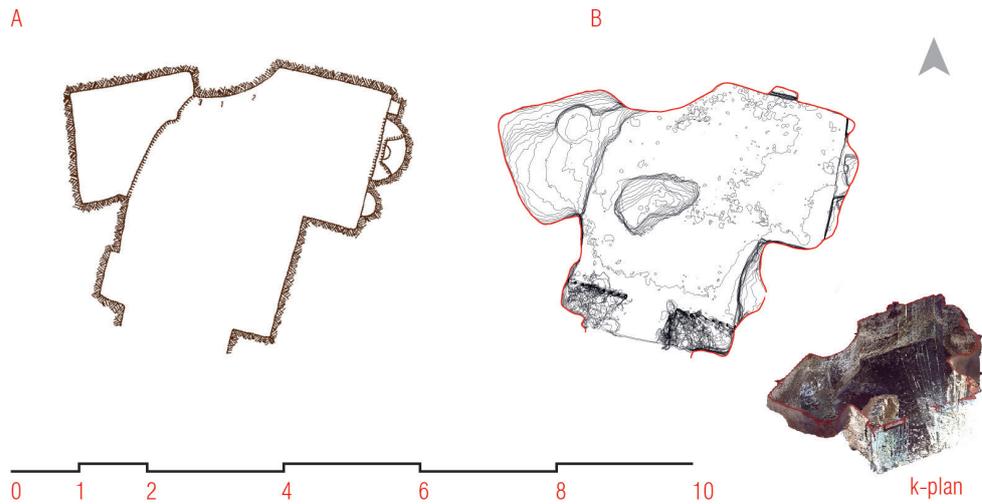


Fig. 10. Pantalica, Grotta di San Nicolicchio. A. Planimetria (da Messina 1979, pp. 108-113); B. Planimetria a curve di livello (elaborazione a cura degli autori).

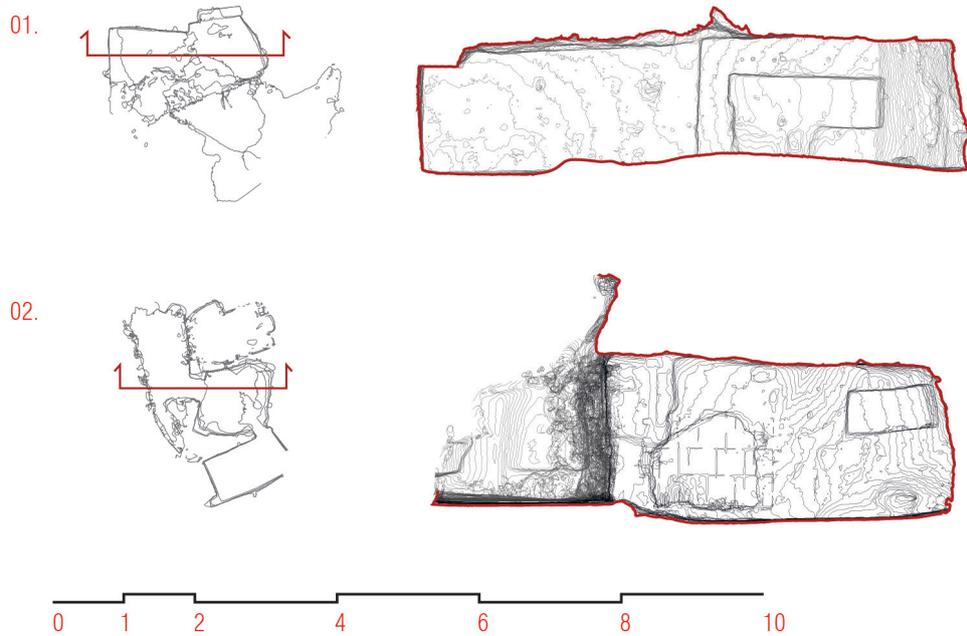


Fig. 11. 1. Sezione a curve di livello della grotta del Crocifisso; 2. Sezione a curve di livello della grotta di San Miciidario.

Conclusioni

Sulla scorta di diverse sperimentazioni condotte sul tema della rappresentazione del patrimonio rupestre [Carpiceci, Inglese 2015], l'applicazione al caso studio delle chiese di Pantalica porta, ancora una volta, l'attenzione sul tema della versatilità e, se vogliamo, dell'universalità degli strumenti del disegno per la comunicazione del patrimonio. Il tema dell'architettura costruita per sottrazione è concettualmente al limite tra scultura e architettura e, proprio per questa sua connotazione, diviene ambito proficuo per la sperimentazione. Aldilà del valore sperimentale della codifica di una procedura di rappresentazione tra 3D e 2D che va delineandosi in maniera sempre più chiara [Carpiceci, Inglese, Colonnese 2016], è sempre utile sottolineare il valore delle operazioni di documentazione come presupposto essenziale alla conoscenza. A partire da ciò, gli sviluppi futuri di questo percorso ormai ben avviato sono rivolti nel campo della disseminazione. La sperimentazione di strumenti parametrici interattivi progettati per l'analisi dei manufatti favorisce l'utilizzo, tra gli esperti di varie discipline, di modelli tridimensionali dal forte potere informativo.

Note

[1] Si fa riferimento alla ricerca nazionale PRIN 2010_2011 dal titolo *Arte e habitat rupestre in Cappadocia (Turchia) e nell'Italia centro-meridionale. Roccia, architettura scavata, pittura: fra conoscenza, conservazione, valorizzazione* (Coordinatore nazionale Prof. sa Maria Crocifissa Andaloro; responsabile scientifico dell'Unità di Roma Sapienza, Prof. Marco Carpiceci).

[2] Il sito di Pantalica, patrimonio dell'Unesco, è raggiungibile da Sortino e da Ferla in provincia di Siracusa; mentre la necropoli caratterizza le ripide pareti della cava, il complesso abitato rupestre è ubicato in un pianoro, che accoglie l'*Anaktoron* o palazzo del Principe, databile all'epoca protostorica. Sotto tale pianoro, lungo i fianchi della cava, si trovano i villaggi bizantini e i resti dell'abitato protostorico. Per una esauriva disamina del sito cfr: Leighton 2019.

[3] Per le operazioni di rilievo è stato impiegato uno scanner laser 3D Faro Focus. Le riprese fotografiche impiegate per le operazioni di SfM sono state effettuate con una camera digitale Canon EOS 250D. Si ringraziano l'arch. Alessia Alasso, l'arch. Corrado Uccello e l'ing. Roberto Riccardi per la preziosa collaborazione durante le fasi di acquisizione.

[4] L'operazione è stata condotta attraverso l'applicativo *Modo-Luxology*, mentre l'algoritmo di parametrizzazione delle curve di livello è stato impostato tramite il linguaggio di programmazione *Grasshopper* supportato dal software *Rhinoceros- McNeel* per la visualizzazione.

Riferimenti bibliografici

Bernabò Brea L. (1990). Pantalica. Ricerche intorno all'*anaktoron*. In *Cahiers du Centre Jean Bérard* 14, pp. 73-81.

Carpiceci M., Angelini A. (2020). The shape of colour: The cave of San Michele on Monte Tancia (Italy). In *Archeologia e calcolatori*, n. XXXI.2, pp. 233-244.

Carpiceci M., Inglese C. (2015). Laser scanning and Automated Photogrammetry for Knowledge and Representation of the Rupestrian Architecture in Cappadocia: Sahinefendi and the OpenAir Museum of Goreme. In F. Giligny et al. (a cura di). *21st Century Archaeology Concepts, methods and tools CAA2014. Atti del 42nd Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology* pp. 87-94. Oxford: Archaeopress.

Carpiceci M., Inglese C., Colonnese F. (2016). Mediated representations after laser scanning. The Monastery of Aynali and the architectural role of red pictograms. In S. Campana et al. (a cura di). *Keep the Revolution going. CAA2015. Atti del 43rd Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*. Siena, 30 marzo-03 aprile 2015, vol. 1, pp. 1105-1117. Oxford: Archaeopress Archaeology.

Fonseca C.D. (a cura di) (1971). La Civiltà rupestre medioevale nel Mezzogiorno d'Italia. Ricerche e problemi. In *Atti del Primo Convegno Internazionale di Studio sulla civiltà rupestre medievale del Mezzogiorno d'Italia*, Mottola - Casalrotto, 29 settembre - 3 ottobre 1971. Genova: Congedo editore.

Giglio S. (2002). *La cultura rupestre di età storica in Sicilia e a Malta. I luoghi di culto*. Caltanissetta: Lussografica.

Leighton R. (2019). Pantalica: recenti ricerche sulla topografia e cronologia delle tombe e delle abitazioni rupestri. In M. Blancato et al. (a cura di). *Atti del Convegno Pantalica e la Sicilia nelle età di Pantalica*. Sortino (Siracusa), 15-16 dicembre 2017, pp. 45-71. In *Creta Antica. Rivista annuale di studi archeologici, storici ed epigrafici*. Padova: Aldo Ausilio editore in Padova - Bottega D'Erasmus.

Messina A. (1979). *Le Chiese rupestri nel Siracusano*. Palermo: Istituto siciliano di studi bizantini e neoellenici.

Orsi P. (1899). Pantalica e Cassibile. In *Monumenti Antichi*, vol. 9, pp. 33-146.

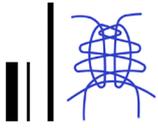
Orsi P. (1911). Di un'anonima città siculo-greca a Monte San Mauro presso Caltagirone. In *Monumenti Antichi*, vol. 20, pp. 729-850.

Orsi P. (1913). Le necropoli sicule di Pantalica e M. Dessucri. In *Monumenti Antichi*, vol. 21, pp. 301-408.

Autori

Carlo Inglese, Sapienza Università di Roma, carlo.inglese@uniroma1.it
Roberto Barni, Sapienza Università di Roma, roberto.barni@uniroma1.it
Marika Griffo, Sapienza Università di Roma, marika.griffo@uniroma1.it

Per citare questo capitolo: Inglese Carlo, Barni Roberto, Griffo Marika (2021). 3D Archeolandscapes. Pantalica rupestre/3D Archeolandscapes. Rupestrian Pantalica. In Arena A., Arena M., Mediati D., Raffa P. (a cura di). *Connettere. Un disegno per annodare e tessere. Linguaggi Distanze Tecnologie. Atti del 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Connecting. Drawing for weaving relationship. Languages Distances Technologies. Proceedings of the 42th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 805-824.



3D Archeolandscapes. Rupestrian Pantalica

Carlo Inglese
Roberto Barni
Marika Griffo

Abstract

The complexity of rock architecture arises issues on both methodological and applicative point of view, it affects the sphere of representation through models. By virtue of its very particular formal and functional aspects, it lies halfway between artifice and nature, between sculpture and landscape and, again, between architecture and the city. The research conducted here is declined on three rock churches located in the archaeological site of Pantalica: San Micidiario, San Nicolicchio and the cave of the crucifix. The documentation through 3D models and the elaboration of 2D models of synthesis highlight the complexity of the theme. Starting from the three-dimensionality of the object, on the basis of new approaches of form synthesis experimented on rock architecture, the contribution aims to update the existing documentation on the three case studies and to provide new reading tools for the morphological and architectural study.

Keywords

rock architecture, Pantalica, 3D modeling, data capture, representation.



Laser scanner point cloud visualization and localization of the three sites. 1. Grotta del Crocifisso; 2. San Micidiario; 3. San Nicolicchio.

Rock architecture

The rock architecture, unlike the built one, highlights its character in its morphology. That is expressed by the total deviation from the Euclidean geometry, due to the irregularity that comes from being an excavated artifact and a substantial continuity between the internal and external environment.

We can say that, given its origin as excavated space, as architecture obtained directly in and with the territory, rock architecture is a borderline case of architecture itself. This circumstance is adequately resolved with the current survey methodologies. In this occasion, the problem of the systematization of the procedures of architectural survey in the rocky environment has been faced in the light of the technologies of laser scanning, of digital photogrammetry. If the phases of massive acquisition of data, through 3D laser scanning and SfM, reach, in the field of rock architecture, one of the highest levels of functionality, it is the post-production processing phase that involves a necessary critical action with respect to the same methodology of processing. In a following phase, therefore, we have dealt with the experimentation in the specific field of the architectural representation. It was therefore necessary, basing on previous experience, to conduct an experimentation of representation techniques not usual for architecture, mostly used in cartography, such as the representation of contour lines and the development of complex surfaces.

This strategy allows to enhance the power of laser scanners and numerical models at the service of inclusive representations, aimed at manifesting the continuity between architecture and landscape and between interior and exterior, developing specific ways of representing plans, through contour lines, and vertical sections, with equidistant plane curves, able to translate into synthetic scientific elaborations the continuity between artifacts and landscape.

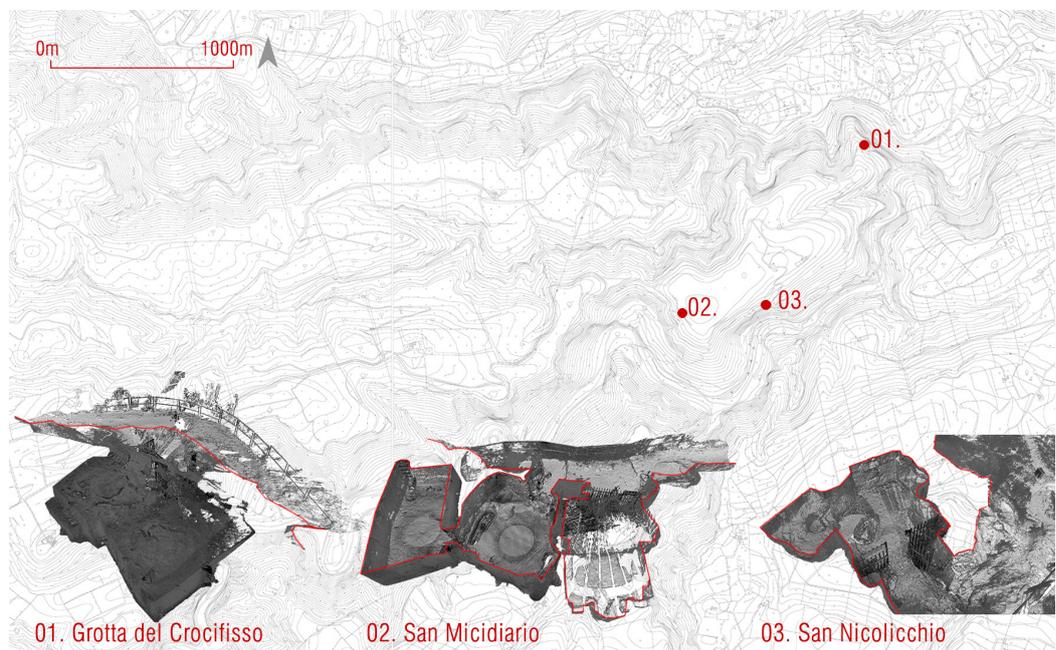


Fig. 1. The three sites. Cartography with contour lines from Regional Technical Map, 2014 edition. 1. Grotta del Crocifisso; 2. San Micidario; 3. San Nicolicchio.

Pantalica and its caves

The site of Pantalica (probably a derivation from the Arabic: Buntarigah, meaning caves), enclosed at the junction of the two geological formations of the Climiti and Carlentini mountains is considered one of the first inhabited places in Eastern Sicily, where, in the Late Bronze Age (13th century B.C.) a native settlement developed.

Studies originate from the important excavation campaigns of the archaeologist Paolo Orsi (between the end of the 1800s and the beginning of the 1900s) and later, around 1950, of Luigi Bernabò Brea [Bernabò Brea 1990], however the origins of Pantalica are not yet known. It is commonly accepted that the important indigenous civilization, which remain powerful traces in the vast necropolis consists of about 5000 tombs, was destroyed by Greek colonization [Orsi 1912].

Later, around the sixth century, during the period of Byzantine domination, Pantalica saw the foundation of villages, often implanted on the caves of the pre-existing necropolis and developed around rock churches. Today you can observe the remains of three main villages each characterized by the presence of a rock church. The first of them is located close to the necropolis Cavetta, and consists of about 70 dwellings in addition to the oratory of the cave of the Crucifix; the second one is under the Anaktoron, in the South necropolis with the oratory of the cave of S. Nicolicchio, while the third one, the largest of these rocky agglomerations, is the one located between the South necropolis and the saddle of Filipporto, consisting of more than 150 dwellings with several rooms and the cave of San Micidiario [Leighton 2019].

Survey and modeling operations were conducted on the three village rock churches (fig. 1). Morphologically, the oratory of San Micidiario is the most articulated complex. The structure has two points of access from the outside and consists of four internal rooms linked together. The internal distribution of the functions follows some characteristics of this archi-



Fig. 2. Photographic documentation of the three sites and their mural paintings: 1. Grotta del Crocifisso; 2. San Micidiario; 3. San Nicolicchio.

tectural typology: the presence of the templon, a marble diaphragm separating the area reserved for the faithful from the presbytery, is a strongly representative element of a certain level of planning of the spaces. The second case study analyzed is that of the church of San Nicolicchio; in this case, the access point is unique and decentralized with respect to the environment of the presbytery oriented along the east-west axis to the right of the entrance. On the north wall, on the left, a convex wall, with traces of pictorial decoration, acts as a hinge between the entrance and another small room located at a higher level. The third site analyzed, the Grotta del Crocifisso, is located at a lower level than the external floor, making the internal space, divided into two main rooms, poorly lit and cramped (fig. 2).

Analysis through models

The 3D laser scanner data capture of the three architectures has provided basic information on the spatial conformation of the various environments and on the relationship between interior and exterior (fig. 3). This type of survey has been integrated with a detailed photographic campaign used for digital photogrammetry application. The first aim of Structure from Motion process is to compensate and complete the morphological information acquired by laser scanner (fig. 4). In fact, the small size of the environments and their spatial articulation make the photographic acquisition particularly suitable to reach otherwise inaccessible spaces. The second objective, on the other hand, concerns the detailed acquisition

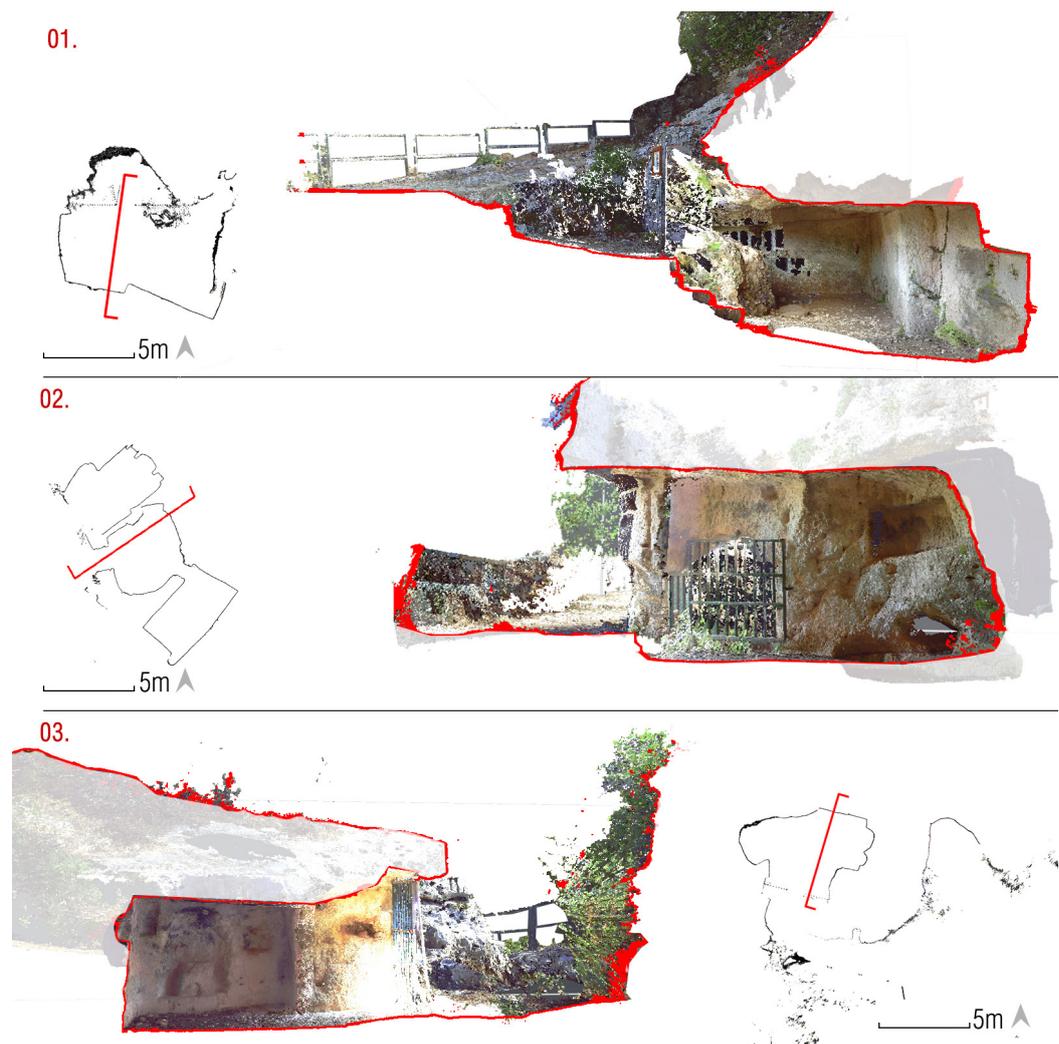


Fig. 3. Perspective sections from 3D laser scanner point cloud. 1. Grotta del Crocifisso; 2. San Micidario; 3. San Nicolicchio.

of the painted surfaces to document their colours and map their traces with respect to their three-dimensional location (fig. 5). During the elaboration phase, the coordinates of remarkable points identified on the laser scanner clouds have been used to orient and dimension correctly the models generated by the photogrammetric processes; this has allowed a substantial morphometric correspondence between the elaborations produced. Starting from the three polygonal models, thanks to a preliminary retopology operation, it was possible to have easily explorable and metrically reliable models. The next phase of analysis involved the representation of the shape and the transformation of continuous surface models into discrete models, represented by planar curves placed in three-dimensional space. A particular element of interest concerns the identification of the most appropriate section plane pitch for the representation (fig. 6). This process has been conducted using parametric algorithms useful for the dynamic control of the variation of the contour lines. In fact, by varying the distance between curves along the z axis, it is possible to emphasize or, on the contrary, depress, some spatial values of the environments (fig. 7). The representation of architectural elements - niches, apses, altars - must find the correct balance between abstraction of form and level of correspondence to the built environment. Setting section planes at a fixed distance of 50 cm, for example, these elements lose their recognizability; in the opposite direction, contour lines very close to each other risk cancelling the architectural character homogenizing it to the context.

This experimentation was concluded by identifying an optimal step of 5 cm and reporting the profiles thus obtained on the two-dimensional plane.



Fig. 4. Retopologized mesh model. Elevation view of the external access to San Micidiano.

2D models. Between past and present

The final goal of the proposed 2D models is to document the state of the art by acting with an operation of discretization. This operation does not simplify the complexity of the object: while the simplification reduces the number of variables to be taken into account, the discretization keeps intact the complexity acting only on the transformation of the continuity of reality in a discrete amount of data. The necessary amount of data useful to express complexity depends on their level of representativeness. From an applicative point of view, this distinction is substantial: the representation by contour lines does not annihilate the morphological three-dimensionality of the object but enhances it thanks to the introduction of a fixed rule, a parameter which, in this case, is expressed by the distance in height between two successive curves. The effect obtained is that of the accentuation of the irregularities to highlight the gradualness of the jumps in height and the horizontality.

The second objective here presented through 2D models is to make a clear distinction between the elements codified in the architectural language, recognizable from a geometric and functional point of view, distinguishing them from the organic space obtained in the rock. The recognition of these two ways of building is proper to the architect and, as such, it is necessary to make it explicit in the reading of the architecture offered. This can be done, for example, by providing a different treatment for the actual architectural elements

and interpreting their morphology to restore their compositional and formal value. On the contrary, the environments obtained from the excavation of a rocky conformation, characterized by a spatial articulation of spontaneous type, can be conveniently represented using the representation through contour lines. This approach allows to provide information of spatial and three-dimensional character and, at the same time, to provide the architectural reading of the place through the drawing.

The derived 2D models are not only an update of the graphic documentation currently available in the literature [Messina 1979; Giglio 2002] but, thanks to the integrated massive acquisition methodology, allow to have a particularly valid amount of data to represent the morphological complexity. The restitution of this complexity highlights a paradigm shift: if, in fact, until now the design of rock architecture has generally been conducted geometrizing and regularizing the form at the expense of compliance with the state of the art, the methodological process illustrated here aims to preserve the morphology and character (figs. 8-11). This concept becomes fundamental because it tends to eliminate the partiality of a subjective representation, even if justified by the inadequacy in the specific case of some traditional survey methodologies and technologies, a partiality that is even more rooted in the author's competence and the purpose for which it is elaborated. The typology of the results produced and the methodology employed in this research, in fact, is the basis of any interdisciplinary analysis related to cultural heritage and conservation inherent to rock architecture.



Fig. 5. Mural painting of San Nicolicchio, 3D textured model for morphological and iconographic analysis of surfaces.



Fig. 6. Representation of the discrete models represented by level curves with variable pitch of the San Micidario cave: A step 20 cm, B step 10 cm, C step 5 cm.

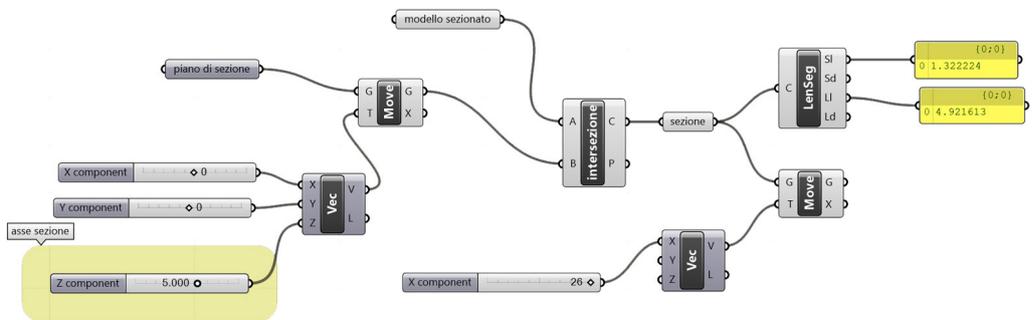
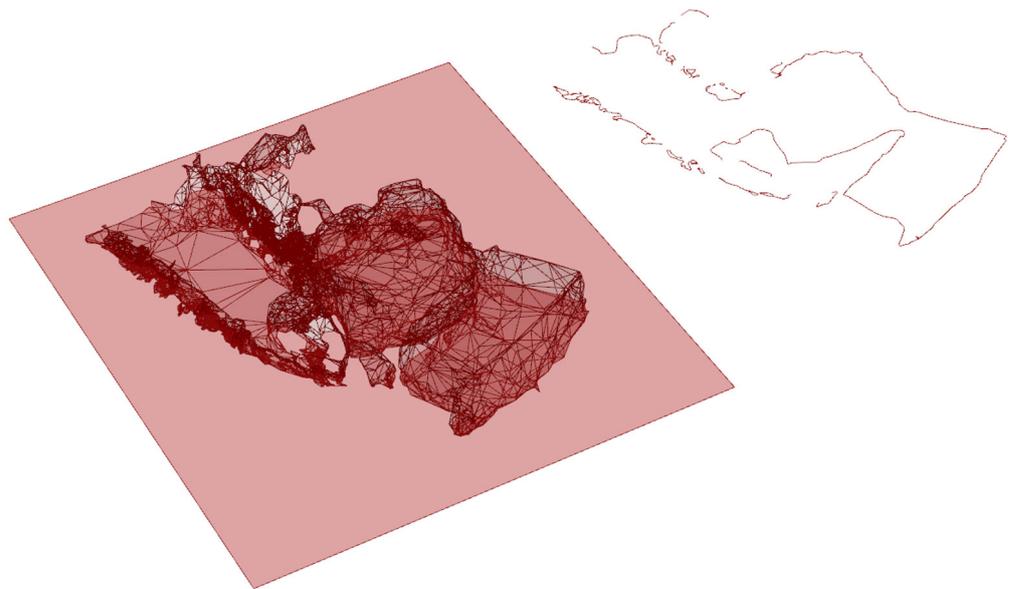


Fig. 7. 3D model of the San Micidario cave with parametric control of the section through the algorithm created in Grasshopper.

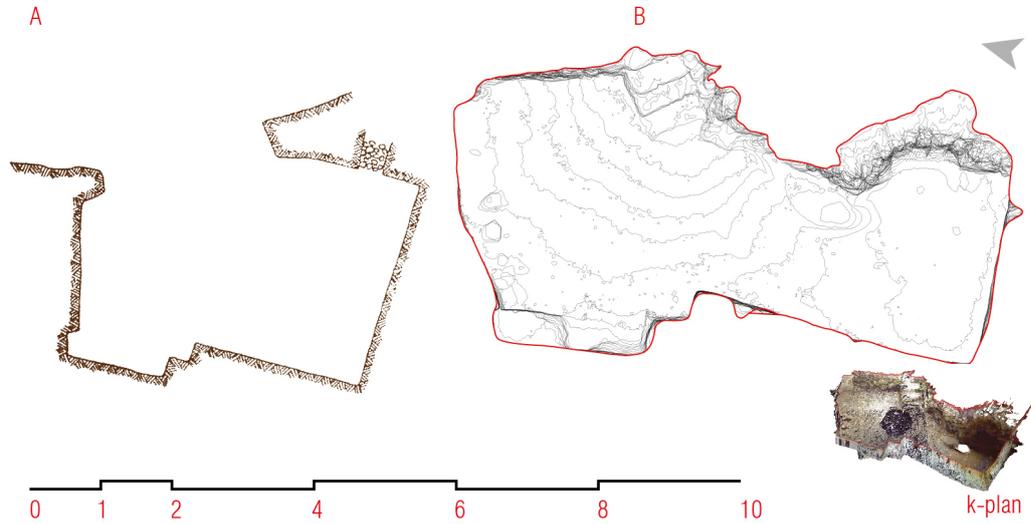


Fig. 8. Pantalica, Crocifisso cave. A. Plan (from Messina 1979, pp. 105-107); B. Contour plan (graphic elaboration by the authors).

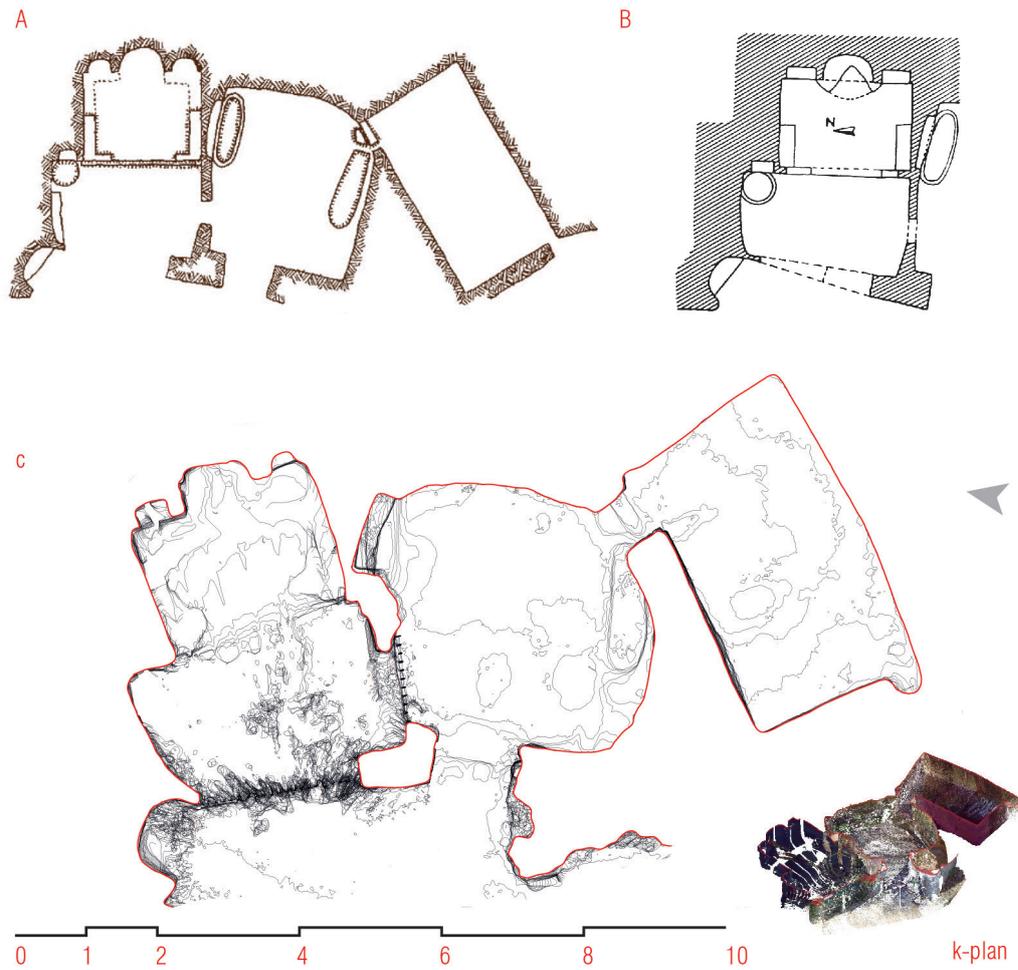


Fig. 9. Pantalica, San Micidario cave. A. Plan (da Messina 1979, pp. 107, 108); B. Pantalica, San Micidario, plan (from Giglio 2002, pp. 82-85); C. Contour plan (graphic elaboration by the authors).

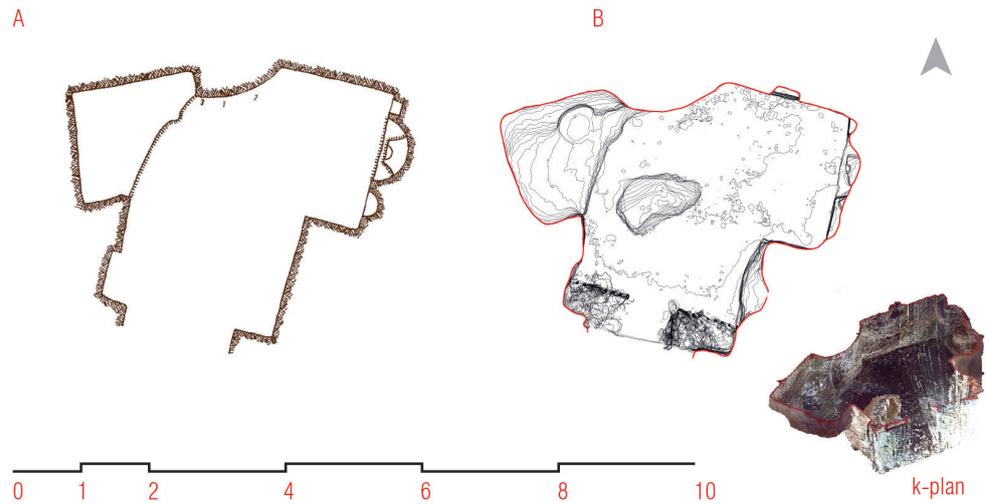


Fig. 10. Pantalica, San Nicolicchio cave. A. Plan (da Messina 1979, pp. 108-113); B. Contour plan (graphic elaboration by the authors).

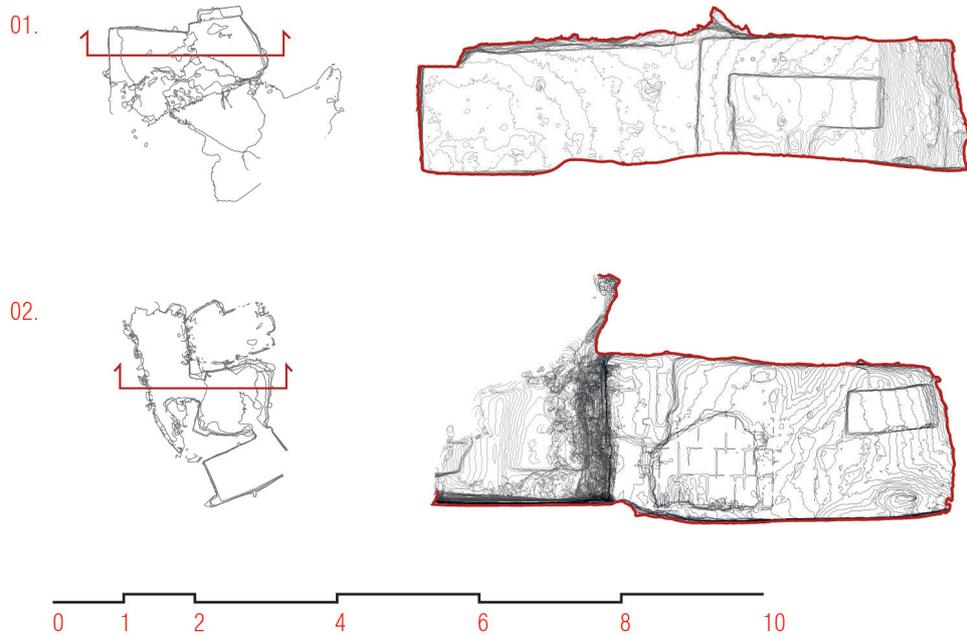


Fig. 11. 1. Contour section of the Crocifisso cave. 2. Contour section of the San Miciario cave.

Conclusions

Considering several experiments conducted on the representation of rock heritage [Carpiceci, Inglese 2015], the application to the case study of the churches of Pantalica brings, once again, attention to the theme of versatility and the universality of representation for the communication of heritage. The theme of architecture built by subtraction is conceptually at the limit between sculpture and architecture and, precisely because of this connotation, it becomes a profitable area for experimentation. Beyond the experimental value of codifying a representation procedure between 3D and 2D that is becoming increasingly clear [Carpiceci, Inglese, Colonnese 2016], it is always useful to emphasize the value of documentation operations as an essential prerequisite to knowledge. Starting from this, future developments of this now well-established path are addressed in the field of dissemination. The experimentation of interactive parametric tools designed for the analysis of artifacts favors the use, among experts of various disciplines, of three-dimensional models with a strong informative power.

Notes

[1] See Italian national research PRIN_2011 entitled *Arte e habitat rupestre in Cappadocia (Turchia) e nell'Italia centro-meridionale*. Roccia, architettura scavata, pittura: fra conoscenza, conservazione, valorizzazione (scientific national coordinator Prof. Maria Crocifissa Andaloro, Scientific responsible for the Unit of Rome, University of Sapienza, Prof. Marco Carpićeci).

[2] Pantalica site, as part of the Unerco heritage, is can be reached from Sortino and Ferla in the province of Syracuse, while the necropolis characterizes the steep walls of the quarry, the complex rock habitation is located in a plateau, which houses the Anaktoron or palace of the Prince, dating from the protohistoric era. Below this plateau, along the sides of the quarry, there are Byzantine villages and the remains of the protohistoric settlement. For a comprehensive examination of the site see Leighton 2019.

[3] A Faro Focus 3D laser scanner was used for the survey operations. The photographs used for the SfM operations were taken with a Canon EOS 250D digital camera. We would like to thank arch. Alessia Alasso, arch. Corrado Uccello and Roberto Riccardi for their precious collaboration during the data capture phases.

[4] The operation was conducted through the Modo-Luxology application, while the contour lines parameterization algorithm was set through the Grasshopper programming language supported by Rhinoceros - McNeel software for visualization.

References

Bernabò Brea L. (1990). Pantalica. Ricerche intorno all'anaktoron. In *Cahiers du Centre Jean Bérard* 14, pp. 73-81.

Carpićeci M., Angelini A. (2020). The shape of colour: The cave of San Michele on Monte Tancia (Italy). In *Archeologia e calcolatori*, n. XXXI.2, pp. 233-244.

Carpićeci M., Inglese C. (2015). Laser scanning and Automated Photogrammetry for Knowledge and Representation of the Rupestrian Architecture in Cappadocia: Sahinefendi and the OpenAir Museum of Goreme. In F. Giligny et al. (a cura di). *21st Century Archaeology Concepts, methods and tools CAA2014. Atti del 42nd Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology* pp. 87-94. Oxford: Archaeopress.

Carpićeci M., Inglese C., Colonnese F. (2016). Mediated representations after laser scanning. The Monastery of Aynali and the architectural role of red pictograms. In S. Campana et al. (a cura di). *Keep the Revolution going. CAA2015. Atti del 43rd Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*. Siena, 30 marzo-03 aprile 2015, vol. 1, pp. 1105-1117. Oxford: Archaeopress Archaeology.

Fonseca C.D. (a cura di) (1971). La Civiltà rupestre medioevale nel Mezzogiorno d'Italia. Ricerche e problemi. In *Atti del Primo Convegno Internazionale di Studio sulla civiltà rupestre medievale del Mezzogiorno d'Italia*, Mottola - Casalrotto, 29 settembre - 3 ottobre 1971. Genova: Congedo editore.

Giglio S. (2002). *La cultura rupestre di età storica in Sicilia e a Malta. I luoghi di culto*. Caltanissetta: Lussografica.

Leighton R. (2019). Pantalica: recenti ricerche sulla topografia e cronologia delle tombe e delle abitazioni rupestri. In M. Blancato et al. (a cura di). *Atti del Convegno Pantalica e la Sicilia nelle età di Pantalica*. Sortino (Siracusa), 15-16 dicembre 2017, pp. 45-71. In *Creta Antica. Rivista annuale di studi archeologici, storici ed epigrafici*. Padova: Aldo Ausilio editore in Padova - Bottega D'Erasmus.

Messina A. (1979). *Le Chiese rupestri nel Siracusano*. Palermo: Istituto siciliano di studi bizantini e neoellenici.

Orsi P. (1899). Pantalica e Cassibile. In *Monumenti Antichi*, vol. 9, pp. 33-146.

Orsi P. (1911). Di un'anonima città siculo-greca a Monte San Mauro presso Caltagirone. In *Monumenti Antichi*, vol. 20, pp. 729-850.

Orsi P. (1913). Le necropoli sicule di Pantalica e M. Dessucri. In *Monumenti Antichi*, vol. 21, pp. 301-408.

Authors

Carlo Inglese, Sapienza Università di Roma, carlo.inglese@uniroma1.it
Roberto Barni, Sapienza Università di Roma, roberto.barni@uniroma1.it
Marika Griffo, Sapienza Università di Roma, marika.griffo@uniroma1.it

To cite this chapter: Inglese Carlo, Barni Roberto, Griffo Marika (2021). 3D Archeolandscapes. Pantalica rupestre/3D Archeolandscapes. Rupestrian Pantalica. In Arena A., Arena M., Mediatì D., Raffa P. (a cura di). *Connettere. Un disegno per annodare e tessere. Linguaggi Distanze Tecnologie. Atti del 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Connecting. Drawing for weaving relationship. Languages Distances Technologies. Proceedings of the 42th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 805-824.