

# USTICA

SECONDA RASSEGNA DEL MARE  
SEBASTIANO TUSA

18-22 SETTEMBRE 2024

Copyright © 2025 - Tutti i diritti riservati

Foto di:

*Archivio Fotografico Fondazione Sebastiano Tusa*

*Riccardo Cingillo*

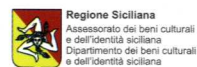
*Salvo Emma*

*Roberto Filloramo*

*Stefano Vinciguerra*

Stampato presso le:

*Officine Tipografiche Aiello & Provenzano, Bagheria (Pa)*







## Un modello digitale continuo per l'analisi e la protezione del paesaggio sommerso e costiero dell'Isola di Vivara Processi di digitalizzazione per l'analisi di target geoarcheologici

Leopoldo Repola\*

### Abstract

Il presente studio geoarcheologico, svolto in collaborazione con la Riserva Naturale Statale "Isola di Vivara", ha lo scopo di comprendere come i fenomeni geologici abbiano influenzato l'evoluzione di questo paesaggio e, di conseguenza, lo sviluppo sociale ed economico dei popoli che hanno frequentato le porzioni di costa prospicienti i Campi Flegrei. Il progetto segue un approccio fortemente interdisciplinare, includendo sin dalle prime fasi le diverse discipline che studiano le complesse dinamiche di trasformazione del paesaggio costiero e marino, che in questo punto del Mediterraneo hanno incluso eruzioni vulcaniche, eventi legati al bradisismo, articolati processi insediativi che dall'età del bronzo hanno trasformato le topografie dei luoghi, rendendo le coste e le terre ad esse prossime idonee ad accogliere le vite e le idee di fiorenti civiltà. Al centro della metodologia l'impiego delle tecnologie digitali, intese come mezzi attraverso cui: acquisire lo spazio esteso del paesaggio e degli artefatti che lo completano; analizzare nuove forme di rappresentazione della realtà a supporto di processi di analisi profondi in cui interpolare dati eterogenei; verificare strategie condivise di comunicazione dei dati della ricerca attraverso la declinazione del virtuale in ambienti costruiti o simulati.

### Il contesto di studio

L'area flegrea comprende il territorio collinoso racchiuso tra la città di Cuma, il promontorio di Capo Miseno e le porzioni più occidentali della città di Napoli (i "Campi Flegrei" propriamente detti), oltre alle antistanti isole di Procida, Vivara e Ischia. La natura vulcanica dell'area è nota fin dai tempi più antichi, come indicato dalla stessa denominazione *phlegraios* ("ardente"), risalente ai primi coloni greci. È in quest'area che sorsero le prime città della Magna Grecia, tra cui Pithekoussai (Ischia), Kyme Eubea (Cuma), Baia, Puteoli (Pozzuoli), Bauli (Bacoli) e Neapolis (Napoli), ripercorrendo e rafforzando



i più antichi traffici che già in epoca protostorica, circa nel XV secolo a.C., avvenivano tra gruppi autoctoni insediatisi lungo le coste e sulle isole e le popolazioni del Mediterraneo orientale. Tale ricchezza di insediamenti, combinata alle bellezze paesaggistiche e naturalistiche, ha permesso nel 2023 alla *IUGS - Unione internazionale delle Scienze Geologiche* di individuare l'area flegrea come uno dei tre siti italiani che compaiono nei primi 100 geositi internazionali. I Campi Flegrei sono, di fatto, uno dei campi vulcanici più conosciuti e studiati del mondo. Diversamente dagli apparati vulcanici centrali, come il ben noto Somma-Vesuvio, caratterizzati da un'attività concentrata in un'area estremamente localizzata, nei campi vulcanici l'attività eruttiva è dislocata in un'area molto estesa, in cui vengono edificati numerosi apparati vulcanici di piccole dimensioni. La presenza di queste morfologie vulcaniche, molte delle quali prossime alla linea di costa, si ricollega direttamente alla complessità del paesaggio costiero, che mostra una serie di baie che per lo più rappresentano l'interno di crateri vulcanici collassati a seguito dell'azione erosiva delle onde marine e che, offrendo numerosi e agevoli punti di approdo, hanno fortemente intrecciato la storia geologica dei questi luoghi con le storie dei popoli che qui hanno avuto luogo.

L'isola di Vivara, in particolare, è conosciuta in archeologia come uno dei porti più antichi nell'ambito dei traffici marittimi che collegavano la Grecia dell'età micenea, quindi già a cominciare dalla metà del XVII secolo a.C., con le terre d'Occidente. L'interesse di tali navigazioni doveva essere essenzialmente connesso con l'approvvigionamento di materie prime metalliche (certamente il rame e forse anche lo stagno), e l'arcipelago flegreo, insieme a quello eoliano, doveva rappresentare all'epoca un luogo deputato al commercio di tali preziosi prodotti. Gli scavi, iniziati attorno alla metà degli anni '30 del secolo scorso dall'archeologo tedesco Giorgio Buchner, permisero di accertare, sull'isolotto di Vivara, la presenza di parte di un originario cratere vulcanico collocato nel mare fra le isole di Ischia e Procida e le prime tracce di un insediamento umano dell'età del Bronzo. Le ricerche furono riprese attorno alla metà degli anni '70 da un gruppo di archeologi dell'Università di Roma e continuano oggi a cura del Museo Civico di Procida Sebastiano Tusa. Tali scavi hanno portato alla luce i resti di un più antico nucleo abitativo collocato sulle balze che digradano (a ca. 30 metri sul livello del mare) verso la punta meridionale, detta Punta Mezzogiorno. Ma il grosso dell'abitato, nella sua fase di massimo sviluppo fra la metà del XVI e il XV secolo a.C., è stato scoperto lungo il pendio occidentale, su una terrazza naturale a ca. 80 metri sul mare, Punta d'Alaca. Qui, incassate negli strati di tufo vulcanico, secondo un sistema di terrazzamenti che dal pianoro sommitale (a più di 100 metri di

altezza) scendeva giù fino al mare, erano collocate, in un'epoca che va indietro di 3500 anni BP, grandi strutture capannicole di forma rettangolare, collegate fra loro per mezzo di viottoli, scalini intagliati nel tufo e spiazzi naturali, dove si dovevano svolgere le attività quotidiane della comunità vivarese. A quei tempi, tutto il comprensorio di Procida-Vivara si presentava emerso per più di 14 metri rispetto ad oggi e le due isole, attualmente collegate per mezzo di un ponte lungo ca. 150 metri, formavano un tutt'uno. L'odierno golfo di Genito (l'antico cratere di cui Vivara e il promontorio di Santa Margherita di Procida rappresentano i resti) era all'epoca un grande arenile, prospiciente uno specchio di mare ben riparato dai venti su tre lati, sul quale si trovavano magazzini per lo stoccaggio delle merci e strutture di accoglienza per le imbarcazioni provenienti da mari lontani e necessitanti, una volta tirate in secco, di opere di manutenzione. Le ricerche subacquee, condotte da Claudio Mocchegiani Carpano negli anni '90 dello scorso secolo, hanno rinvenuto tracce di questo sistema di porto-approdo e hanno inoltre messo in luce, a una profondità fra -1 e -10 metri, un tratto di scala intagliata nel tufo, facente certamente parte dell'antico sistema di collegamento fra l'abitato, posto alla sommità di Vivara, e l'area portuale.

Attorno alla prima metà del XV secolo a.C. un incendio, indotto probabilmente da un evento tellurico, deve aver portato al collasso e al conseguente parziale crollo delle strutture portanti (in legno e lapillo compattato attorno a uno scheletro stramineo, con tegole in lastre di tufo a copertura parziale del tetto) delle abitazioni del villaggio. Quasi certamente in un tempo di poco successivo, uno slittamento degli strati di tufo pozzolanico nel quale le abitazioni si trovavano a essere incassate lungo il versante occidentale dell'isola, imbibiti dalle piogge le cui acque non erano più imbrigliate a causa dello stato di abbandono in cui il sito doveva essere rimasto dopo la fuga dei suoi abitanti, sembra aver travolto i resti disabitati del villaggio con tutti i suoi arredi (stoviglie, grandi *pithoi* per l'immagazzinamento dei generi alimentari, strumentario per la lavorazione delle pelli e per la tessitura della lana). Questo fenomeno di "mud flow" ha ricoperto con un manto di fango, ricco di detriti, quanto il terremoto e gli incendi avevano risparmiato, decretando la fine della presenza umana su quasi tutta la superficie dell'isola. La dinamica della distruzione è stata definitivamente accertata attraverso lo scavo, diretto dal prof. Massimiliano Marazzi, di una grande struttura capannicola collocata sul versante occidentale dell'isola, originariamente proprio su uno dei terrazzi artificiali, a ca. 80 metri di altezza, sulla Punta d'Alaca. Qui, al di sotto del crollo misto a tufi sciolti (indotto dal fenomeno tellurico, seguito dallo slittamento dei tufi imbibiti di pioggia dalle terrazze superiori), si sono conservati



tutti i vasi che ne formavano il corredo (tazze, boccali, grandi *pithoi* per la conservazione delle granaglie e per le scorte d'acqua e finanche alcuni splendidi esemplari di coppe micenee dipinte). Sono proprio questi "fotogrammi" del traumatico disastro che ha investito l'antica società vivarese, che hanno permesso agli archeologi di ricostruirne la vita quotidiana.

## Metodologia

La complessa natura dei luoghi e la forte interconnessione tra eventi geologici e antropici ascrivibili agli ultimi 4.000 anni, ci hanno spinto a definire una nuova metodologia di ricerca applicata ai contesti marini e costieri, in cui far confluire approcci riferiti a discipline di studio differenti e procedure scalari di analisi proprie della modellazione virtuale, intesa questa non tanto come strumento per la visualizzazione ma come artefatto cognitivo, mediante il quale relazionare informazioni strutturate e riferite alla complessità del paesaggio culturale flegreo. Per adempiere a tale scopo sono state utilizzate innovative metodologie di digitalizzazione e di analisi delle aree emerse e sommerse dell'isola, quali: Lidar da drone, laser scanner terrestri, sistemi fotogrammetrici subacquei e su terra, sensori termografici e scanner a luce strutturata.

I modelli numerici, georiferiti e allineati all'interno di un unico spazio virtuale, hanno fornito informazioni sulla geologia e l'archeologia di specifiche aree dell'isola.



Fig. 1 – Rilievo dei marker terrestri Mediante Riegl vz-400 (strumento sulla destra)

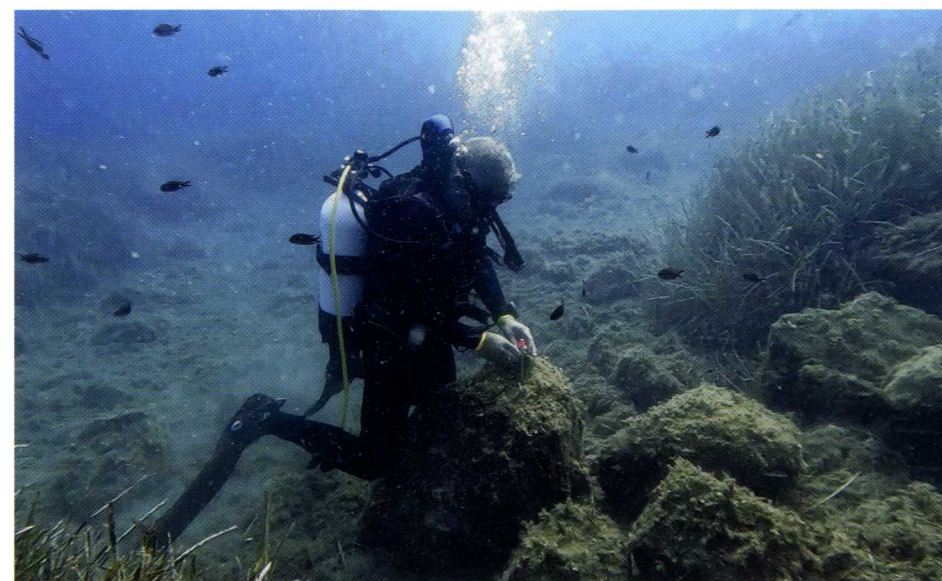


Fig. 2 – Ground control point sottomarino (avvolto da un nastro di colore rosso), situato nei pressi di un marker utile alle acquisizioni dati fotogrammetrici

Questi dati, processati all'interno di software di gestione e ottimizzazione dei modelli, sono stati importati in una piattaforma GIS appositamente implementata per la loro analisi e condivisione. In tal modo è stato possibile ottenere



Fig. 3 – Modello 3D generale dell'isolotto di Vivara, in vista Golfo di Genito, ottenuto attraverso post processing dei dati LIDAR da drone DJI Matrice 300



una prima banca dati relazionale strutturata su modelli tridimensionali, attraverso cui verificare livelli di interazione tra informazioni di carattere ambientali, geologico e archeologico. Sono stati infatti acquisite e registrate, sulla base del modello geologico dell'isola, tracce di eventi naturali antichi e recenti, sia sommersi che emersi, manufatti architettonici e interventi di trasformazione di luoghi connessi alle strategie di uso del territorio in rapporto alle diverse epoche di frequentazione, aspetti di natura botanica riferibili alle caratteristiche dei terreni.

Tale infrastruttura tecnologica, che ha gestito il flusso dati dalla loro generazione alle più complesse strategie di processamento e analisi dei modelli, ha permesso l'avvio di una nuova fase di studio del contesto insulare, in cui,

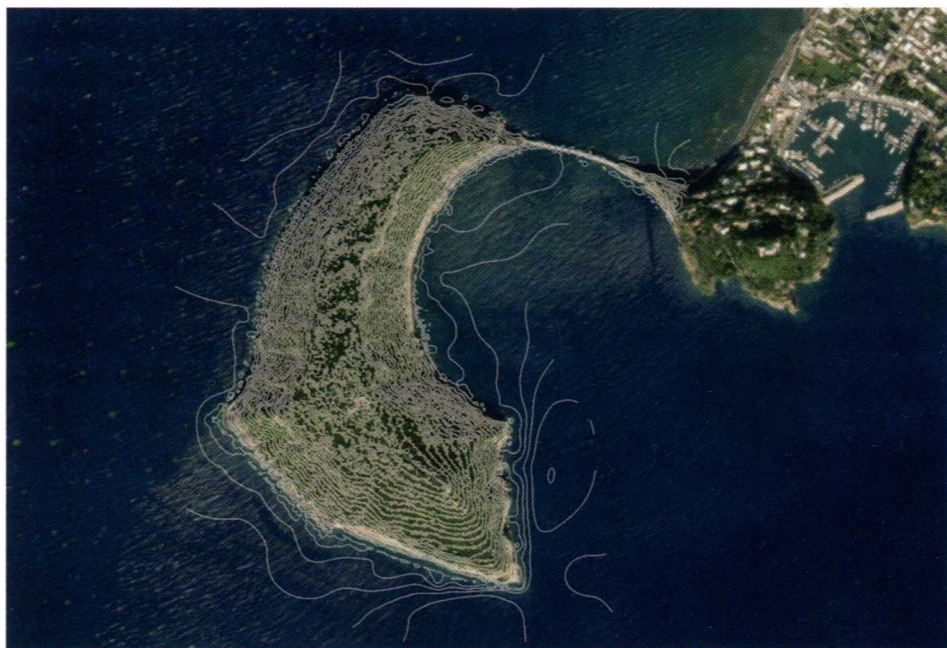


Fig. 4 – Produzione delle contour line su rilievo drone LIDAR generale, in ambiente ArcGis Pro

attraverso l'istallazione di sensori marini e terrestri, verranno incluse le informazioni connesse al moto ondoso del mare, alle intensità dei venti e delle precipitazioni meteoriche, per capire in che modo l'attuale ecosistema dell'isola reagisce alle sollecitazioni dei cambiamenti climatici. Tali dati contestuali saranno dinamicamente correlati agli eventi storici, antropici e naturali, registrati nei modelli, per comprendere in profondità come l'uomo ha reagito ad accadimenti complessi, fino ad oltrepassare i limiti di sostenibilità per le comunità stanziali. Sarà possibile verificare il reale impatto sulle popolazioni



Fig. 5 – Profilo di elevazione preliminare ottenuto in ambiente ArcGis PRO a partire dal rilievo drone LIDAR generale



Fig. 6 – Hillshade su modello drone 3D LIDAR generale, ottenuto in ambiente ArcGis Pro

antiche di fenomeni naturali, quali eruzioni, alluvioni, variazioni climatiche e del livello del mare per effetto della subsidenza, e le dinamiche di rifunzionalizzazione dell'ambiente.

In questo processo dinamico di uso e riprogetto del paesaggio insulare flegreo, così fortemente condizionato da eventi geologici estremi, un ruolo fondamentale avrà il mare, i suoi fondali, che qui nel cratere di Vivara custo-



disce i segni del lavoro dell'uomo nel continuo tentativo di ridisegno di spazi funzionali ai traffici in antichità, di infrastrutture a supporto del carico e allo scarico delle merci, di lavorazione delle materie prime, di produzione di beni a supporto della navigazione.

### Considerazioni finali

Le tecnologie digitali, sulla base di modelli da scansione (copie numeriche di contesti reali) permetteranno di sequenziare e connettere dati, visualizzare eventi e correlarli nel tempo, sovrapporre scenari antichi a dati attuale per registrarne ricorrenze e variazioni, colti all'interno di cicli storici e scenari variabili.

Sarà così possibile, attraverso l'analisi di dati eterogenei, focalizzarsi su studi analitici de fattori di rischio riferiti al sistema idrogeologico dell'isola di Vivara e ipotizzare interventi di mitigazione fortemente compatibili con gli ecosistemi dell'isola. Un monitoraggio continuo permetterà una verifica delle soluzioni adottate, i cui dati, gestiti mediante la piattaforma GIS, popoleranno i contenuti del portale di visualizzazione e condivisione dei risultati della ricerca.

Il portale proximaterra.it conetterà e divulgherà le strategie di ricerca che il DiSTAR sta mettendo in atto nell'area flegrea, sperimentando nuove forme di condivisione della conoscenza, rese mediante il web e punti di fruizione reali.

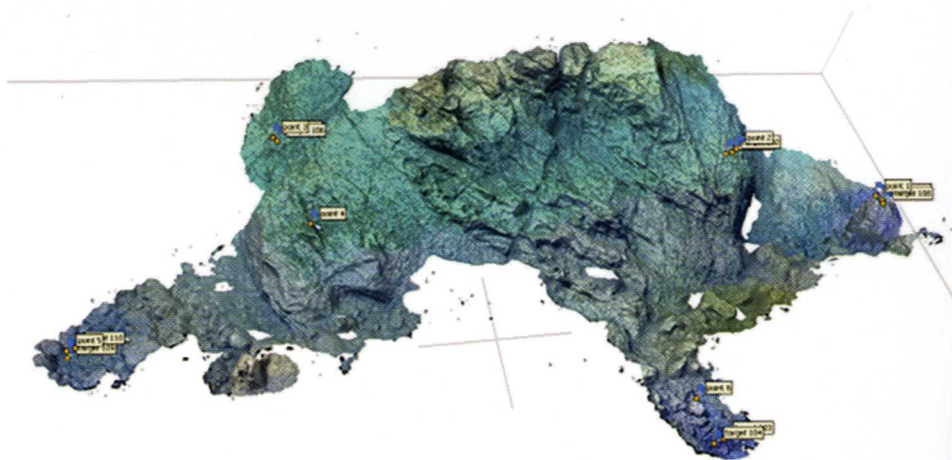


Fig. 7 – Materializzazione dei GCP e dei marker sul modello poligonale subacqueo delle scale intagliate nel tufo

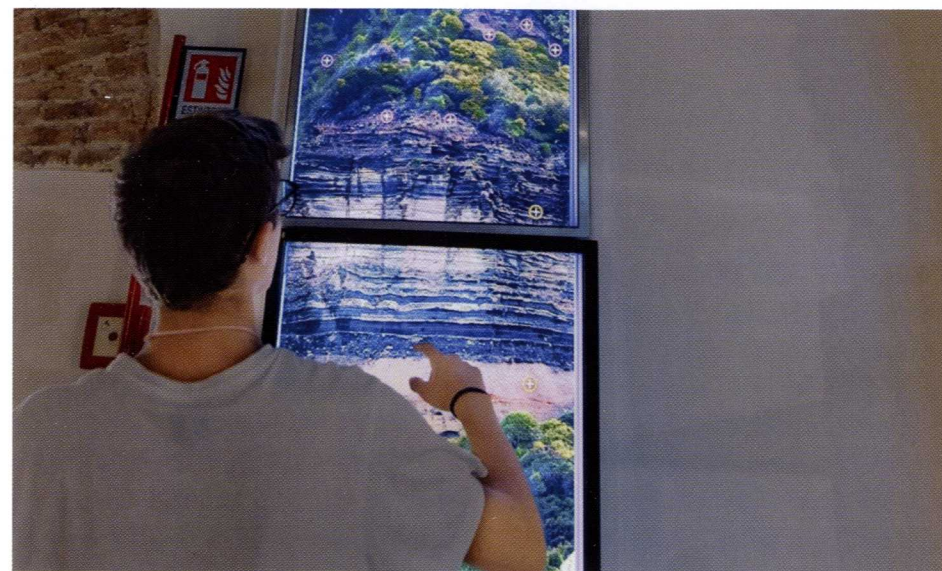


Fig. 8 – Postazioni interattive presso il Museo Civico di Procida Sebastiano Tusa



Fig. 9 – Home del portale [www.proximattera.it](http://www.proximattera.it)

Contenuti digitali e spazi fisici per attività didattiche emozionali avranno luogo tra i sentieri di Vivara e le sale del Museo Civico di Procida Sebastiano Tusa, quasi a valor rinsaldare quel legame tra storia e presente, tra uomo e natura, tra paesaggio e memoria, tra bellezza e narrazione di luoghi a limite del mare.

\*Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse (DiSTAR), Università degli Studi di Napoli Federico II