

UN GIS PER LA CONOSCENZA DELLA LAGUNA DI VENEZIA IN ETÀ ROMANA E ALTOMEDIEVALE

Carlotta Lucarini *, *Carlo Beltrame* *, *Elisa Costa* *

ABSTRACT

Within the framework of the CHANGES project, the research team from the Department of Humanities at Ca' Foscari University of Venice conducted an extensive study of the archaeological landscape in the northern Venetian Lagoon. The investigation focused on several submerged Roman contexts, including presumed embankments constructed with reused amphorae and a 1st-century AD oyster cultivation pool (*vivarium*) associated with a high-status villa. The latter site was systematically explored through multiple underwater excavation campaigns. The archaeological data gathered during these activities were integrated into a Geographic Information System (GIS). This platform incorporates spatial data on Roman and Early Medieval sites, historical cartography, and environmental datasets. The system synthesises existing bibliographic records of well-documented contexts with primary data recently acquired through new field investigations. Given the functional relationship between these lagoonal sites and the nearby Roman *municipium* of Altinum, the GIS also includes data on the *municipium* to better understand its "diffuse harbour" system. This digital tool has played a crucial role not only in the storage of heterogeneous data but also in their management, spatial analysis, and interpretation. Furthermore, by enabling comparative analysis, the GIS has become essential for monitoring the preservation status of submerged archaeological remains. To promote public engagement and ensure the accessibility of the lagoon's rich cultural heritage, a simplified version of the project has been made available via an online platform.

Keywords: Lagoon, Venice, Underwater archaeology, GIS, Roman age, Spatial analysis.

Introduzione

All'interno del progetto PNRR CHANGES SPOKE 1 - *Historical Landscapes, Traditions and Cultural Identities*, il team di ricerca di Archeologia Marittima del Dipartimento di Studi Umanistici dell'Università Ca' Foscari si è dedicato allo studio del paesaggio archeologico della laguna nord di Venezia e delle sue relazioni con la vicina città romana di Altino. Grazie a numerose collaborazioni con geomorfologi, geofisici, dendrocronologi, palinologi e biologi di varie Università, centri di ricerca e istituti museali¹, si è creato un gruppo di ricerca interdisciplinare, sotto la direzione di Carlo Beltrame, che ha lavorato sull'analisi dei siti archeologici, dei loro contesti e del paesaggio circostante in una prospettiva integrata e olistica. Inoltre, ricercatori, assegnisti, borsisti e dottorandi hanno approfondito vari contesti e ambiti di ricerca, con l'obiettivo di far luce sulle dinamiche di

occupazione e sfruttamento di questa parte di laguna durante l'antichità.

Uno degli obiettivi prefissati all'interno del progetto è stato la creazione di una piattaforma GIS dentro la quale inserire e gestire tutti i dati provenienti dalle indagini archeologiche svolte in laguna, in contesti sommersi, emersi e semisommersi, con particolare attenzione a quelli di epoca romana e altomedievale. L'impiego dei Sistemi di Informazione Geografica (GIS) in ambito archeologico non è certo una novità. Questi rappresentano strumenti fondamentali per la gestione, l'analisi e l'interpretazione di dati spaziali², applicati allo studio e all'interpretazione del paesaggio storico a differenti scale, dalla macro-scala territoriale alla microscala di sito, permettendo di correlare evidenze materiali, modelli geomorfologici e processi insediativi³. Tuttavia, nel corso dell'ultimo decennio il loro ruolo si è notevolmente evoluto. L'impiego dei GIS, infatti, già sperimentato e applicato anche in contesti subacquei⁴, si sta oggi ampliando con i GIS 3D, capaci di trattare anche dati tridimensionali complessi⁵. La gestione delle informazioni spaziali ha oggi di gran

* CNR - Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale (ISPC), sede di Lecce, ilaria.miccoli@cnr.it; nicolettadibenedetto@cnr.it; fabio.fortinguerra@cnr.it; giuseppe.scardozzi@cnr.it.

¹ Tra i tanti si citano, ad esempio, Paolo Mozzi e Jacopo Boaga del dipartimento di Geoscienze dell'Università degli studi di Padova, Adele Bertini e Gabriele Niccolini del dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli studi di Firenze, Irene Guarneri, biologa del CNR-ISMAR di Venezia.

² Conolly, Lake 2006; Wheatley, Gillings 2013.

³ Forte 2002, 13.

⁴ Holt 2007.

⁵ Dell'Unto, Landeschi 2022.

lunga oltrepasato la semplice archiviazione e visualizzazione dei dati, trasformandosi in un potente mezzo di indagine e interpretazione. Attraverso tecniche di integrazione multi-scalare⁶, infatti, è possibile oggi giungere ad una ricostruzione affidabile di paesaggi archeologici complessi. Ciò consente innanzitutto di generare nuove conoscenze relative al patrimonio archeologico e al paesaggio nel quale si colloca. Inoltre, grazie ad una serie di strumenti quali i WebGIS e grazie alla crescente interoperabilità di software e dati, i risultati delle indagini possono godere di una diffusione rapida, efficace e maggiormente accessibile, in un'ottica di valorizzazione e divulgazione a diversi livelli, dalla comunità scientifica a un pubblico più ampio.

Nel caso specifico della Laguna di Venezia, diversi enti e istituzioni di ricerca hanno sviluppato progetti basati su GIS finalizzati alla raccolta, gestione e visualizzazione spaziale dei dati archeologici, sia in ambiente subacqueo che insulare⁷. Questi sistemi hanno consentito la creazione di carte archeologiche digitali della laguna, nelle quali le informazioni spaziali sono georeferenziate e integrate con dati descrittivi, bibliografici e documentali. Tuttavia, le piattaforme attualmente disponibili online presentano una copertura parziale e includono solo una minima parte dei contesti noti, risultando quindi non rappresentative della complessità e della ricchezza del patrimonio archeologico lagunare. Le cause di questa limitata rappresentazione risiedono non solo nella protezione dei dati sensibili, ma anche nella difficoltà di armonizzare database eterogenei e nella mancanza di protocolli condivisi di interoperabilità. In tale quadro, la creazione di piattaforme coordinate, basate su standard comuni, rappresenta un passaggio fondamentale per garantire un'efficace valorizzazione del patrimonio subacqueo e terrestre della laguna.

La realizzazione di una piattaforma GIS, concepita per integrare dati provenienti da diverse indagini, rappresenta un tentativo di agevolare la diffusione dei risultati della ricerca e di rendere più accessibili i contesti studiati, soprattutto in relazione alle specifiche criticità dell'ambiente lagunare. Quest'ultimo, infatti, che in passato era ancora più esteso e diffuso lungo tutto l'arco costiero alto Adriatico, costituisce un limite significativo sia per lo svolgimento delle indagini di prospezione e scavo archeologico, sia per la visibilità del patrimonio.

⁶ Benjamin *et alii* 2021.

⁷ Si ricorda tra tutti il progetto *ArcheoRisk* "Sistema di Valutazione del Rischio Ambientale per il Siti Archeologici Lagunari", un ambizioso progetto messo a punto dal gruppo NAUSICAA della Sovrintendenza che però non ha mai avuto una diffusione pubblica.

Le forti correnti di marea, l'ampia escursione tidale, la natura fine dei sedimenti e la ridotta profondità dei fondali in molte aree costituiscono infatti i principali ostacoli operativi. Questi fattori determinano inoltre la scarsa visibilità delle acque, generalmente compresa tra 10 cm e 4m in condizioni ottimali e in prossimità delle ampie bocche di porto, compromettendo di fatto la fruizione del patrimonio. Di conseguenza, esso rimane in gran parte invisibile alla comunità e, spesso, difficilmente percepibile nella sua complessità persino dagli stessi ricercatori.

Nuove indagini nella laguna nord

Grazie alla collaborazione di geomorfologi e geofisici è stato possibile ricostruire il paesaggio naturale in età romana e indagare numerosi siti sommersi nelle acque lagunari o ubicati lungo le sponde dei canali e al di sotto delle barene, superfici periodicamente sommerse della laguna (fig. 1). Le ricerche sono state condotte per mezzo di tecniche non invasive: attraverso l'uso di un *Multibeam Echosounder* ad alta risoluzione, montato su drone marino e comandato a distanza, utile per scandagliare anche fondali profondi poche decine di centimetri; e attraverso tomografie di resistività elettrica dei sedimenti, applicata sott'acqua attraverso cavi impermeabili⁸. Questa tecnologia combinata ha permesso di verificare e documentare siti già noti e di scoprire nuovi contesti. Le prospezioni hanno riguardato principalmente i canali lagunari Rigà e dei Bari e un tratto di Canale San Felice. Ricerche si sono concentrate anche nelle barene e nei canali di Scanello. Sono state documentate perlopiù strutture di tipo arginale conosciute in laguna con la definizione di "argini-strada", in realtà ancora di non chiara interpretazione⁹, larghe 3-4 metri e lunghe anche molte decine di metri, costituite da materiale di reimpiego, prevalentemente anfore ma anche sassi e laterizi, contenuti tra palificate datate in età imperiale romana. La documentazione di dettaglio è stata eseguita attraverso la fotogrammetria subacquea applicata a bassissima visibilità, che ha permesso di rendere visibile nella sua interezza siti che, a causa della visibilità inferiore al metro e mezzo, sott'acqua non possono che essere visti che a piccole porzioni¹⁰.

Localizzato lungo Canale Rigà, in località Lio Piccolo, si trova il sito sommerso che è stato ampiamente indagato stratigraficamente, e documentato sempre per mezzo della fotogrammetria¹¹. Si tratta di una vasca in

⁸ Beltrame *et alii* 2025.

⁹ Fozzati, Toniolo 1998.

¹⁰ Costa 2022.

¹¹ Beltrame 2025; Beltrame *et alii* 2026.



Fig. 1. - Localizzazione dell'area di studio e dei siti menzionati nel testo.

mattoni sesquipedali con un alzata in tavole di legno, costruita nella seconda metà del I secolo d.C. all'interno della quale venivano fatte crescere ostriche rinvenute in quantità. Dalle analisi condotte dal CNR ISMAR e da palinologi dell'Università di Firenze, sappiamo che si tratta di molluschi nati in altre zone della laguna e poi, in età adulta, portati nella vasca probabilmente per essere mantenuti vivi. Lo spazio interno della struttura era suddiviso in scomparti da *cataractae* in legno che scorrevano su gargami di quercia ancora ben conservati.

Lo scavo ha dimostrato che entro il II secolo d.C. la vasca venne obliterata dal fango e che di lì a poco venne coperta e tagliata da una palizzata di pali e tavole. La vasca, sul suo lato sud, era collegata alle sottofondazioni in pali di quercia che sostenevano tracce di mattoni fondazionali di alcuni ambienti. Si potrebbe trattare di quello che rimane di una villa marittima del I secolo d.C. come quelle che, secondo Marziale, si dovevano trovare tra Altino e il mare. L'area delle strutture fondazionali ha restituito molte centinaia di frammenti di affresco di

pregio oltre a ceramica fine ed una gemma di agata con incisa la figura della regina Onfale. Analisi palinologiche condotte dall'Università di Firenze su alcuni intonaci, su carotaggi e su alcune ostriche hanno permesso di ricostruire la vegetazione dominante del paesaggio costiero e dell'entroterra, costituita da olmo, carpino, nocciolo e quercia. Quest'ultima, infatti, è l'unica pianta utilizzata per tutte le strutture in legno dei siti indagati. Le analisi hanno poi permesso di riconoscere, nel territorio circostante, aree coltivate con olivi e vitigni, e piante ornamentali o medicinali come il mirto e il pistacchio, probabilmente in un giardino all'interno della villa.

La vasca per ostriche costituisce un *unicum* dato che l'unica struttura simile è stata trovata nella laguna di Narbonne¹². La villa invece rappresenta il sito archeologico di età romana meglio conservato, anche in estensione, e meglio studiato della laguna. È poi un ottimo

¹² Carayon *et alii* 2016.

campo scuola per gli studenti di archeologia che qui possono fare i loro primi passi nel mondo della ricerca subacquea in condizioni di massima sicurezza. Questo sito, inoltre, grazie alle cronologie precise e solide, basate su molte datazioni al C 14 e dendrocronologiche, possibili per l'alto livello conservativo del materiale organico che caratterizza la laguna, sta fornendo preziose indicazioni per lo studio del livello del mare nel mondo antico e dei fenomeni di subsidenza locale.

I dati e i metodi

Nella piattaforma GIS sono stati ospitati sia i siti indagati nel corso del progetto, con cronologie prevalentemente romano-imperiali, sia i contesti archeologici meglio conosciuti e documentati di epoca romana e altomedievale, grazie ad un'accurata revisione della letteratura scientifica e delle indagini condotte dal gruppo di ricerca e da altri enti. È stata data particolare attenzione ai contesti con interesse marittimo-lagunare, quali strutture funzionali alla navigazione lagunare e marittima e resti di imbarcazioni. Quest'area della laguna di Venezia può essere considerata infatti la laguna di Altino e ospitava strutture funzionali alla circolazione delle imbarcazioni dalla bocca di porto di Lido verso il porto del *municipium* romano, quali dei pozzi-cisterna per l'approvvigionamento da parte delle navi di acqua dolce, che rappresentano dei prototipi delle cisterne presenti nei campi e campielli di Venezia¹³. Uno di questi, quello di Ca' Ballarin¹⁴, è attrezzato con un molo del I secolo d.C. costruito in opera cementizia pozzolanica poggiante su pali sottofondazionali¹⁵.

Considerato lo stretto legame dei siti lagunari con *Altinum*, nel GIS sono stati integrati anche dati bibliografici e informazioni provenienti dal progetto di ricerca sulla portualità della città romana coordinato da Carlo Beltrame in collaborazione con Paolo Mozzi e oggetto di una tesi di dottorato¹⁶, utili a meglio comprendere quello che appare un porto diffuso che si sviluppava tra il centro urbano, l'area periurbana orientale di Valle Rossa, dove è in corso di indagine una grande darsena ad 'elle'¹⁷, e la laguna settentrionale.

Per gestire, correlare e analizzare l'insieme dei dati raccolti, è stato sviluppato un progetto strutturato attraverso il software Qgis, adottando come riferimento il template messo a disposizione in open-access dal Geoportale Nazionale per l'Archeologia¹⁸. Sono stati collegati diversi servizi wms contenenti informazioni spaziali di interesse (quali mappe batimetriche e cartografia storica) e inseriti sotto forma di raster e layer vettoriali: la Carta Tecnica Regionale, la Copertura del Suolo, Cartografia Storica e alcuni Modelli Digitali dell'Elevazione e batimetrici a grande scala, disponibili e scaricabili da vari geoportali regionali e nazionali¹⁹. È stato creato poi un unico Geopackage, pensato per ospitare i dati vettoriali relativi alle Ricostruzioni Paleoambientali e alla Carta Archeologica. I primi, digitalizzati a partire dalla carta Geomorfologica della provincia di Venezia²⁰ e dalle ricostruzioni prodotte dal Dipartimento di Geoscienze dell'Università degli Studi di Padova²¹, rappresentano in forma semplificata le aree emerse, gli antichi corsi fluviali, i canali lagunari, i cordoni litoranei e la linea di costa in età antica. I secondi sono stati strutturati per ospitare distinti livelli di dettaglio, in base alla provenienza delle informazioni: pubblicazioni pregresse con solo la localizzazione dei giacimenti, piante generali dei siti documentati, piante di scavo e di fase con differenziazione delle distinte strutture, etc. Inoltre, si sono creati differenti sottogruppi vettoriali: uno per le aree di indagine, uno per le piante generali dei siti, e uno per le singole strutture e unità di un giacimento.

Tutti i layer sono interrogabili e le informazioni sono organizzate in una struttura modulare, in grado di raccogliere un'ampia gamma di informazioni e allegati. Si va da informazioni relative alla composizione e dimensioni delle strutture, informazioni altimetriche e batimetriche (riferite allo zero IGM Genova 1942), tipologia di analisi svolte e risultati, datazioni, osservazioni e interpretazioni, a campi relativi alla matrice, al materiale, alla formazione e al grado di affidabilità stratigrafica delle singole unità (fig. 2). Il tutto è compilabile attraverso campi a scelta multipla e/o caselle descrittive in cui inserire testo libero. A ogni elemento vettoriale, inoltre, possono essere associati file allegati di diversa natura: elenchi di materiali, report analitici, fotografie di dettaglio,

¹³ Beltrame, Medas, Mozzi 2023; Dilaria *et alii* 2024.

¹⁴ D'Agostino, Fozzati, Medas 2020.

¹⁵ Costa 2022.

¹⁶ Elisabetta Rosatti, Il sistema portuale di *Altinum*. Spazi, strutture e funzionamento, dottorato di interesse nazionale in Heritage Science, Sapienza Università di Roma, tutor prof. Giuliano Volpe, Carlo Beltrame, Paolo Mozzi, ann. 2024/2025.

¹⁷ Beltrame, Negrelli, Mozzi 2023.

¹⁸ Boi 2024. Cfr. <https://gna.cultura.gov.it>.

¹⁹ Cfr. <https://idt2.regione.veneto.it>, <http://politicheambientali.cittametropolitana.ve.it>, <https://www.atlantedellalaguna.it>, <https://www.cnr.it/en/press-release/7654/svelato-il-mondo-sommerso-di-veneziana>.

²⁰ Bondesan, Meneghel 2004.

²¹ Primon, Mozzi 2023.

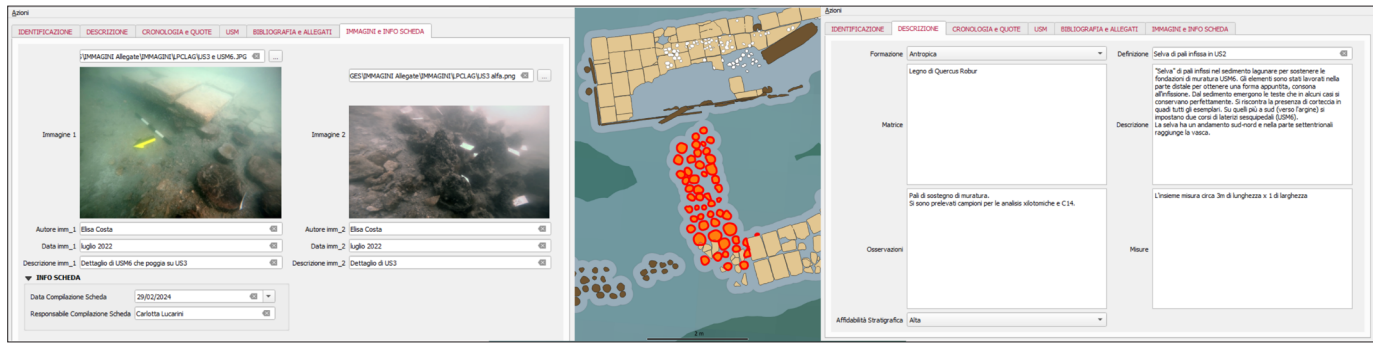


Fig. 2. - Informazioni e foto di dettaglio inserite nei moduli descrittivi relativi alla “palificata” US3 del giacimento di Lio Piccolo (Elaborazione: C. Lucarini).

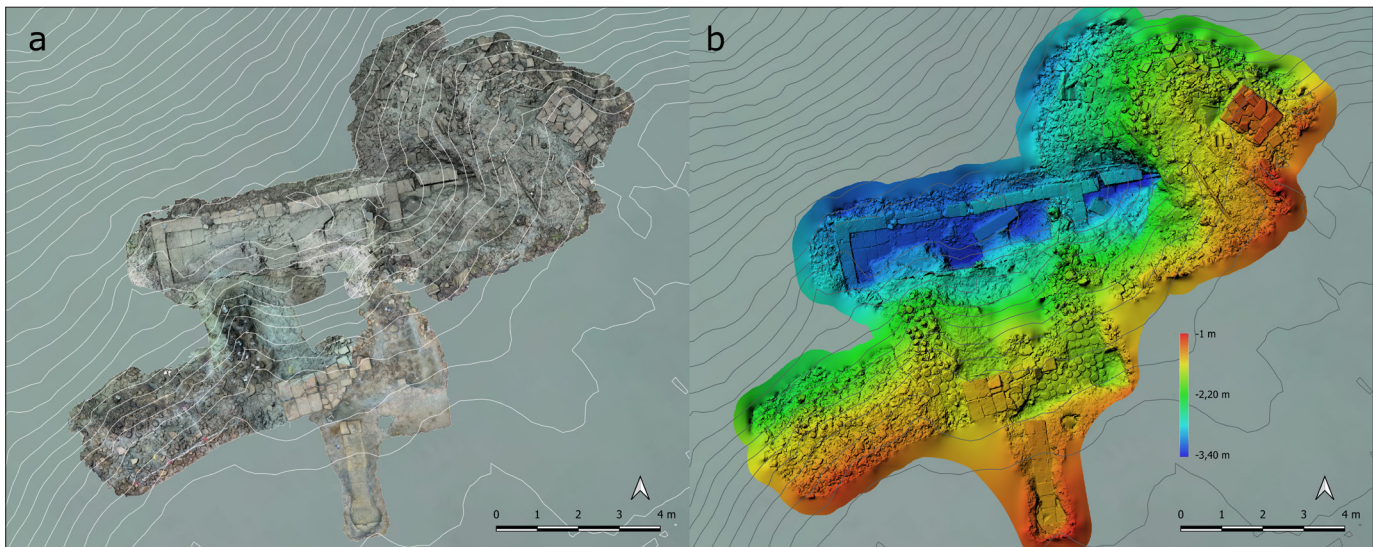


Fig. 3. - Ortofoto da fotogrammetria (a) e DEM ottenuto dal modello digitale (b) del giacimento di Lio Piccolo dopo la campagna del 2025. In sovrapposizione le curve di livello da rilievo Multibeam Echosounder ogni 20 cm. Elaborazione modelli: E. Costa. Elaborazione GIS: C. Lucarini.

riferimenti bibliografici e link esterni, garantendo un sistema informativo completo e consultabile.

Nel progetto sono stati inseriti anche tutta una serie di altri dati provenienti dalle indagini archeologiche e geofisiche svolte: nuvole di punti di alcune strutture in particolare, dati in formato testuale e raster quali ortofoto da drone, fotopiani e fotomosaici dei giacimenti, Modelli Digitali dell'Elevazione sia di aree emerse, ottenuti tramite rilievi Lidar, che di aree sommerse ad altissima risoluzione, ottenuti da modelli digitali fotogrammetrici di dettaglio, Modelli Digitali Batimetrici, acquisiti attraverso strumentazione *Multibeam Echosounder* (fig. 3).

Durante il lavoro di inserimento dei dati, è stata dedicata particolare attenzione alla georeferenziazione dei contesti, con specifico riguardo a quelli subacquei. In questo contesto lagunare, infatti, il corretto posizionamento dei resti archeologici, che si trovino essi sommersi nei canali, in aree periodicamente inondate

o leggermente al di sopra della massima escursione di marea, ricopre una funzione essenziale, non solo per il monitoraggio delle strutture stesse e dell'ambiente nel quale si inseriscono, ma anche per lo studio e il calcolo del livello relativo del mare in epoca antica.

Per i contesti attualmente in corso di indagine, come nel caso del sito sommerso di Lio Piccolo, sono stati adottati diversi metodi di posizionamento (principalmente Stazione Totale e DGPS), messi a confronto tra loro al fine di individuare la soluzione più affidabile e al contempo più agevole da applicare, tenendo conto delle specificità proprie dell'indagine archeologica in un ambiente peculiare come quello lagunare²². Per i contesti già noti, invece, si è proceduto all'incrocio e alla sovrapposizione di tutti i dati disponibili, anche di

²² Costa 2025; Lucarini 2025.

diversa natura, con l'obiettivo di orientare e posizionare le strutture nel modo più accurato possibile.

I risultati

Grazie alla realizzazione di questo progetto GIS e all'inserimento di dati di natura e livelli di dettaglio differenti, è stato possibile svolgere una serie di analisi e giungere a nuove ipotesi, interpretazioni e risultati. Innanzitutto, grazie alla sovrapposizione dei dataset e all'attenzione posta verso la geolocalizzazione dei resti, si è potuto raggiungere un maggiore grado di affidabilità nel posizionamento e orientamento di alcune strutture. Per alcuni contesti già indagati in passato, come quanto resta del pozzo-cisterna di epoca romana di Canale San Felice, l'inserimento nella piattaforma dei dati disponibili (come punti GPS, rilievi batimetrici ottenuti con *Multibeam Echosounder* e modelli digitali tridimensionali delle strutture) ha permesso di migliorare l'accuratezza della posizione delle strutture, di contestualizzarle nel loro ambiente d'origine e di confrontare batimetrie e posizione delle strutture. Nel caso del molo/banchina di Ca' Ballarin, associato all'altro pozzo-cisterna di epoca romana, è risultato ancor più rilevante disporre di molteplici dataset da confrontare e sovrapporre per correggere significativi errori di posizionamento e di orientamento. Inoltre, in entrambi i casi appena menzionati, la comparazione di rilievi effettuati a distanza di un certo lasso di tempo ha consentito di identificare variazioni nello stato di conservazione delle strutture. In particolare, si sono potuti riconoscere alcuni crolli significativi di un

blocco di mattoni sesquipedali dell'alzato del pozzo-cisterna di canale San Felice e di uno dei blocchi di cemento afferente al molo di Ca' Ballarin (fig. 4)²³. I crolli in questione sono riconducibili, nel primo caso, a interferenze antropiche quali la pesca e l'ancoraggio delle imbarcazioni, mentre nel secondo all'alto grado di erosione a cui è sottoposta la sponda del canale a causa dalle forti correnti di marea. Questo tipo di analisi si configura come uno strumento essenziale per il monitoraggio non solo delle strutture note, ma anche dei fondali dei canali, permettendo di individuare aree soggette ad accumulo o erosione, e fornendo indicazioni sul grado di vulnerabilità dei giacimenti archeologici.

Nel caso di un'indagine continuativa come quella condotta sul sito sommerso di Lio Piccolo, la piattaforma è servita come database nel quale far confluire tutti i dati di scavo, in modo da affrontare in maniera sistematica le fasi di studio successive alle operazioni di scavo, come la gestione e creazione di piante generali, suddivise per campagne, o la realizzazione di piante di fase, utili per ricostruire l'evoluzione stratigrafica e strutturale del sito, ma anche per pianificare future campagne di indagine e scavo (fig. 5).

L'inserimento non solo delle strutture ma anche delle unità stratigrafiche dei sedimenti, dei quadranti di scavo georeferenziati sottoforma di layer poligonali e dei materiali archeologici rinvenuti, si è rivelato di grande utilità sia per la gestione progressiva delle informazioni, sia per la produzione di mappe tematiche relative alla diffusione

²³ Costa, Lucarini 2024.

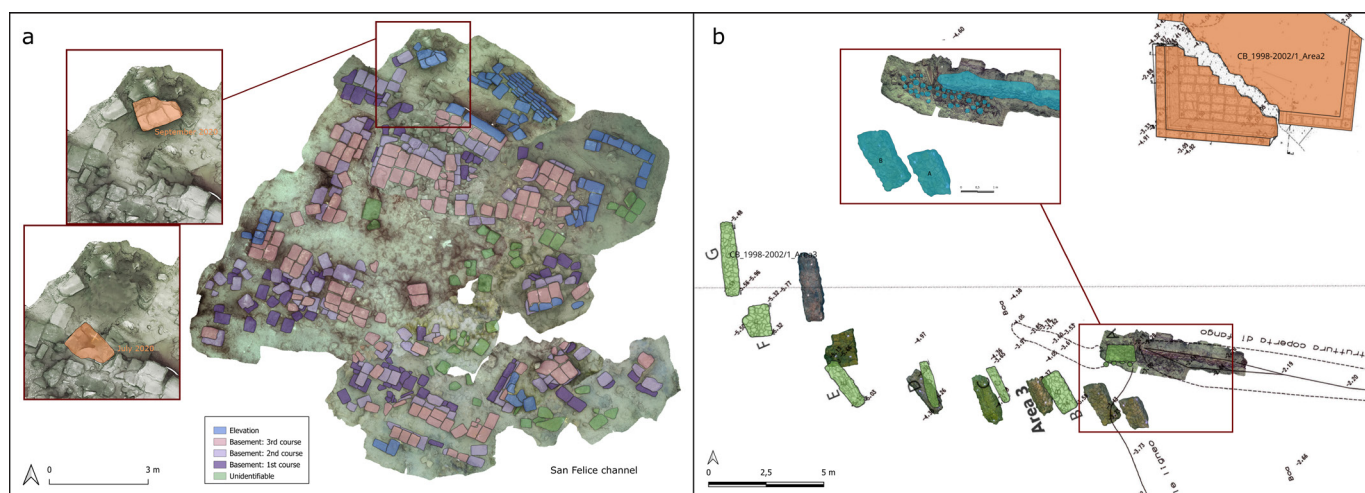


Fig. 4. - a. digitalizzazione dei blocchi pertinenti al pozzo-cisterna di San Felice. In arancio: il blocco crollato. b. sovrapposizione del modello fotogrammetrico sulla planimetria realizzata da D'Agostino et al. (2020) nel 2000 (in verde chiaro e arancio). In azzurro nel rettangolo: l'attuale posizione dei blocchi A e B dopo il crollo. Elaborazione modelli: E. Costa. Elaborazione GIS: C. Lucarini.

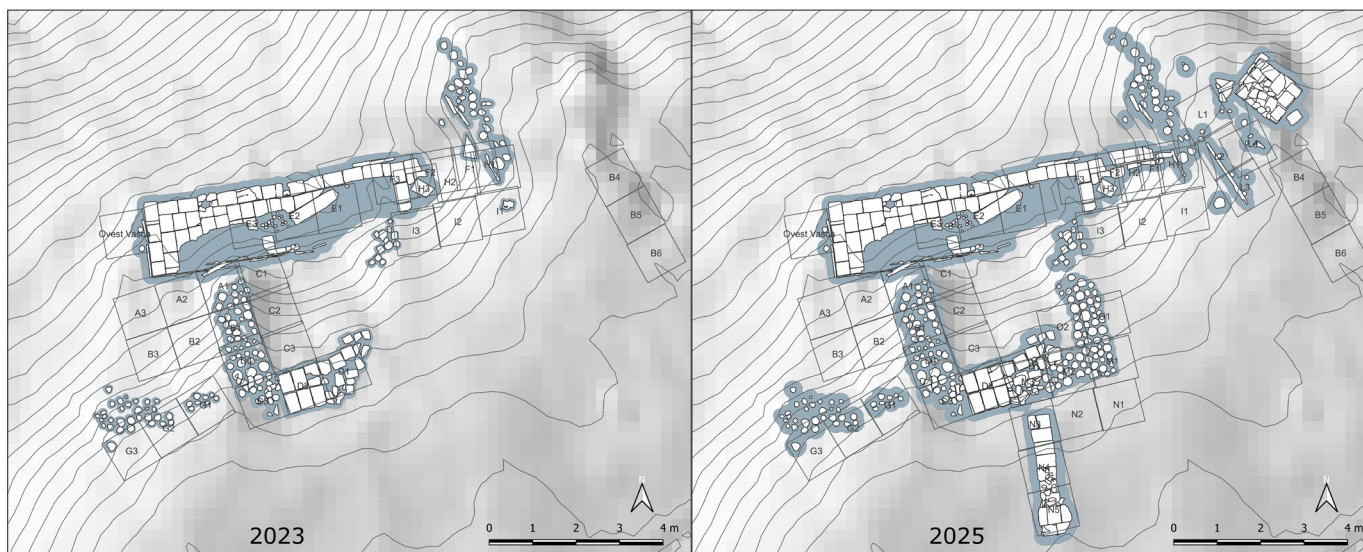


Fig. 5 - Piante generali del sito con le strutture documentate e i quadranti di scavo dopo le campagne del 2023 e del 2025. Mappa di base: modello batimetrico in hillshade ottenuto con rilievo MultiBeam Echosounder e curve di livello ogni 20 cm. Elaborazione: C. Lucarini.

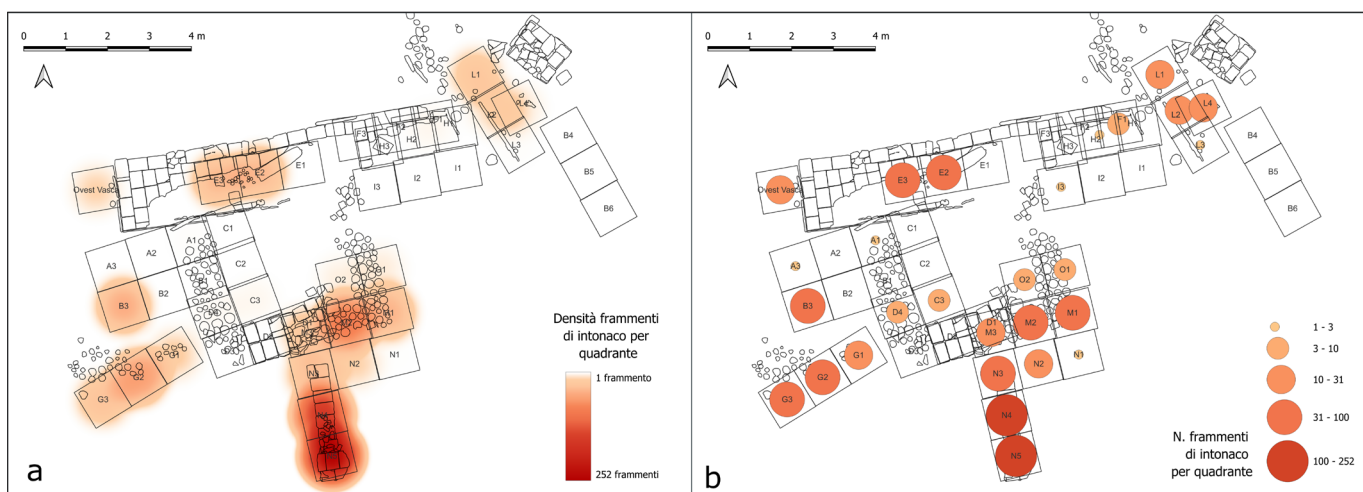


Fig. 6. - Mappa di Densità Kernel (a) e mappa di distribuzione (b) del totale dei frammenti di intonaco in base ai quadranti di scavo. Elaborazione: C. Lucarini.

e distribuzione di specifiche categorie di materiali. Ad esempio, la creazione di mappe di densità dei frammenti di intonaco dipinto ha consentito di individuare le aree di maggiore concentrazione, suggerendo la possibile collocazione di ambienti decorati o crolli localizzati (fig. 6). Ciò ha consentito: una visualizzazione immediata, di individuare concentrazioni di specifiche classi, di analizzare le relazioni tra oggetti e strutture e di inferire funzioni o dinamiche deposizionali del giacimento.

L'uso combinato di dati planimetrici e altimetrici ha consentito di svolgere analisi tridimensionali delle unità stratigrafiche, utili per comprendere le relazioni di giacitura e i processi deposizionali. Grazie poi alla possibilità

di gestire modelli batimetrici dei canali, nonché di importare modelli tridimensionali e nuvole di punti, e grazie alla precisa georeferenziazione dei punti di rilievo, è stato possibile ottenere sezioni virtuali e profili altimetrici di elevata accuratezza (fig. 7). Questi strumenti consentono, all'interno della stessa piattaforma, di rilevare microvariazioni topografiche e di stimare non solo le quote relative tra le strutture, ma anche di quantificare con precisione eventuali variazioni di quota del fondale, attribuibili a processi erosivi o di accumulo sedimentario, fornendo così indicazioni fondamentali sul grado di vulnerabilità del sito. Inoltre, è risultato di particolare interesse disporre di strumenti capaci di produrre

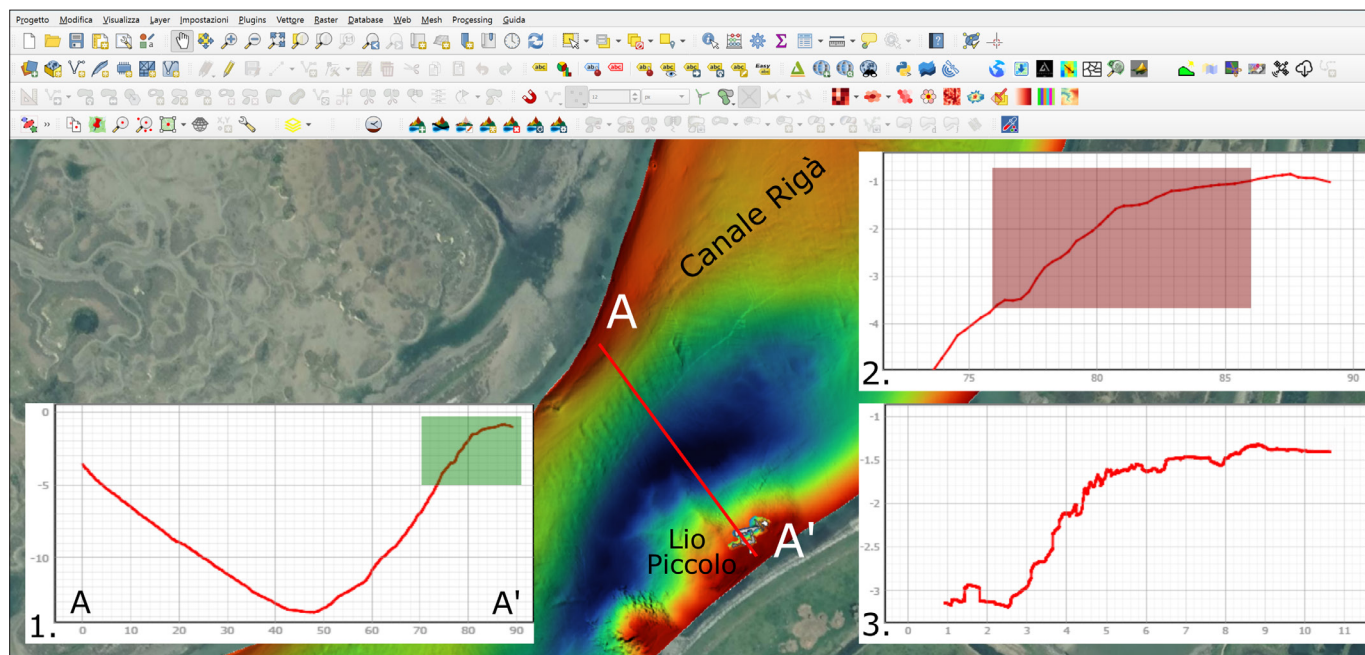


Fig. 7. - Profili del canale Rigà con evidenziate le anomalie corrispondenti al sito archeologico di Lio Piccolo. I profili 1. e 2. Hanno come layer di riferimento il modello batimetrico ottenuto con tecnologia MultiBeam Echosounder. Il profilo 3. Ha come layer di riferimento il DEM ottenuto dal rilievo fotogrammetrico. Elaborazione: C. Lucarini.

visualizzazioni e mappe tridimensionali, utili alla restituzione grafica di quei contesti che risultano difficilmente osservabili nella loro interezza a causa della ridotta visibilità che caratterizza tipicamente l'ambiente lagunare.

Il WebGIS

Considerata la grande utilità dimostrata dalla piattaforma GIS nella gestione e nell'analisi dei dati e le significative potenzialità che questa offre in termini di valorizzazione del patrimonio, è emersa l'esigenza di rendere pubblica una parte dei dati raccolti. Si è deciso per questo di rendere disponibile online una versione semplificata del progetto. La piattaforma "La Laguna nord di Venezia nell'Antichità"²⁴ è stata realizzata attraverso l'applicazione open-access uMap²⁵ di OpenStreetMap. Questa mostra la localizzazione di alcuni contesti archeologici sovrapposta ad una cartografia che ricostruisce, in maniera schematica, il paleopaesaggio attraverso la rete idrografica, stradale, le aree emerse e le linee di costa in età antica, in modo da avere una visione di insieme del paesaggio storico lagunare e delle dinamiche insediative nei periodi romano e alto medievale (fig. 8). L'interfaccia è stata progettata per essere semplice e intuitiva, così da

risultare accessibile a un pubblico ampio, con l'obiettivo di promuovere la conoscenza e la fruizione del vasto patrimonio della laguna. Icone cliccabili, suddivise per tipologie quali insediamenti, siti archeologici, resti di relitti ed elementi monossili, aprono schede informative corredate da immagini e video che permettono una prima conoscenza dei siti che può essere approfondita attraverso la lettura delle pubblicazioni indicate (fig. 9).

Conclusioni

L'integrazione dei dati archeologici della laguna nord di Venezia all'interno di un sistema GIS ha evidenziato come un approccio strutturato alla gestione dell'informazione geospaziale sia essenziale per operare in un ambiente anfibo, dinamico e caratterizzato da forti limitazioni alla visibilità e all'accessibilità. In un contesto come quello lagunare, dove le condizioni naturali e antropiche modificano rapidamente la morfologia e rendono complessa la lettura diretta dei siti, la possibilità di organizzare, confrontare e aggiornare dati eterogenei all'interno di un'unica piattaforma rappresenta un valore aggiunto decisivo.

La combinazione di rilievi topografici, batimetrici e fotogrammetrici ad altissima risoluzione ha permesso di costruire un database coerente e interrogabile, capace di restituire una rappresentazione tridimensionale accurata delle strutture sommerse. Questa integrazione non solo

²⁴ Cfr. https://umap.openstreetmap.fr/it/map/la-laguna-nord-di-veneziana-nellantichita_1229290.

²⁵ Cfr. <https://umap.openstreetmap.fr/it>.

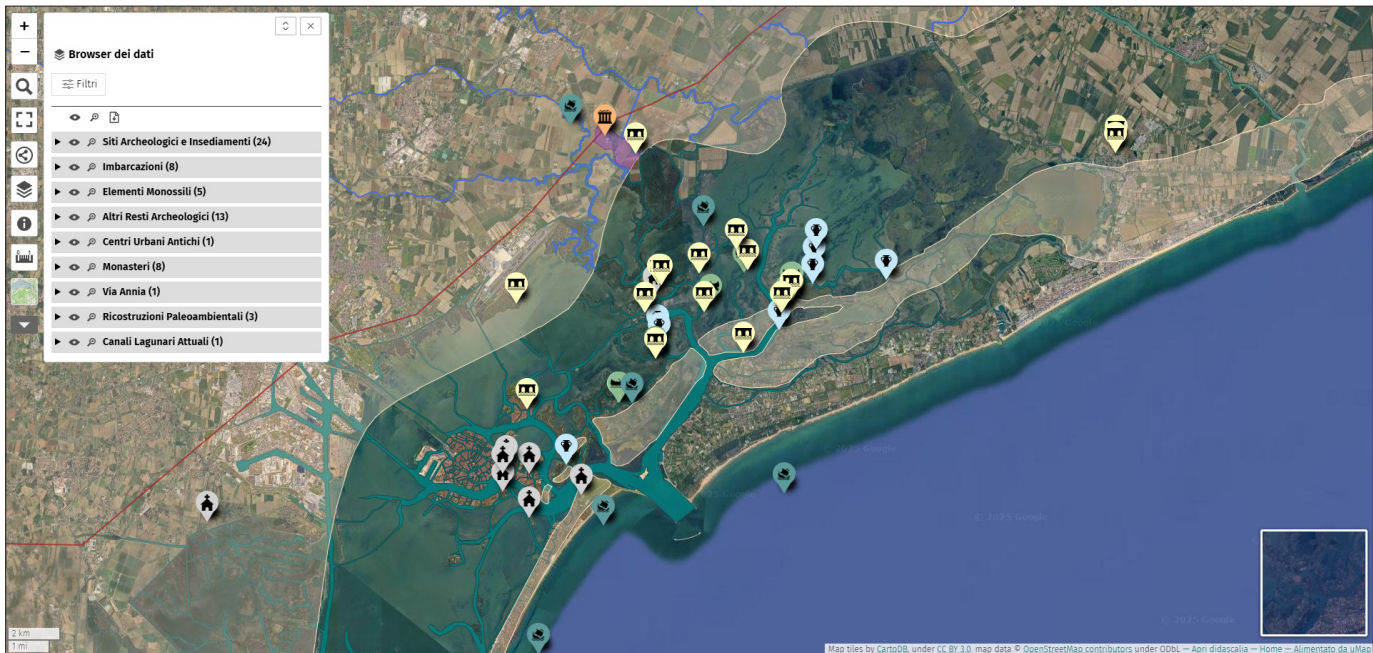


Fig. 8. - Interfaccia generale di apertura del WebGIS “La Laguna nord di Venezia nell’Antichità” (https://umap.openstreetmap.fr/it/map/la-laguna-nord-di-venezianellantichita_1229290).

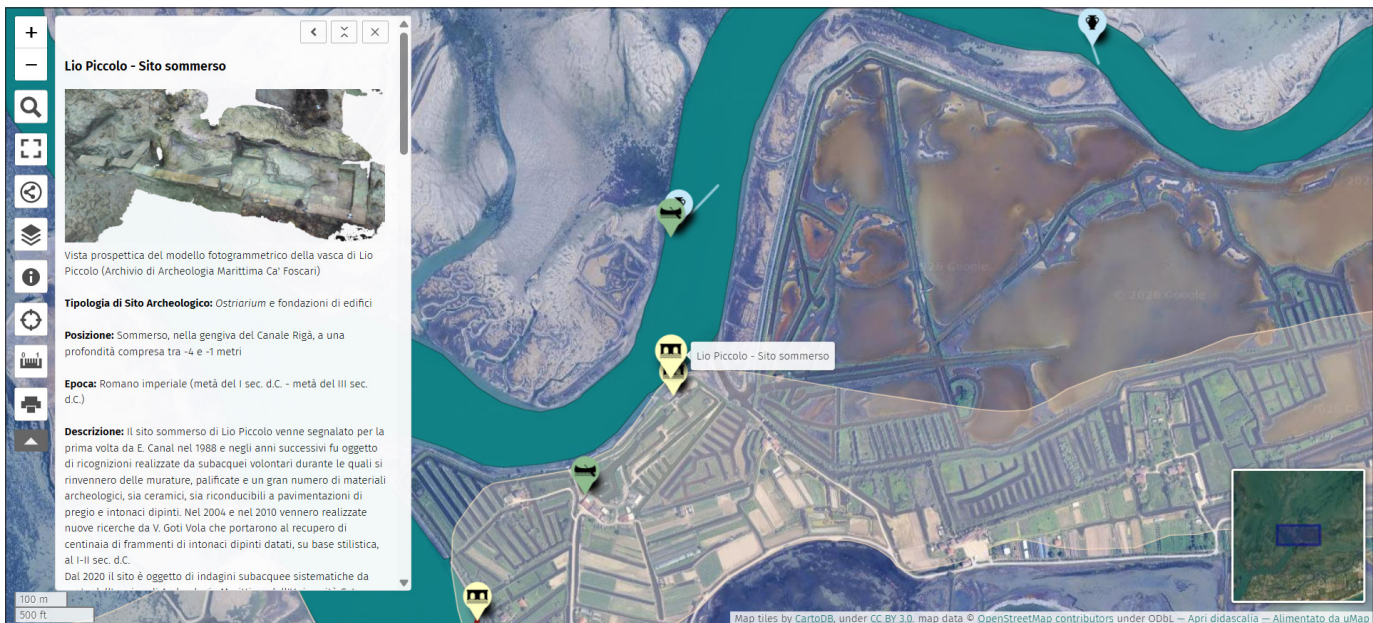


Fig. 9. - Il modulo informativo relativo al sito sommerso di Lio Piccolo all’interno del WebGIS (https://umap.openstreetmap.fr/it/map/la-laguna-nord-di-venezianellantichita_1229290).

migliora la documentazione scientifica, ma consente anche di superare i limiti imposti dalla scarsa visibilità dell’acqua lagunare, rendendo leggibili e comunicabili elementi altrimenti difficilmente osservabili nel loro insieme.

L’adozione di procedure metodologiche uniformi e la continuità delle indagini hanno reso possibile il confronto diacronico tra dati acquisiti in momenti diversi,

trasformando il GIS in un efficace strumento di monitoraggio delle trasformazioni ambientali e delle condizioni di conservazione del patrimonio sommerso. In un sistema così mutevole e sottoposto a notevoli pressioni antropiche, la capacità di seguire l’evoluzione nel tempo dei siti e dell’ambiente nel quale si inseriscono costituisce un supporto imprescindibile per la tutela e la pianificazione degli interventi.

La realizzazione di un progetto aperto, implementabile da più operatori e strutturato su diversi livelli di dettaglio ha inoltre favorito la creazione di un ampio database geospaziale, predisposto all'integrazione di nuove informazioni. Tale impostazione garantisce continuità metodologica, aggiornamento costante e una gestione più efficace delle attività di ricerca e valorizzazione.

Il WebGIS derivato, pur offrendo funzionalità più limitate rispetto alla piattaforma di lavoro, consente di rendere fruibili dati selezionati e visualizzazioni semplificate, facilitando la comprensione dei contesti archeologici sommersi anche da parte di utenti non specialisti. In un ambiente come quello lagunare, dove la percezione diretta del patrimonio è fortemente condizionata, uno strumento di consultazione online costituisce un primo passo fondamentale per la condivisione, la valorizzazione e la sensibilizzazione verso la tutela del patrimonio.

In sintesi, l'esperienza condotta dimostra come l'impiego di un sistema GIS, applicato a un paesaggio complesso come quello lagunare, possa configurarsi come un vero e proprio ambiente integrato di ricerca. La capacità di raccogliere, analizzare e comunicare dati provenienti da fonti diverse permette di approfondire le dinamiche insediative e ambientali e di sviluppare strategie più consapevoli di tutela e conservazione del patrimonio archeologico sommerso.

Abbreviazioni bibliografiche

- Beltrame C., Medas S., Mozzi P. 2023, 'Well-cisterns' of Roman period indicate navigation routes and landscape modifications in the lagoon of Venice and along the north-eastern Adriatic coast, *IJNA*, 52, doi:10.1080/10572414.2023.2182984.
- Beltrame C., Negrelli, C., Mozzi P. 2023, *The urban harbor of Altinum in the lagoon of Venice*. In Pizzo A., Urteaga M. (eds.), *Entre Mares. Emplazamiento, infraestructuras y organización de los puertos romanos*, Roma-Bristol, 669-679.
- Beltrame C., Costa E., Mozzi P., Carrera A., Boaga J. 2025, *Geophysical Prospecting for the Detection of Buried and Shallow Submerged Archaeological Sites of Roman Period in the Lagoon of Venice (Italy)*, *Archaeological Prospection*, 1-15, doi.org/10.1002/arp.70004.
- Beltrame C., Costa E., Mantovani V., Bertini A., Guarneri I., Forti A., Niccolini G., Mozzi P. 2026, *A Roman Vivarium for Oysters in the Northern Lagoon of Venice (Lio Piccolo, Cavallino-Treporti, Italy)*, *The International Journal of Nautical Archaeology*, 55, 1-25.
- Beltrame C. (ed.) 2025, *Un ostrearum vivarium nella laguna di Venezia. Lo scavo archeologico del sito sommerso di età romana di Lio Piccolo (Cavallino/Treporti)*, Bari.
- Benjamin J., McCarthy J., Wiseman C., Bevin S., Kowlessar J., Astrup P., Naumann J., Hacker J. 2021, *Integrating Aerial and Underwater Data for Archaeology: Digital Maritime Landscapes in 3D*, in J.K. McCarthy, J. Benjamin, T. Winton, W. Van Duivenvoorde(eds.), *3D Recording and Interpretation for Maritime Archaeology*, 211-231.
- Bondesan, A., Meneghel, M. (2004), *Geomorfologia della provincia di Venezia*, Padova.
- Boi, V. 2024, *Il Geoportale Nazionale per l'Archeologia. Presentato il 26 gennaio 2024 un bilancio del progetto a sei mesi dalla pubblicazione*, *DigItalia*, 19, 1, 215-219.
- Carayon N., Flaux C., Sanchez C., Piques G., Rovira N., Tillet M., Sanz S., Caverio J., Mathe V. Wicha S., Cervellin P. 2016, *Le vivier augustéen du Lac-de-Capelles à Portla-Nautique (Narbonne)*, *Revue archéologique de Narbonnaise*, 49, 87-97.
- Conolly J., Lake M. 2006, *Geographical Information Systems in archaeology*, Cambridge, doi:10.1017/CBO9780511807459.
- Costa E. 2022, *Survey and photogrammetry in underwater archaeological contexts at low visibility in the Venice lagoon*, *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 24, doi:10.1016/j.daach.2022.e00215.
- Costa, E. 2025, *La metodologia di scavo e le tecniche di rilevamento impiegate*, in C. Beltrame (ed.), *Un ostrearum vivarium nella laguna di Venezia. Lo scavo archeologico del sito sommerso di età romana di Lio Piccolo (Cavallino/Treporti)*, Bari, 21-31.
- Costa E., Lucarini, C. 2024, *Archaeological markers below the lagoon waters*, in L. Bonora, M. Catelani, M. De Vincenzi, G. Matteucci (eds.), *Monitoring of Mediterranean Coastal Areas: Problems and Measurement Techniques*, Firenze, 589-600, doi.org/10.36253/979-12-215-0556-6.51.
- D'Agostino M., Fozzati L. Medas S. 2020, *Lio Piccolo, laguna di Venezia: indagini, rilievi e operazioni di restauro su un pozzo-cisterna di epoca imperiale*, *Archeologia Marittima Mediterranea*, 17, 27-101, doi:10.19272/202004501003.
- Dilaria S., Ricci G., Secco M., Beltrame C., Costa E., Giovannardi T., Bonetto J., Artioli G. 2024, *Vitruvian binders in Venice: First evidence of Phlegraean pozzolans in an underwater Roman construction in the Venice Lagoon*, *PLoS One* 19.11, doi.org/10.1371/journal.pone.0313917.
- Forte M. 2002, *I sistemi informativi geografici in archeologia*, Roma, doi:10.13140/2.1.4243.5207.
- Fozzati, L., Toniolo, A. 1998, *Argini-strade nella laguna di Venezia*, in S. Pesavento Mattioli (ed.), *Bonifiche e drenaggi con anfore in epoca romana: aspetti tecnici e topografici*, Atti del Seminario di studi di Padova (19-20 ottobre 1995), Modena, 197-208.
- Holt P. 2007, *The Use of GIS in Maritime Archaeology - the Catterwater Wreck Case Study*, NAS Annual Conference (2007), Portsmouth.
- Lucarini C. 2025, *L'uso dei sistemi di informazione geografica (GIS) per la gestione dei dati*, in C. Beltrame (ed.), *Un ostrearum vivarium nella laguna di Venezia. Lo scavo archeologico del sito sommerso di età romana di Lio Piccolo (Cavallino/Treporti)*, Bari.
- Primon S., Mozzi P. 2023, *Antichi paesaggi a Jesolo: trasformazioni ambientali alle foci del Piave dall'età romana al Medioevo*, Firenze.
- Wheatley D., Gillings M. 2013, *Spatial technology and archaeology: the archaeological applications of GIS*, London.