



Archeologia vista da Drone. Il teatro greco-romano di Locri Epizefiri

Giorgia Potestà
Vincenzo Gelsomino

Abstract

La ricerca indaga la possibilità di applicare acquisizioni fotografiche aeree da UAS alla documentazione di siti archeologici. Partendo dall'analisi dello stato dell'arte sulle tecniche di acquisizione aerea, lo studio descrive le operazioni di acquisizione fotografica da UAS, la fase di gestione ed elaborazione dei dati per la documentazione archeologica. Caso di studio è l'area archeologica di Locri Epizefiri ed il suo teatro greco-romano. Passaggio fondamentale per la ricerca è stato la definizione di un accurato progetto fotografico e piano di volo per consentire la corretta e completa rappresentazione del sito archeologico, nonché la georeferenziazione tramite ricevitore GNSS. Le operazioni di rilievo, oltre a produrre disegni per la documentazione e l'indagine dell'area archeologica, si prestano ad analisi proporzionali geometriche, stilistiche e diacroniche sulle principali fasi edilizie del monumento. La ricerca storica e l'indagine per immagini si fondono per ampliare le conoscenze e promuovere la comunicazione di siti archeologici poco conosciuti.

Parole chiave

Aerial photogrammetry, UAS, Locri Epizefiri, Archaeological survey, Structure from Motion



Viste prospettiche e sezione del modello mesh texturizzato del teatro greco romano di Locri Epizefiri.

Introduzione

Il disegno dell'antico e l'individuazione di strumenti rappresentativi, attraverso cui decifrare le ragioni compositive dell'architettura storica, hanno portato, nel corso dell'ultimo secolo, a sviluppare numerose metodologie di rappresentazione grafica per la riproduzione del sistema reale. L'archeologia oggi mostra un interesse sempre maggiore verso la formazione di sistemi informativi a base tridimensionale in grado di sostituire progressivamente le tradizionali rappresentazioni bidimensionali [Gaiani et al. 2021]. Una delle ragioni può essere individuata nel fatto che spesso i siti archeologici offrono solo pochi frammenti dell'architettura di un tempo e per questo motivo la ricostruzione della loro consistenza originaria diviene un compito arduo, in cui le tecnologie di rappresentazione e comunicazione giocano un ruolo fondamentale. Il primo passo verso la modellazione implica in questo caso la collezione di tutta una serie di dati ed informazioni caratterizzati da diversi livelli di affidabilità oggettiva: rilievi, analisi metriche e geometriche, documentazione fotografica, studi storici e suggestioni raccolte durante la visita [Bianchini et al. 2014]. Da questo punto di vista, il sito archeologico del teatro di Locri Epizefiri si mostra particolarmente interessante per il cattivo stato di conservazione dei resti, che mette alla prova la metodologia di acquisizione scelta. Il concetto di "rovina" [Settis 2004], specialmente in campo archeologico, non rappresenta solo la condizione attuale di un bene, ma al contrario si riferisce a qualcosa "altro", suggerendo cosa quell'oggetto era in passato, il suo aspetto originario, la sua funzione, che grazie alle tecnologie odierne può essere rievocata. La documentazione, l'analisi, l'interpretazione e la contestualizzazione del manufatto architettonico/archeologico sono l'obiettivo della ricerca presentata.

L'area archeologica di Locri Epizefiri e il teatro greco romano

La scoperta del sito avvenne grazie a viaggiatori stranieri nel '700, come riporta il De Francis [1978]; tuttavia, la fondazione di Locri si colloca nel quadro della colonizzazione greca avvenuta nell'arco di un trentennio entro la fine del VII secolo a. C. [Speziale 2009]. Dal punto di vista morfologico, il sito presenta i caratteri tipici delle città coloniali greche: l'insediamento sfruttò un settore della piana costiera tra il mare e le colline, e, come di consueto, la città affacciava sul mare che ne consentiva collegamenti e scambi. I dintorni del sito urbano fornivano anche i materiali da costruzione, come l'arenaria chiara e molto tenera chiamata "ammollis" [1], cavata dalle colline. L'area di pertinenza della città antica era racchiusa tra le fiumare di Gerace e Portigliola; tra di esse si dispiegavano sia l'area urbana, definita dalla cinta muraria, che le necropoli (fig. 01).

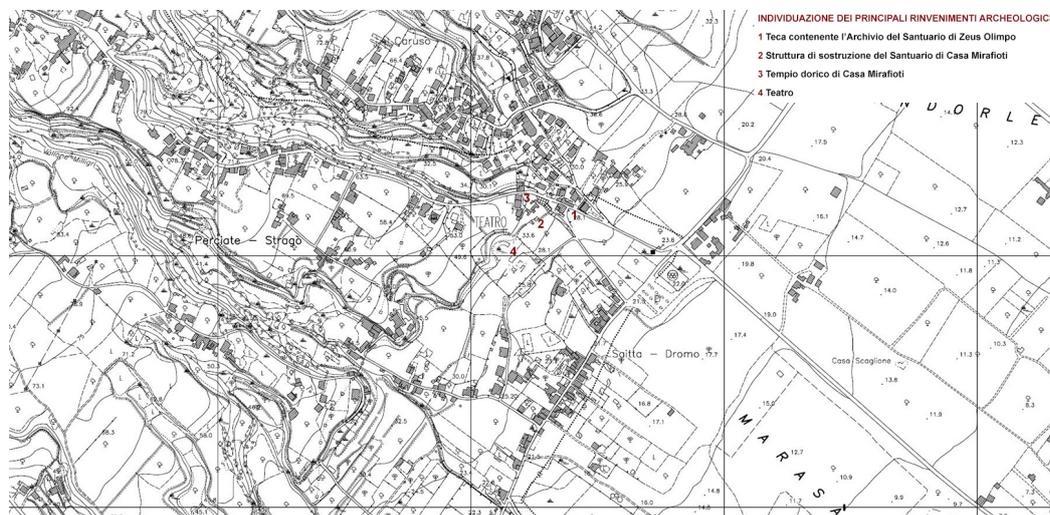


Fig. 01. Inquadramento dell'area urbana e suburbana di Locri con l'individuazione dei principali rinvenimenti archeologici su base CTR in scala 1:5000. Immagine a cura degli autori.

Scoperto da P. E. Arias nel 1940, il teatro fu completamente messo in luce da Alfonso De Franciscis tra il 1958 ed il '61. Ulteriori saggi furono poi condotti da C. Parra nel tentativo di fissare una cronologia delle fasi edilizie [Costamagna et al. 1990].

L'impianto generale del teatro risale alla metà del IV a. C. o al III a. C. per confronto con altri teatri del mondo greco [Costamagna et al. 1990]. Nonostante il monumento si presenti in cattivo stato di conservazione a causa dell'arenaria tenerissima della collina nel cui pendio è stata ricavata la cavea, sono chiaramente leggibili i tre elementi che lo costituiscono: l'edificio scenico rappresenta la chiusura della concavità del teatro, divisa in cavea ed orchestra (fig. 02). L'edificio scenico, del quale restano le fondazioni in blocchi di *ammollis*, delinea uno spazio per palcoscenico (*proskenion*) di circa 19x7 metri, inquadrato sui lati dai *paraskenia* e chiuso verso valle dalla *skene*, costituito da due vani quadrati e da un vano rettangolare molto allungato. Il *proskenion* era avanzato rispetto alle ali ed era costituito da una struttura lignea elevata e sorretta da travi verticali di cui sono leggibili gli incassi. Tre blocchi di calcare sul lato del *proskenion* rappresentano gli unici resti dell'alzato della scena, che doveva essere realizzata in ordine ionico. L'orchestra del teatro ha una forma di ferro di cavallo e in età ellenistica aveva una forma più ridotta, con un diametro di circa 27 metri contro gli attuali 37; i sedili, infatti, raggiungevano la canaletta di raccolta delle acque.

La cavea fu ricavata dall'andamento naturale della collina, con una serie di gradoni concentrici ai quali furono adattate lastre di arenaria disposte in senso sia verticale che orizzontale per i sedili. La cavea si apriva verso Sud-Est, dando agli spettatori la vista sulla città bassa e sul mare [Costamagna et al. 1990].

Di questa oggi rimangono solo alcuni resti delle gradinate nella parte centrale, suddivisa originariamente in sette settori (*kerkides*) da sei stretti gradini (*klimates*), di cui oggi restano visibili i quattro centrali, e che consentivano l'accesso ai vari ordini di posti a sedere. A circa metà dello sviluppo originario della cavea, ormai danneggiata dall'erosione della collina, una partizione orizzontale (*diazoma*), con un piccolo passaggio in larghezza, separava le gradinate più in alto, gestendo il flusso degli spettatori, che si è calcolato potesse essere di circa 4.500 persone [Costamagna et al. 1990] (fig. 03).

Fig. 02. Fotografie del teatro. A destra, immagine scattata da drone durante il rilievo, 2021. A sinistra, orchestra e edificio scenico visti dalla cavea, e settore centrale della cavea con i resti delle gradinate. Immagini a cura degli autori.

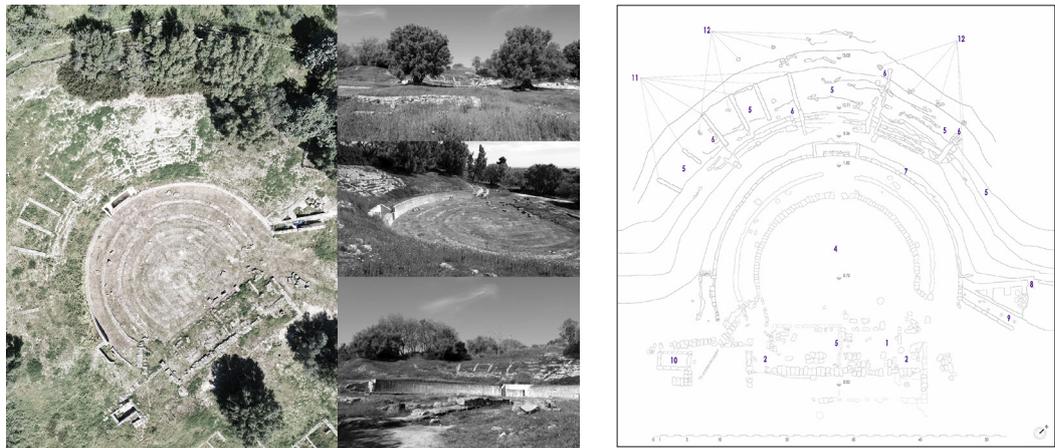


Fig. 03. Restituzione planimetrica del teatro: 1 palcoscenico, 2 parasceni, 3 fondale, 4 orchestra, 5 gradinate (*kerkides*), 6 scalette di accesso alle gradinate (*klimates*), 7 muro dell'orchestra, 8 muro di contenimento, 9 corridoio, 10 vasca, 11 setti radiali di consolidamento della cavea, 12 incassi per i pali del velario. Immagine prodotta dagli autori.

Molte furono le modifiche apportate all'impianto in età romana e di cui si individuano le principali fasi: lo sviluppo della cavea verso l'orchestra venne ridotto, probabilmente in età tardo repubblicana, costruendo un grosso muro di sostegno in opera isodoma, che agli inizi del III d.C. fu interrotto da tre ampie nicchie; dopo il III d.C. gli *analemmata* di contenimento laterale delle gradinate furono cancellati da *parodoi* coperte con vani annessi; si provvide poi a costruire nuovi muri radiali in opera mista a rinforzo di una gradinata molto deteriorata; infine si approntò lungo il margine superiore, nell'orchestra e nelle *parodoi*, un sistema di sostegni per pali che sorreggessero i *velaria* [Mitens 1988].

Le progressive trasformazioni d'impianto furono dettate, oltre che dall'ammaloramento degli elementi in pietra, soprattutto dalle le mutate esigenze di spettacolo, da teatrali ad anfiteatrali; la più evidente fu proprio la creazione delle tre ampie nicchie alla base della cavea e l'ampliamento dell'orchestra per assolvere a specifiche forme di spettacolo gladiatorio e di *venatio*.

Il rilievo del *theatron*

La documentazione e l'analisi dell'architettura archeologica costituisce sempre un'attività molto impegnativa, in quanto l'uso di strumenti sempre più avanzati rende inevitabile un continuo feedback tra capacità operative e innovazioni strumentali; inoltre, questo specifico campo di applicazione richiede un elevato grado di conoscenza della materia e non può prescindere dalla collaborazione tra diverse figure professionali [Bianchini 2013], come ad esempio architetti, ingegneri, archeologi, storici. Le necessità di raccogliere dati metrici dei manufatti, per consentire la conduzione di analisi dimensionali, e di rendere fruibile l'accesso ai beni culturali, unitamente alla facilità ed economicità nel reperire strumentazione e software specialistici, hanno reso la fotogrammetria digitale una delle metodologie di rilievo più importanti in ambito archeologico. Poiché il rilievo aerofotogrammetrico mediante UAS (drone) rappresenta attualmente la soluzione più rapida ed economica per qualsiasi necessità di mappatura di siti archeologici, si è scelto di procedere utilizzando tale tecnica per il rilievo del teatro greco-romano di Locri Epizefiri. Il rilievo fotogrammetrico aereo è stato eseguito mediante quadricottero DJI Mavic 2 Pro. La prima fase operativa è consistita nello studio dell'area di rilievo. Nello specifico si è proceduto ad un'analisi della cartografia open data disponibile su portale cartografico della Regione Calabria e del Comune di Locri (RC), quale ortofoto e carta aerofotogrammetrica. In relazione alle dimensioni e all'orografia del sito sono stati stabiliti il piano di volo secondo una maglia chiusa, al fine di carpire i dettagli costruttivi e la disposizione dei target a terra per la successiva georeferenziazione.

Essi sono stati materializzati mediante dei pannelli quadrati in legno di dimensioni 50x50 cm con colorazione ad alto contrasto e la loro distribuzione spaziale è stata stabilita in considerazione sia dei cambi di quota del terreno e sia della vegetazione presente sul sito.

L'area oggetto di indagine ha un'estensione pari a circa 3.000 mq e un dislivello in direzione SE-NO oltre i 10 m. La cavea del teatro si presenta ricoperta totalmente di piante infestanti, mentre l'orchestra si presenta libera da forme di vegetazione. Per l'intera area del teatro le operazioni di volo con drone sono consentite fino ad un'altezza massima di 45 m dal livello del suolo (AGL) (fig. 04).

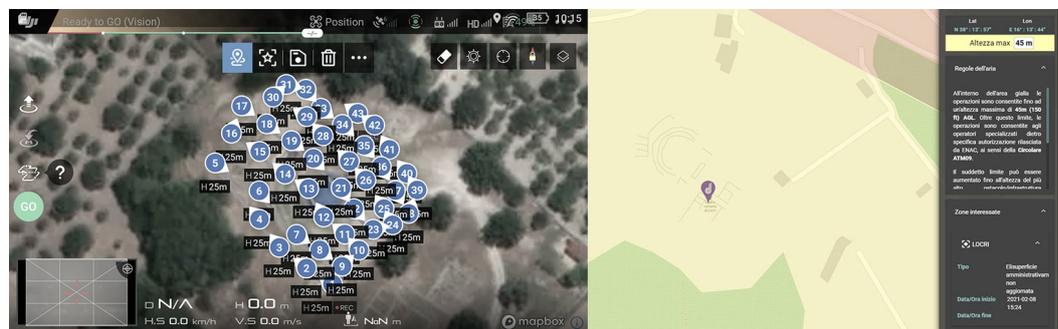


Fig. 04. L'impostazione del piano di volo e cartografia dall'App dflight. Immagine a cura degli autori.

Per la campagna di acquisizione la missione di volo ha previsto tre voli a quote (15, 25 e 35 m) e inclinazioni di camera differenti (45°, 30° e 15°) con rispettivi GSD pari a 0,64, 1,07 e 1,50 cm/px. Considerata l'estensione dell'area, le limitazioni di volo imposte e la presenza di vegetazione, si è scelto di lavorare a basse altitudini al fine di poter ottenere una sufficiente risoluzione della nuvola di punti finale (inferiore ai 5 cm/pixel).

A quote più basse le riprese fotogrammetriche sono state inclinate al fine di migliorare la geometria di presa e cogliere maggiormente i particolari del manufatto nella zona della cavea ricoperta dalla vegetazione. Data la risoluzione in 4k e l'ottima stabilizzazione offerta dalla fotocamera del drone, si è deciso di effettuare delle riprese video con un frame rate pari a 24fps, in modo tale da ottenere del materiale video da utilizzarsi anche per scopi informativi e permettere la selezione dei fotogrammi più significativi per il caricamento sul software di modellazione (temporizzazione stabilita in post-produzione). La modalità di volo è stata condotta sia in modalità manuale, sia in modalità automatica mediante una rotta preimpostata. Quest'ultima è stata caricata sull'applicazione nativa su smart controller DJI GO 4. Le operazioni di volo sono state condotte in data 2 aprile 2021 con condizioni meteo favorevoli. Antecedentemente il volo, si è proceduto al posizionamento a terra dei target. Il rilievo dei target è stato effettuato mediante rilievo GNSS in modalità RTK utilizzando un ricevitore GNSS Leica Viva GS15 con precisione di circa 1,8 cm in piano e 2,5 in quota e la più vicina stazione di riferimento permanente della rete HxGN SmartNet. La restituzione del rilievo GNSS è stata effettuata mediante il software Leica Geo Office, la quale ha avuto come output le coordinate dei target secondo il sistema di riferimento UTM-WGS84. La fase di restituzione è iniziata con una ricognizione dei dati acquisiti, dall'analisi degli aspetti peculiari del manufatto e delle diverse problematiche, per definire gli obiettivi del rilievo e la destinazione d'uso. La scelta della scala di rappresentazione è stata fatta a priori, in funzione della metodologia scelta per le operazioni di rilevamento e l'incertezza strumentale degli apparecchi utilizzati (camera e ricevitore GNSS). Ulteriori aspetti in questo caso hanno determinato la scelta: in primo luogo l'irregolarità geometrica propria di un manufatto di tipo archeologico, che difficilmente consente l'individuazione di forme esatte; in secondo luogo, la discreta estensione territoriale del manufatto architettonico oggetto di analisi. Si è scelto pertanto di operare una restituzione della planimetria architettonica del teatro in scala 1:100; per le sezioni invece, considerato il cattivo stato di conservazione del manufatto e la completa assenza di elementi in alzato [2], si è scelto di rappresentare sezioni geometriche direttamente estrapolando snapshot della nuvola di punti in scala 1:100, che consentissero di definire bene la linea di terra e le poche parti di prospetto. Le risultanti 354 foto sono state processate all'interno del software di fotomodellazione Agisoft Metashape Professional e suddivise in differenti gruppi di immagini all'interno dello stesso *chunk*.

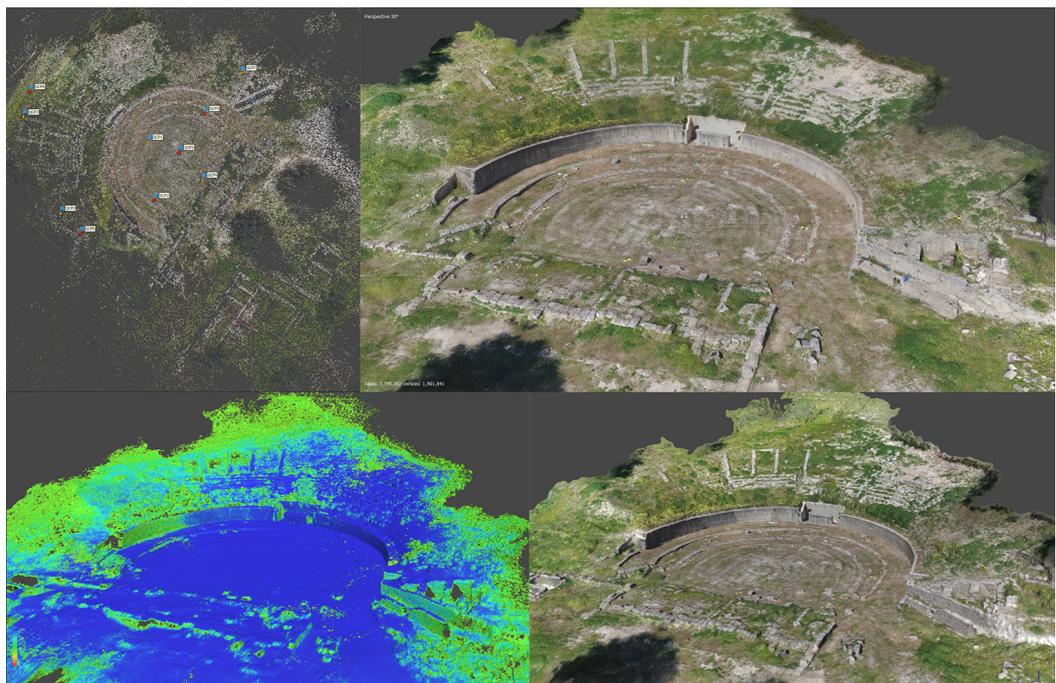


Fig. 05. Processo di fotomodellazione in Agisoft Metashape. Viste della nuvola di punti densa e della confidence del modello, della mesh e della texture del teatro. Immagine prodotta dagli autori.

Dopo l'operazione di allineamento del software, si è proceduto all'individuazione nelle diverse immagini dei *marker* posizionati in fase di presa ed il successivo inserimento delle coordinate relative, rilevate con il ricevitore GNSS.

È in questa fase che il software, dopo le successive ottimizzazioni e la scelta dei *control points*, definisce l'errore in termini di accuratezza del modello, che in questo caso è di circa 3 cm, perfettamente in linea con la scala di rappresentazione scelta per la restituzione bidimensionale. Seguono le ulteriori fasi di generazione della nuvola di punti densa, della mesh e della texture a partire dai dati provenienti dalle immagini acquisite (fig. 05).

Dal modello, all'interno del software è stato generato anche un orto-mosaico in vista planimetrica del manufatto. La nuvola di punti densa è stata esportata in formato .e57 e successivamente importata nel software Autodesk Recap Pro ai fini della successiva importazione in Autocad per l'impostazione dei piani di sezione e la restituzione degli elaborati bidimensionali (fig. 06). Le maggiori difficoltà incontrate in fase di restituzione degli elaborati bidimensionali fanno riferimento, in primo luogo, alla geometria molto deteriorata dei muri e dei blocchi in *ammollis*, del cattivo stato di conservazione e manutenzione del sito archeologico e soprattutto della folta vegetazione e patina biologica che infesta il manufatto, rendendone difficoltosa l'individuazione e la lettura della geometria e degli elementi architettonici. Il ridisegno di diverse parti è stato possibile solo attraverso un grande sforzo di lettura della geometria degli elementi, anche grazie al confronto con rilievi pregressi [3].

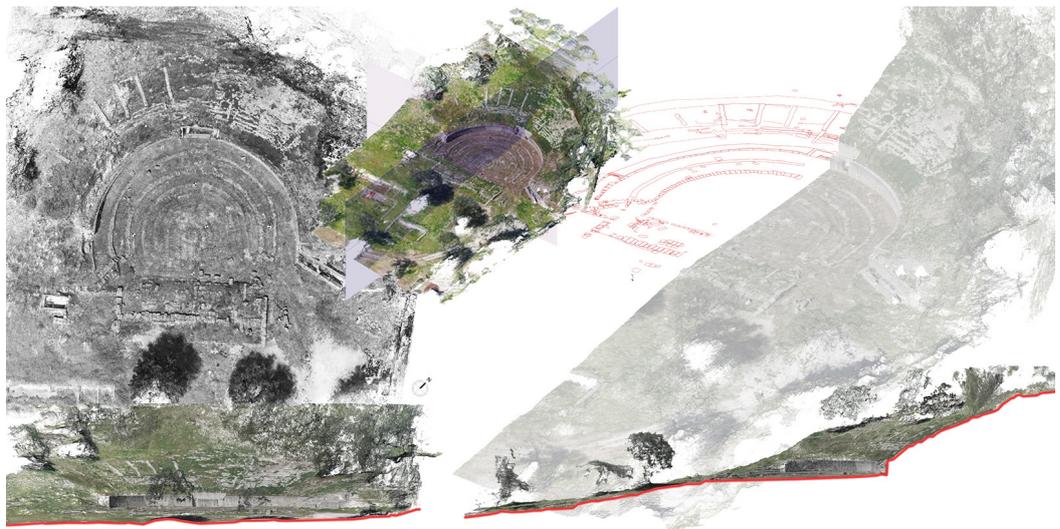


Fig. 06. Piani di sezione della nuvola di punti in Recap e snapshot delle sezioni geometriche del teatro. Immagine prodotta dagli autori.

Indagini e riflessioni

A seguito della restituzione grafica si sono intraprese alcune considerazioni riguardo le unità di misura impiegate nella realizzazione del complesso, analisi geometrico-costruttive e analisi stilistiche sul teatro. Si è analizzato l'impianto geometrico del teatro applicando le costruzioni illustrate della trattatistica vitruviana per il teatro greco, romano [4] e la particolare costruzione del teatro di Morgantina (EN) (fig. 07).

Nel teatro greco la circonferenza, che racchiude l'orchestra con le *gradine del koilon* per oltre metà della circonferenza, è tangente alla fronte scenica. Vitruvio inserisce nello schema quattro quadrati, con i loro otto vertici lungo il giro del koilon che determinano la posizione dei *klimates*. Nello schema del teatro romano, invece, l'area tra la cavea ed il palcoscenico è più piccola dell'orchestra ellenistica e la circonferenza tocca tangenzialmente la parete di fondo della scena; Vitruvio inserisce quattro triangoli equilateri, con i sette vertici lungo il giro della cavea, determinando la posizione delle scalette nella *praecinctio*. Nel teatro di Morgantina, infine, datato alla fine del IV a.C., la circonferenza dell'orchestra è tangente al *logheion* e non

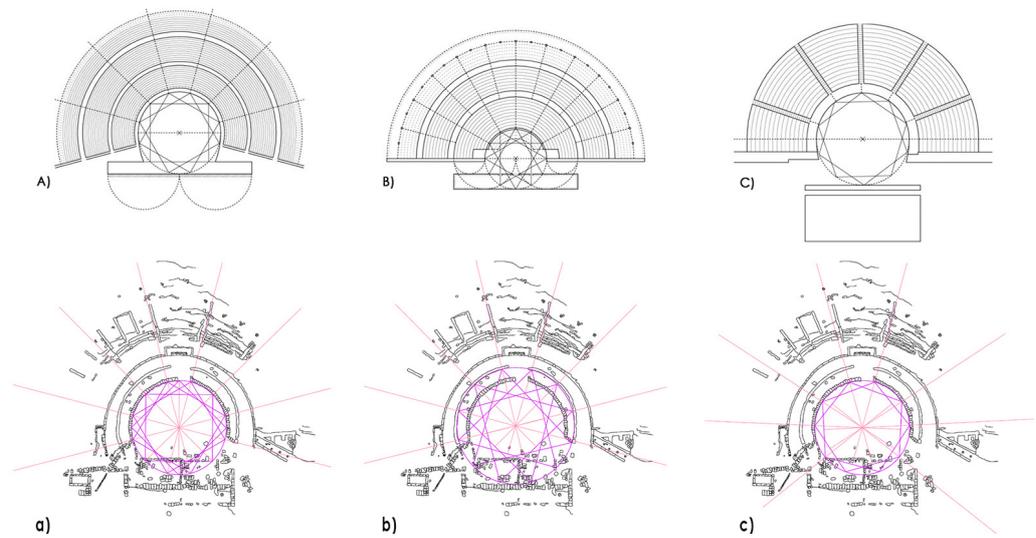


Fig. 07. Applicazione delle costruzioni e proporzioni del teatro greco, romano e di Morgantina al teatro di Locri Epizefiri. Immagine prodotta dagli autori.

sono inseribili né quadrati né triangoli, ma due pentagoni che con i loro vertici nel giro del *koilon* determinano la posizione dei cinque *klimates*.

Applicando e confrontando queste costruzioni geometriche sul rilievo del teatro locrese, ci si accorge che solo la prima costruzione, ovvero quella del teatro greco appare congruente, soprattutto per l'individuazione del posizionamento dei *klimates* e per la tangenza della circonferenza iscritta nell'orchestra con il fronte del *logheion*.

Sulla base del rilievo si sono individuate le geometrie complete dell'edificio scenico, dell'orchestra e, nel settore meglio conservato del teatro, si è fatta un'ipotesi circa l'andamento semicircolare delle sedute tra i due *klimates* (fig. 08). Per quanto riguarda la stima dell'unità di misura utilizzata per la costruzione ed il proporzionamento del teatro, sono state fatte diverse misurazioni, sia con il piede attico cicladico della misura di 29,4 cm, che con il piede ellenistico o alessandrino di 30,7 cm, diffuso nei territori affacciati sul Mediterraneo e in uso presso le colonie della Magna Grecia prima del III a.C. [Salvatori 2009]. Non si è ottenuto un riscontro preciso in nessuno dei casi e per entrambi il discostamento è di circa 2/3 cm, probabilmente a causa del cattivo stato di conservazione dei blocchi. Il *Theatron* divenne un tipo edilizio di fondamentale importanza per la vita culturale e politica delle *poleis* greche di età classica. Dal III a.C. infatti, e per tutta l'epoca ellenistica, presso le comunità indigene di Sicilia ed Italia, l'edificio teatrale assunse il valore di evidente segnale del pieno raggiungimento dello status culturale e politico, come evidenziato dagli esempi di Monte Iato, Segesta e Morgantina in Sicilia, Pietrabbondante e Pompei in Italia [Torelli 2011].

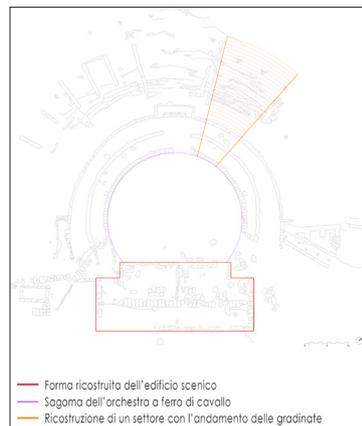


Fig. 08. Individuazione delle geometrie del teatro e raffronti. Immagine prodotta dagli autori.

Fig. 09. Analisi stilistica del teatro e raffronti. Immagine prodotta dagli autori.



Prassi consolidata era quella di costruire cavee teatrali senza accumulare terra, ma solo scavando le pendici naturali di colline rocciose. Inoltre, altra analogia tra il teatro locrese e i teatri classici e tardo classici della Grecia, è il tradizionale impianto circolare dell'orchestra, a sua volta riflesso nella planimetria a tre quarti di cerchio della soprastante cavea (fig. 09). Nonostante gli edifici scenici dei teatri della Magna Grecia vertano tutti in cattive condizioni di conservazione, Karina Mitens ha osservato come se ne possa riscontrare solo una tipologia, ovvero con *paraskenia* [Mitens 1988]. Il teatro di Locri può essere inoltre confrontato con il teatro greco di Monte Iato in Sicilia, per la presenza di *paraskenia*, la suddivisione in sette *kerkides* e sei *klimates* (oltre ai due sui lati degli *analemmata*), la forma dell'orchestra e per l'epoca di costruzione che rimanda ad un esempio ben più famoso in madrepatria. In effetti, il primo teatro del mondo greco costruito in pietra, il teatro di Dioniso ad Atene (338 - 326 a. C.), dà inizio ad una nuova epoca per la costruzione del teatro greco; contemporaneamente alla realizzazione di questo edificio si apre una vivace attività edilizia in tutte le regioni abitate dai greci, Sicilia e Magna Grecia comprese. Dalla lettura bibliografica antica e dall'analisi dei materiali e delle geometrie restituite tramite il rilievo è stato possibile rappresentare inoltre un'analisi sincronica delle fasi edilizie conosciute dell'edificio pubblico locrese, da quella greca di fondazione, alle successive cinque fasi di riadattamento e consolidamento romane (fig. 10).

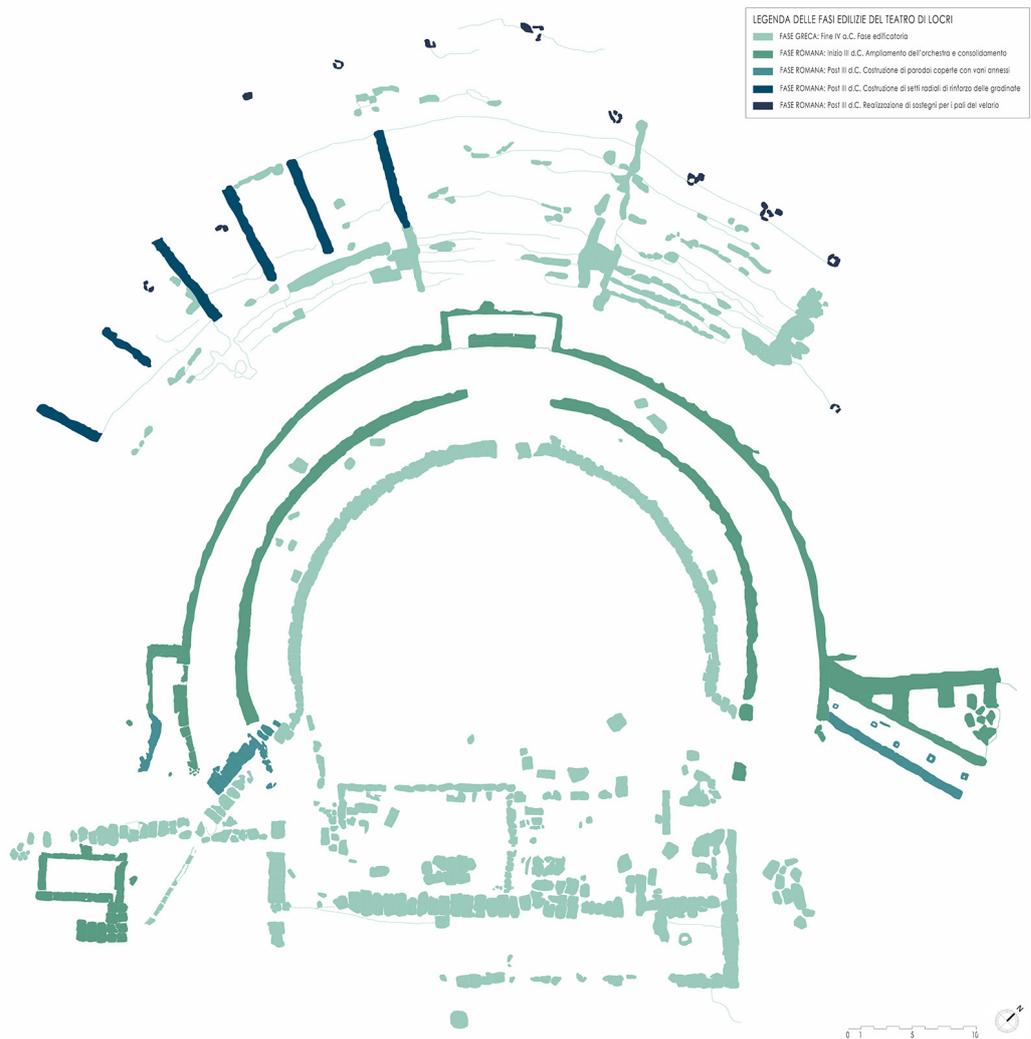


Fig. 10. Analisi sincronica delle principali fasi edilizie del teatro locrese, costituite da una fase greca, datata alla fine del IV a. C. con la costruzione dell'impianto e diverse fasi romane successive. La prima, ad inizio III d. C. con la riduzione della cavea e l'ampliamento dell'orchestra con la costruzione del muro di sostegno in opera isodoma; le successive, datate dopo il III d. C. vedranno l'apertura delle tre nicchie nel muro ad opera isodoma e la costruzione delle parodoi con la distruzione delle analemmata, la costruzione di muri radiali a sostegno della gradinata molto deteriorata, e la realizzazione, lungo il margine superiore dell'orchestra e delle parodoi, di un sistema di sostegni per pali che suggeriscono la presenza di coperture mobili (velaria). Immagine prodotta dagli autori.

Conclusioni

L'esperienza di rilievo condotta e la restituzione di disegni 2D e 3D a partire dall'acquisizione di immagini hanno consentito la produzione di una documentazione aggiornata del sito, lo svolgimento di varie analisi, nonché la valutazione in termini positivi dell'acquisizione di dati da drone per il rilievo di aree archeologiche. Il caso di studio ha mostrato la bontà delle attuali tecnologie per i rilievi archeologici mediante droni, che hanno consentito un'accurata restituzione e le analisi geometriche e stilistiche fin qui tratteggiate. Allo stesso tempo, non possono essere ignorate le difficoltà di restituzione derivanti dal cattivo stato di conservazione del teatro e soprattutto dalla vegetazione infestante, che limita e condiziona i risultati delle acquisizioni. In ogni caso, i risultati che oggi possiamo ottenere grazie all'acquisizione di immagini, strutturata da rilievi topografici e operazioni di acquisizione a basso costo, sono davvero formidabili e costituiscono il futuro dei rilievi speditivi.

Note

[1] Dal greco bizantino *ammòlithos*, ovvero arenaria; da *amos*, sabbia e *lithos*, pietra.

[2] Del manufatto architettonico/archeologico si conservano esclusivamente le fondazioni e rarissimi blocchi in alzato della scena.

[3] I rilievi utilizzati per il confronto sono la planimetria del teatro eseguita da Alfonso De Franciscis (De Franciscis, A., 1978), la pianta generale del teatro di Liliana Costamagna e Claudio Sabbione (Costamagna, L., Sabbione, C., 1990) e il catalogo dei teatri greci e di ispirazione greca di Karina Mitens (Mitens, K., 1988).

[4] In questo la costruzione geometrica del teatro romano è stata applicata al teatro locrese considerando l'ampliamento dell'orchestra subita in periodo tardo repubblicano e di conseguenza modificando la circonferenza di costruzione.

Ringraziamenti

Si ringrazia la Direzione regionale Musei Calabria, Parco Archeologico Nazionale di Locri che ha permesso l'accesso all'edificio del teatro e consentito l'autorizzazione ai voli per le acquisizioni dei dati di rilievo, nonché la pubblicazione dei risultati.

Riferimenti Bibliografici

- Bianchini, C., "et al." (2014). The Surveying and Representation Process Applied to Archaeology: A Quest for Invariants in Highly Variable Context. In: *Computational Modeling of Objects*. Berlin: Springer, pp. 1-29.
- Bianchini, C. (2013). *La documentazione dei teatri antichi del Mediterraneo. Le attività del progetto Athena a Mérida*, Roma: Gangemi editore.
- Costamagna, L., Sabbione, C. (1990). *Una città in Magna Grecia. Locri Epizefiri. Guida Archeologica*. Reggio Calabria: Laruffa Editore.
- De Franciscis, A. (1978). *Ricerche sulla Topografia e i monumenti di Locri Epizefiri, I*. Napoli: Libreria Scientifica Editrice.
- Gaiani, M., Benedetti, B., Remondino, F. (2010). *Modelli digitali 3d in archeologia: il caso di Pompei*. Pisa: Edizioni della Normale.
- Locri Epizefiri. Atti del XVI Convegno di studi sulla Magna Grecia*. Taranto, 3-8 ottobre 1976. Napoli: Arte Tipografica, 1977.
- Mitens, K. (1988). *Teatri greci e teatri ispirati all'architettura greca in Sicilia e in Italia meridionale. C. 350 – 50 a. C. Un catalogo*. *Analecta romana instituti danici supplementum XIII*.
- Parra, M. C. (1998). *Il teatro di Locri tra spettacolo e culto: per una revisione dei dati*. In: *Annali della Scuola Normale Superiore di Pisa, Classe di Lettere e Filosofia, Serie IV, vol. III, 1-2*, pp. 303-322.
- Salvatori, M. (2006). *Manuale di metrologia per architetti studiosi di architettura e archeologi*. Napoli: Liguori Editore.
- Settis, S., 2004. *Futuro del "classico"*, Torino: Einaudi 2004, 127.
- Speciale, R. (2009). *Locri Epizefiri: dalle origini all'incursione saracena del 952*. Locri: Franco Pancallo Editore.
- Torelli, M. (2011). *Dei e artigiani. Archeologia delle colonie greche d'Occidente*. Bari: Editori Laterza.

Autori

Giorgia Potestà, Università della Sapienza di Roma, giorgia.potesta@uniroma1.it
Vincenzo Gelsomino, Università di Reggio Calabria, ing.gelsomino@gmail.com

Per citare questo capitolo: Potestà Giorgia, Gelsomino Vincenzo (2022). Archeologia vista da Drone. Il teatro greco-romano di Locri Epizefiri. Sperimentare (segni scienza e tecnologia)/Archeology seen by Drone. The Greco-Roman theater of Locri Epizefiri. Orientation, spatial connections and accessibility. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). Dialoghi. Visioni e visualità. Testimoniare Comunicare Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Dialogues. Visions and visuality. Witnessing Communicating Experimenting. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers. Milano: FrancoAngeli, pp. 2751-2770.



Archeology seen by Drone. The Greco-Roman theater of Locri Epizefiri

Giorgia Potestà
Vincenzo Gelsomino

Abstract

The research investigates the possibility of applying aerial photographic acquisitions from UAS to the documentation of archaeological sites. The study describes the operations of photographic acquisition from UAS, the management and data processing phase for the archaeological documentation, from the analysis of the state of the art on aerial acquisition techniques. Case study is the archaeological area of Locri Epizefiri and its Greek-Roman theater. A fundamental step for the research was the definition of an accurate photographic project and flight plan to allow the correct and complete representation of the archaeological site as well as the georeferencing via GNSS receiver. The survey operations, in addition to producing drawings for the documentation and investigation of the archaeological area, lend themselves to geometric, stylistic and diachronic proportional analyzes on the main building phases of the monument. Historical research and image investigation merge to broaden knowledge and promote the communication of little-known archaeological sites.

Keywords

Aerial photogrammetry, UAS, Locri Epizefiri, Archaeological survey, Structure from Motion



Perspective views and section of the textured mesh model of the Greco-Roman theater of Locri Epizefiri.

Introduction

The design of the antique and the identification of representative tools, through which to decipher the compositional reasons of historical architecture, have led, over the last century, to the development of numerous methodologies of graphic representation for the reproduction of the real world.

Archeology today shows an increasing interest in the formation of three-dimensional information systems capable of progressively replacing the traditional two-dimensional representations [Gaiani et al. 2021]. One of the reasons can be identified in the fact that often archaeological sites offer only a few fragments of the architecture of the past and for this reason the reconstruction of their original consistency becomes a difficult task, in which the technologies of representation and communication play a vital role. The first step towards modeling implies in this case the collection of a whole series of data and information characterized by different levels of objective reliability: surveys, metric and geometric analyzes, photographic documentation, historical studies and suggestions collected during the visit [Bianchini et al. 2014]. From this point of view, the archaeological site of the Locri Epizefiri theater is particularly interesting due to the poor state of conservation of the remains, which tests the chosen acquisition methodology. The concept of "ruin" [Settis 2004], especially in the archaeological field, represents not only the current condition of an asset, but on the contrary refers to something "other", suggesting what that object was in the past, its original appearance, its function, which thanks to today's technologies can be recalled. The documentation, analysis, interpretation and contextualization of the architectural / archaeological artefact are the objective of the research presented.

The archaeological area of Locri Epizefiri and the Greek-Roman theater

The discovery of the site took place thanks to foreign travelers in the 1700s, as reported by De Franciscis [1978]; however, the foundation of Locri is part of the Greek colonization that took place over the span of thirty years by the end of the seventh century B.C. [Speziale 2009]. From the morphological point of view, the site has the typical characteristics of Greek colonial cities: the settlement exploited a sector of the coastal plain between the sea and the hills, and, as usual, the city overlooked the sea which allowed connections and exchanges. The surroundings of the urban site also provided building materials, such as the light and very soft sandstone called "ammollis" [1], quarried from the hills. The area belonging to the ancient city was enclosed between the rivers of Gerace and Portigliola; both the urban area, defined by the walls, and the necropolis unfolded between them (fig. 01).

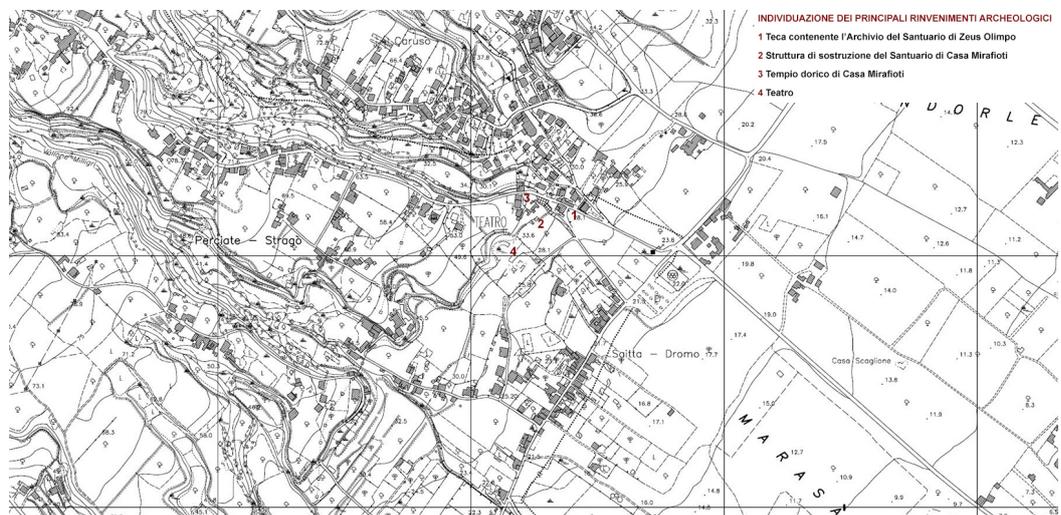


Fig. 01. Overview of the urban and suburban area of Locri with the identification of the main archaeological finds on CTR cartography in scale 1:5000. Image by the authors.

Discovered by P. E. Arias in 1940, the theater was completely brought to light by Alfonso De Franciscis between 1958 and 1961. Further essays were then conducted by C. Parra in an attempt to establish a chronology of the building phases [Costamagna et al. 1990].

The general layout of the theater dates back to the mid-fourth century BC. or to III BC for comparison with other theaters of the Greek world [Costamagna et al. 1990]. Although the monument is in poor state of conservation due to the very tender sandstone of the hill on whose slope the cavea was created, the three elements that make it up are clearly legible: the scenic building represents the closure of the concavity of the theater, divided into cavea and orchestra (fig. 02).

The stage building, of which the foundations in *ammollis* blocks remain, outlines a space for stage (*proskenion*) of about 19x7 meters, framed on the sides by the *paraskenia* and closed towards the valley by the *skene*, consisting of two square rooms and a very elongated rectangular compartment. The *proskenion* was advanced with respect to the wings and consisted of an elevated wooden structure supported by vertical beams whose recesses are legible. Three limestone blocks on the side of the *proskenion* represent the only remains of the elevation of the scene, which had to be built in Ionic order.

The theater orchestra has a horseshoe shape, and in the Hellenistic age it had a smaller shape, with a diameter of about 27 meters against the current 37; the seats, in fact, reached the water collection channel.

The cavea was obtained from the natural course of the hill, with a series of concentric steps to which sandstone slabs arranged both vertically and horizontally for the seats were adapted. The auditorium opened towards South-East, giving the spectators a view of the lower city and the sea [Costamagna et al. 1990].

Today only some remains of the steps remain in the central part, originally divided into seven sectors (*kerkides*) by six narrow steps (*klimates*), of which the four central ones remain visible today, and which allowed access to the various orders of seats a sit down. About halfway through the original development of the auditorium, now damaged by the erosion of the hill, a horizontal partition (*diazoma*), with a small passage in width, separated the higher tiers, managing the flow of spectators, which has been calculated could be about 4,500 people [Costamagna et al. 1990] (fig. 03).

Fig. 02. Photographs of the theater. On the right, image taken by drone during the survey, 2021. On the right, orchestra and scenic building seen from the auditorium, and central sector of the auditorium with the remains of the steps. Images by the authors.



Fig. 03. Planimetric output of the theater: 1 stage, 2 parascens, 3 backdrop, 4 orchestra, 5 tiers (*kerkides*), 6 access ladders (*klimates*), 7 orchestra walls, 8 retaining walls, 9 corridors, 10 tubs, 11 radial partitions to consolidate the auditorium, 12 recesses for the velarium poles. Image produced by the authors.

Many were the changes made to the system in Roman times, and of which the main phases are identified: the development of the cavea towards the orchestra was reduced, probably in the late Republican age, by building a large supporting wall in isodomic work, which at the early III AD it was interrupted by three large niches; after III AD the *analemmata* of lateral containment of the steps were canceled by *parodoi* covered with adjoining compartments; new radial walls were then built in mixed work with the reinforcement of a very deterioro-

rated staircase; finally, along the upper edge, in the orchestra and in the *parodoi*, a system of supports for poles was prepared to support the *velaria* [Mitens 1988]. The progressive transformations of the system were dictated not only by the deterioration of the stone elements, but above all by the changing needs of the show, from theatrical to amphitheatrical; the most evident was the creation of the three large niches at the base of the cavea and the expansion of the orchestra to perform specific forms of gladiatorial and *venatio* spectacles.

Survey of the theatron

The documentation and analysis of archaeological architecture is always a very demanding activity, as the use of increasingly advanced tools makes continuous feedback between operational capabilities and instrumental innovations inevitable; moreover, this specific field of application requires a high degree of knowledge of the subject and cannot ignore the collaboration between different professional figures [Bianchini 2013], such as architects, engineers, archaeologists, historians. The need to collect metric data of the artifacts, to allow the conduct of dimensional analyzes, and to make access to cultural heritage usable, together with the ease and cost-effectiveness of finding specialized instrumentation and software, have made digital photogrammetry one of the methodologies most important in the archaeological field.

Since the aerial photogrammetric survey using UAS (drone) currently represents the fastest and cheapest solution for any need for mapping archaeological sites, it was decided to proceed using this technique for the survey of the Greek-Roman theater of Locri Epizefiri. The aerial photogrammetric survey was performed using a DJI Mavic 2 Pro quadcopter.

The first operational phase consisted in the study of the survey area. Specifically, an analysis was carried out of the open data cartography available on the cartographic portal of the Calabria Region and the Municipality of Locri (RC) such as orthophotos and aerial photogrammetric maps. In relation to the size and orography of the site, the flight plan according to a closed mesh was established in order to grasp the construction details and the arrangement of the targets on the ground for subsequent georeferencing. Targets were materialized by means of 50x50 cm square wooden panels with high contrast coloring and their spatial distribution was established in consideration of both the changes in the terrain and the vegetation present on the site. The area under investigation has an extension of approximately 3,000 square meters and a difference in height in the SE-NW direction of over 10 m. The auditorium of the theater is completely covered with weeds, while the orchestra is free from forms of vegetation. For the entire area of the theater, drone flight operations are allowed up to a maximum height of 45 m from the ground level (AGL) (Fig. 04).

For the acquisition campaign, the flight mission envisaged three flights at different altitudes (15, 25 and 35 m) and camera inclinations (45 °, 30 ° and 15 °) with respective GSD equal to 0.64, 1.07 and 1.50 cm / px. Considering the extension of the area, the flight limitations imposed and the presence of vegetation, it was decided to work at low altitudes in order to obtain a sufficient resolution of the final point cloud (less than 5 cm / pixel). At lower altitudes, the photogrammetric shots were tilted in order to improve the geometry of the grip and better capture the details of the building in the area of the *cavea* covered by vegetation.

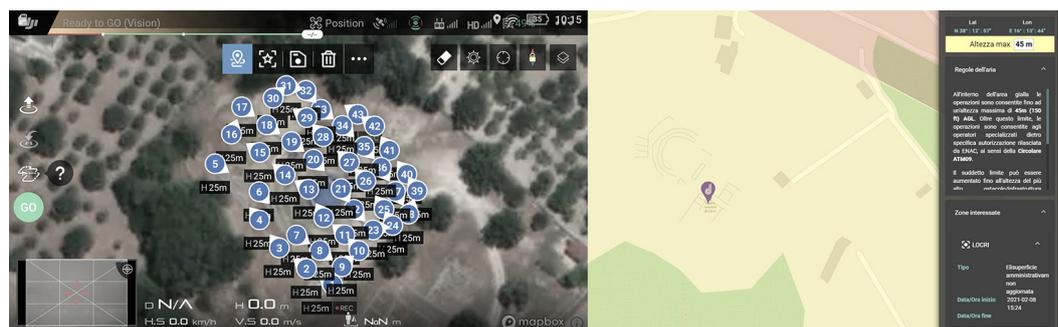


Fig. 04. Flight plan setting and cartography from dflight website. Image produced by the authors.

Thanks to 4k resolution and the excellent stabilization offered by the drone camera, it was decided to shoot video with a frame rate of 24fps, in order to obtain video material to be used also for information purposes and to allow the selection of the most significant frames for uploading to the modeling software (timing established in post-production). The flight mode was conducted both in manual mode and in automatic mode using a preset route. The latter was loaded on the native application on the DJI GO 4 smart controller. The flight operations were conducted on April 2, 2021 with favorable weather conditions. Before the flight, the targets were positioned on the ground. The target survey was carried out by GNSS survey in RTK mode using a Leica Viva GSI5 GNSS receiver with an accuracy of about 1.8 cm in plane and 2.5 in altitude and the closest permanent reference station of the HxGN Smart-Net network. The elaboration of the GNSS survey was carried out using the Leica Geo Office software, which had as output the coordinates of the targets according to the UTM-WGS84 reference system. The modeling phase began with an examination of the acquired data, from the analysis of the peculiar aspects of the artefact and the various problems, to define the objectives of the survey and the intended use. The choice of the representation scale was made a priori, depending on the methodology chosen for the survey operations and the instrumental uncertainty of the devices used (camera and GNSS receiver). Further aspects in this case determined the choice: first of all the geometric irregularity of an archaeological type artefact, which hardly allows the identification of exact shapes; secondly, the discrete territorial extension of the architectural artefact being analyzed. It was therefore decided to restore the architectural plan of the theater on a scale of 1:100; for the sections, on the other hand, considering the poor state of conservation of the artefact and the complete absence of elevation elements, it was decided to represent geometric sections directly by extrapolating snapshots of the point cloud at a scale of 1:100, which would allow to define well the line of land and the few parts of the elevation. The resulting 354 photos were processed within the Agisoft Metashape Professional photomodeling software and divided into different groups of images within the same *chunk*. After the software alignment operation, we proceeded to the identification of the markers positioned in the taking phase in the different images, and the subsequent insertion of the relative coordinates, detected with the GNSS receiver. It is in this phase that the software, after the subsequent optimizations and the choice of control points, defines the error in terms of accuracy of the model,

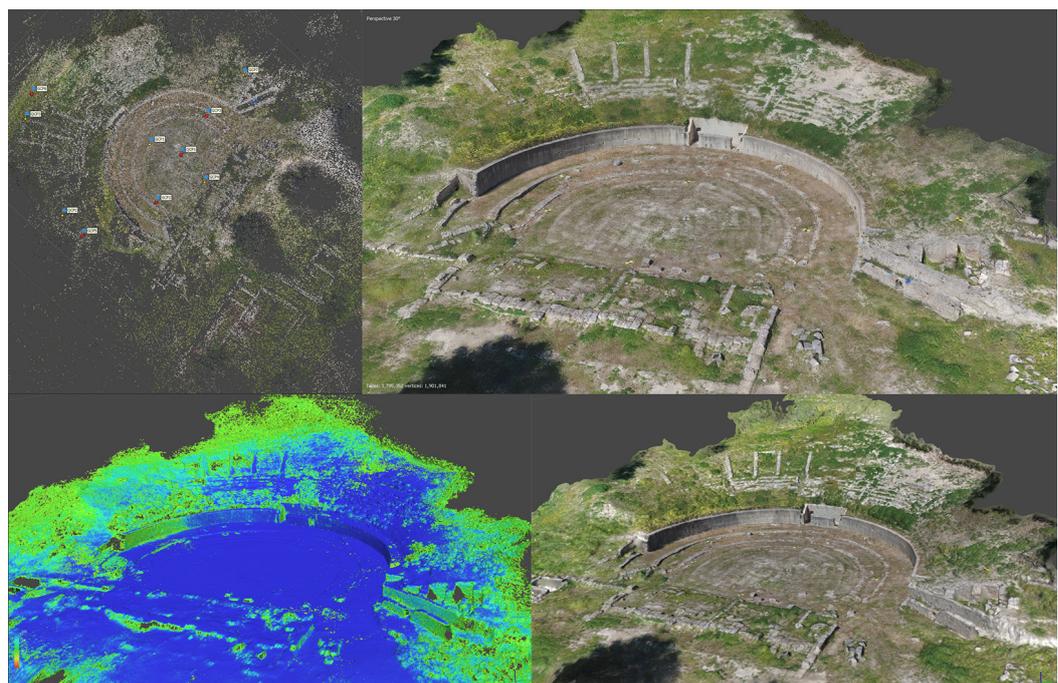


Fig. 05. Photomodeling process in Agisoft Metashape. Views of the dense cloud and the confidence of the theater model, mesh and texture. di fotomodellazione in Agisoft Metashape. Images by the authors.

which in this case is about 3 cm, perfectly in line with the representation scale chosen for the two-dimensional restitution. The further steps of generating the dense point cloud, the mesh and the texture follow, starting from the data coming from the acquired images (fig. 05). From the model, an ortho-mosaic was also generated within the software in planimetric view of the building. The dense point cloud was exported in .e57 format and subsequently imported into the Autodesk Recap Pro software for the purpose of subsequent import into Autocad for setting the section planes and returning the two-dimensional drawings (fig. 06) . The major difficulties encountered in restoring the two-dimensional drawings refer, first of all, to the very deteriorated geometry of the walls and blocks in *ammollis*, the poor state of conservation and maintenance of the archaeological site, and above all the thick vegetation and patina biological that infests the artifact, making it difficult to identify and read the geometry and architectural elements. The redesign of different parts was only possible through a great effort of reading the geometry of the elements, also thanks to the comparison with previous surveys [2].

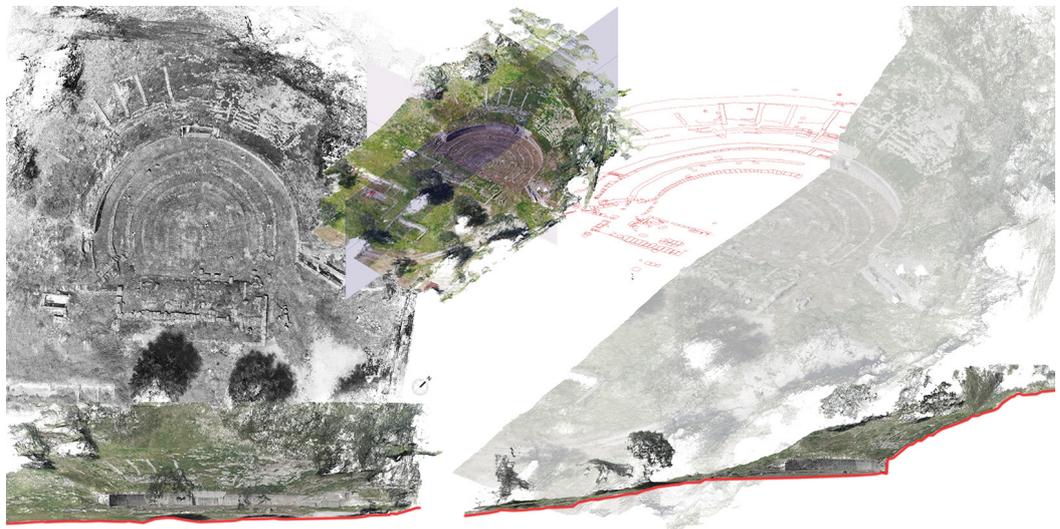


Fig. 06. Section planes of the point cloud in Recap and snapshot of the geometric sections of the theater. Image produced by the authors.

Examinations and considerations

Following the graphic output, some considerations were undertaken regarding the units of measurement used in the realization of the complex, geometric-constructive analyzes and stylistic analyzes on the theater. The geometric layout of the theater was analyzed by applying the illustrated constructions of the Vitruvian treatises to the Greek and Roman theater and the particular construction of the Morgantina theater (Enna) (fig. 07). In the Greek theater, the circumference, which encloses the orchestra with the *koilon* steps for more than half of the circumference, is tangent to the stage front. Vitruvius inserts four squares into the scheme, with their eight vertices along the *koilon*'s turn that determine the position of the *klimates*. In the scheme of the Roman theater, however, the area between the cavea and the stage is smaller than the Hellenistic orchestra and the circumference tangentially touches the back wall of the stage; Vitruvius inserts four equilateral triangles, with the seven vertices along the circle of the cavea, determining the position of the steps in the *praecinctio*. Finally, in the Morgantina theater, dated to the end of the 4th century BC, the circumference of the orchestra is tangent to the *logheion* and neither squares nor triangles can be inserted, but two pentagons which with their vertices around the *koilon* determine the position of the five *klimates*. By applying and comparing these geometric constructions on the survey of the Locrian theater, we realize that only the first construction, that of the Greek theater, appears congruent, above all for the identification of the positioning of the *klimates* and for

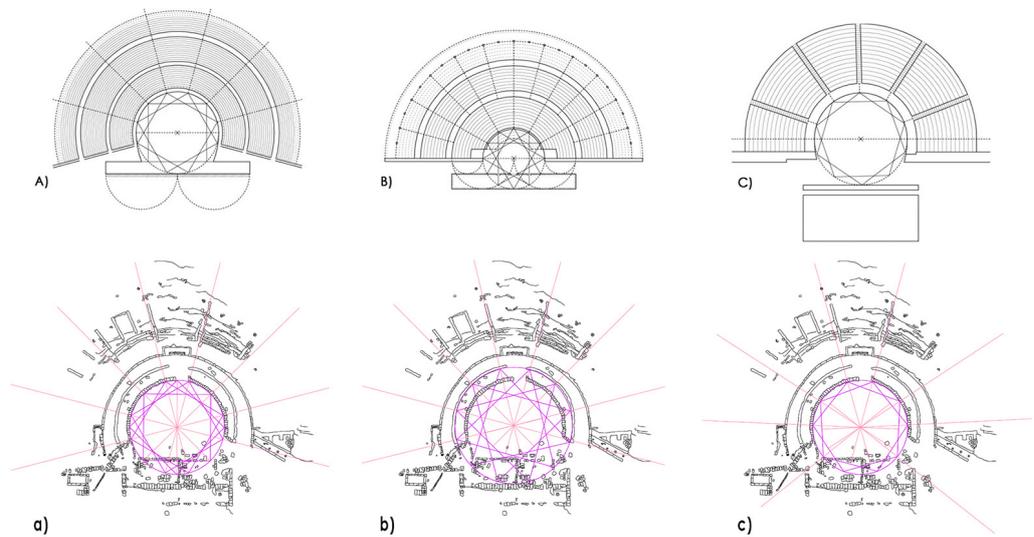


Fig. 07. Application of the constructions and proportions of the Greek, Roman and Morgantina theater to the Locri Epizefiri theater. Image produced by the authors.

the tangency of the circumference inscribed in the orchestra with the front of the *logheion*. On the basis of the survey, the complete geometries of the stage building, the orchestra were identified and, in the best preserved sector of the theater, a hypothesis was made about the semicircular course of the sessions between the two *klimates* (fig. 08). As regards the estimate of the unit of measurement used for the construction and proportioning of the theater, various measurements were taken, both with the Cycladic Attic foot measuring 29.4 cm and with the Hellenistic or Alexandrian foot of 30.7 cm, widespread in the territories overlooking the Mediterranean and in use in the colonies of Magna Graecia before III BC. [Salvatori 2009]. No precise confirmation was obtained in any of the cases, and for both the deviation is about 2/3 cm, probably due to the poor state of conservation of the blocks. The *Theatron* became a building type of fundamental importance for the cultural and political life of the Greek *poleis* of the classical age. From III BC in fact, and throughout the Hellenistic period, in the indigenous communities of Sicily and Italy, the theatrical building assumed the value of an evident sign of the full achievement of cultural and political status, as evidenced by the examples of Monte Iato, Segesta and Morgantina in Sicily, Pietrabbondante and Pompeii in Italy [Torelli 2011]. A consolidated practice was to build theatrical *cavea* without accumulating earth, but only by digging the natural slopes of rocky hills. In addition, another analogy between the Locrian theater and the classical and late classical theaters of Greece is the traditional circular system of the orchestra, in turn reflected in the three-quarter circle plan of the above *cavea* (fig. 09).

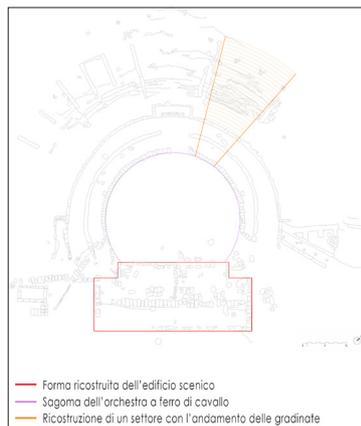
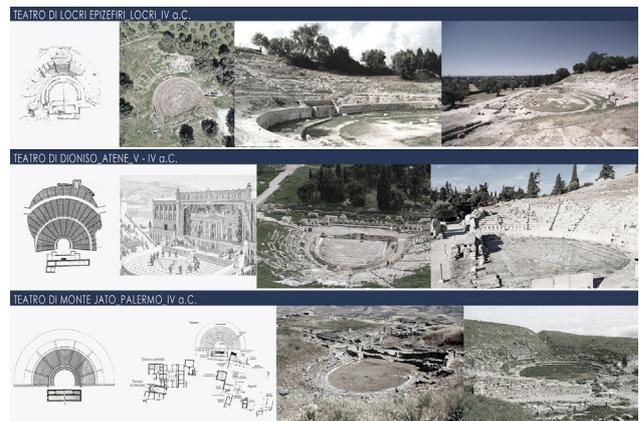


Fig. 08. Identification of the geometry of the theater. Image produced by the authors.

Fig. 09. Stylistic analysis of the theater and comparisons. Image produced by the authors.



Although the scenic buildings of the Magna Graecia theaters are all in poor conservation conditions, Karina Mitens observed that only one type can be found, namely with *paraskenia* [Mitens 1988].

The theater of Locri can also be compared with the Greek theater of Monte Iato in Sicily, due to the presence of *paraskenia*, the subdivision into seven *kerkides* and six *klimates* (in addition to the two on the sides of the *analemmata*), the shape of the orchestra and for the period of construction which refers to a much more famous example in the motherland. In fact, the first theater in the Greek world built in stone, the theater of Dionysos in Athens (338 - 326 BC), begins a new era for the construction of the Greek theater; at the same time as the construction of this building a lively building activity opens in all the regions inhabited by the Greeks, including Sicily and Magna Graecia.

From the ancient bibliographic reading and from the analysis of the materials and geometries returned through the survey, it was also possible to represent a synchronic analysis of the known building phases of the Locrian public building, from the Greek foundation to the subsequent five phases of Roman readjustment and consolidation. (fig. 10).

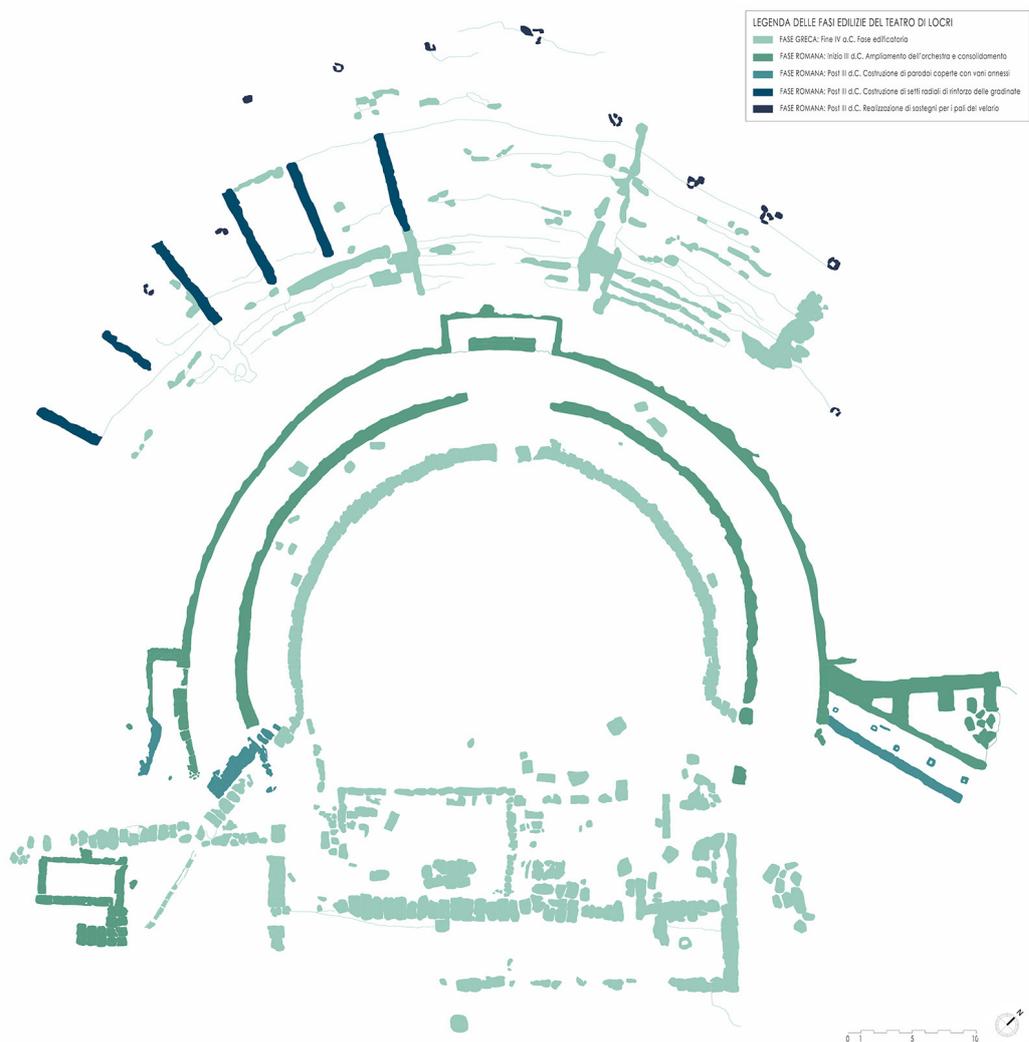


Fig. 10. Synchronic analysis of the main building phases of the Locrian theater, consisting of a Greek phase, dated to the end of the 4th century BC, with the construction of the plant and several subsequent Roman phases. The first, at the beginning of the 3rd century AD, with the reduction of the auditorium and the expansion of the orchestra with the construction of the supporting wall in isodomic opera; the later ones, dated after III AD, they will see the opening of the three niches in the wall by isodoma and the construction of the parodoi with the destruction of the analemmata, the construction of radial walls to support the greatly deteriorated steps, and the construction, along the upper edge of the orchestra and parodoi, of a system of supports for poles that suggest the presence of mobile covers (velaria). Image produced by the authors.

Conclusions

The survey experience conducted and the output of 2D and 3D drawings starting from the acquisition of images, have allowed the production of an updated documentation of the site, the carrying out of various analyzes, as well as the evaluation in positive terms of the data acquisition by drone for the survey of archaeological areas. The case study has shown the goodness of current technologies for archaeological surveys using drones, which have allowed an accurate result, and the geometric and stylistic analyzes outlined up to now. At the same time, the difficulties in restitution deriving from the poor state of conservation of the theater and above all from the infesting vegetation, which limits and conditions the results of the acquisitions, cannot be ignored. In any case, the results that we can obtain today thanks to the acquisition of images, structured by topographic surveys and low-cost acquisition operations, are truly formidable and constitute the future of expeditious surveys.

Notes

[1] From the Byzantine Greek ammòlithos, or sandstone; from ammos, sand e lithos, stone.

[2] The data used for the comparison are the plan of the theater carried out by Alfonso De Franciscis (De Franciscis, A., 1978), the general plan of the theater by Liliana Costamagna and Claudio Sabbione (Costamagna, L., Sabbione, C., 1990) and the catalog of Greek and Greek-inspired theaters by Karina Mitens (Mitens, k., 1988).

Acknowledgements

Thanks to the Regional Directorate of Museums Calabria, National Archaeological Park of Locri which allowed access to the theater building and allowed the authorization to fly for the acquisition of relevant data, as well as the publication of the results.

Bibliographical References

- Bianchini, C., "et al." (2014). The Surveying and Representation Process Applied to Archaeology: A Quest for Invariants in Highly Variable Context. In: *Computational Modeling of Objects*. Berlin: Springer, pp. 1-29.
- Bianchini, C. (2013). *La documentazione dei teatri antichi del Mediterraneo. Le attività del progetto Athena a Mérida*, Roma: Gangemi editore.
- Costamagna, L., Sabbione, C. (1990). *Una città in Magna Grecia. Locri Epizefiri. Guida Archeologica*. Reggio Calabria: Laruffa Editore.
- De Franciscis, A. (1978). *Ricerche sulla Topografia e i monumenti di Locri Epizefiri, I*. Napoli: Libreria Scientifica Editrice.
- Gaiani, M., Benedetti, B., Remondino, F. (2010). *Modelli digitali 3d in archeologia: il caso di Pompei*. Pisa: Edizioni della Normale.
- Locri Epizefirii. Atti del XVI Convegno di studi sulla Magna Grecia*. Taranto, 3-8 ottobre 1976. Napoli: Arte Tipografica, 1977.
- Mitens, K. (1988). *Teatri greci e teatri ispirati all'architettura greca in Sicilia e in Italia meridionale. C. 350 – 50 a. C. Un catalogo*. *Analecta romana instituti danici supplementum XIII*.
- Parra, M. C. (1998). *Il teatro di Locri tra spettacolo e culto: per una revisione dei dati*. In: *Annali della Scuola Normale Superiore di Pisa, Classe di Lettere e Filosofia, Serie IV, vol. III, 1-2*, pp. 303-322.
- Salvatori, M. (2006). *Manuale di metrologia per architetti studiosi di architettura e archeologi*. Napoli: Liguori Editore.
- Settis, S., 2004. *Futuro del "classico"*, Torino: Einaudi 2004, 127.
- Speziale, R. (2009). *Locri Epizefiri: dalle origini all'incursione saracena del 952*. Locri: Franco Pancallo Editore.
- Torelli, M. (2011). *Dei e artigiani. Archeologia delle colonie greche d'Occidente*. Bari: Editori Laterza.

Authors

Giorgia Potestà, Università della Sapienza di Roma, giorgia.potesta@uniroma1.it
Vincenzo Gelsomino, Università di Reggio Calabria, ing.gelsomino@gmail.com

To cite this chapter: Potestà Giorgia, Gelsomino Vincenzo (2022). *Archeologia vista da Drone. Il teatro greco-romano di Locri Epizefiri. Sperimentare (segni scienza e tecnologia)/Archeology seen by Drone. The Greco-Roman theater of Locri Epizefiri. Orientation, spatial connections and accessibility*. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visualità. Testimoniare Comunicare Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Dialogues. Visions and visuality. Witnessing Communicating Experimenting. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 2751-2770.