



Architetture del mare. Un metodo per lo studio delle tonnare

Leopoldo Repola

Abstract

Il tema delle tonnare si presta a una molteplicità di approcci e permette lo sviluppo di differenti percorsi di ricerca, tutti però integrati a formare un unico ed esteso corpo di studi, intimamente legato ai luoghi di impianto degli stabilimenti. Se da un lato infatti la pesca dei tonni ha registrato le trasformazioni della gestione del territorio e l'evolversi dei contesti socio-economici e dei quadri giuridico-amministrativi nei vari periodi storici, dall'altro ha tracciato una continua linea evolutiva della civiltà del mare in un simbiotico rapporto tra uomo e natura. Inoltre il fatto che tale tipologia di pesca sia stata effettuata tra la costa e il mare ha permesso che molte delle tracce prodotte dagli uomini siano ancora leggibili sui fondali marini in stretta simbiosi con gli impianti di lavorazione su terra. Tali aspetti hanno suggerito un nuovo approccio allo studio dei segni, degli strumenti e dei contesti riferiti alla mattanza, fortemente interdisciplinare e supportato da un uso attivo delle tecnologie digitali per la generazione e la gestione delle informazioni.

Lo studio attualmente in corso lungo le coste della Sicilia sud-orientale, nato dalla collaborazione tra l'Università Federico II, la Stanford University, la Brock University e la Soprintendenza del Mare della Regione Sicilia, intende sviluppare una metodologia di ricerca focalizzata sull'analisi degli spazi, sia architettonici che naturali, in rapporto ai processi d'uso che si sono succeduti nel tempo.

Parole chiave

Tonnare, rilievo digitale, rappresentazione, archeologia subacquea, architettura



Tonnara di Capo Passero.

Premesse

Le tonnare sono organismi architettonici complessi in quanto seguono una propria vita nel tempo, essendo stati edificati e poi trasformati per il variare delle tecniche di lavorazione del pescato, e nei luoghi, avendo essi un rapporto esclusivo con la costa su cui sorgono: per essere dinanzi a una esatta porzione di mare e per avere alle spalle la roccia giusta da cavare. Queste architetture tagliano porzioni di spazio che raccordano, quasi senza limite, il fondo del mare e la terra in una continua transizione. In questo luogo si comprende l'intima relazione tra natura e artificio, tra funzioni e riti, tra i segni erosi di un'architettura sui bordi del mare ma che prosegue in esso per mezzo di reti e ancore, così compresa tra i fondali e il limite delle onde. Questi edifici, di pietra sulla terra, celano un'altra loro parte, temporanea, effimera, e pure imprescindibile per la loro stessa funzione: le 'madraghe', le 'camere' fatte di reti, per la cattura dei pesci [Repola 2020]. Esse, le tonnare di acqua e di terra, costituiscono 'un solo' edificio, hanno un unico nome, come un organismo anfibio devono rispettare le leggi del mare e della pietra. La tonnara doveva sorgere in un luogo proteso nel mare, per intercettare le correnti e le rotte dei tonni, ma in prossimità di una baia per poter ricoverare le barche, della roccia da cui estrarre i blocchi per tenere le reti sott'acqua e per alzare i muri fuori, vicino alle lagune per raccogliere il sale dal mare, accanto a degli scogli per legare la corda del 'pedale', dinanzi a un fondale del mare senza rocce per adagiare l'"isola" sulla sabbia e farla gonfiare al passare delle correnti. Il progetto di ricerca intende verificare i caratteri di tali complesse architetture, seguendone le ricorrenze e le modificazioni al succedersi delle civiltà, che in questo angolo della Sicilia si sono sovrapposte. Lungo la linea di costa compresa tra Punta delle Formiche nel comune di Pachino e la Riserva di Vendicari nel comune di Noto si susseguono cinque luoghi, che conservano con più o meno chiarezza i segni di strutture usate per la pesca e la lavorazione del tonno. Cinque luoghi in cui l'architettura, l'archeologia, la natura si fondono in un paesaggio definito dalla coesistenza di eventi, storie, persistenze e profonde trasformazioni, in cui si susseguono la tonnara di Vendicari (fig. 1) usata in passato come porto-caricatoio e divenuta ora parte della Riserva Naturale; la tonnara di Marzamemi [Fazio 2018] in parte ancora in disuso e in parte ristrutturata per usi commerciali e turistici; il piccolo promontorio di Morghella che verosimilmente ospitava un'antica tonnara successivamente sostituita da quella di Capo Passero [Capodicasa 2016], i cui edifici si conservano senza alcun uso sull'isola e sulla terraferma; Punta delle Formiche dove si leggono con chiarezza segni della presenza di un antico impianto di lavorazione del pescato.

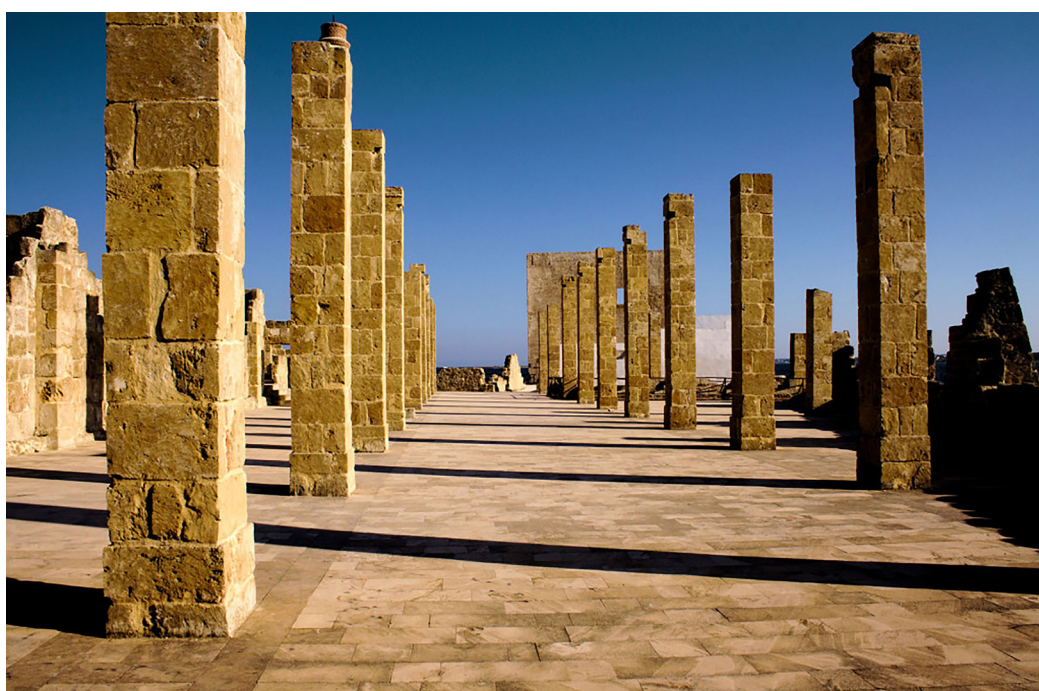


Fig. 1. Tonnara di Vendicari.

Una metodologia per lo studio delle tonnare della Sicilia sud-orientale

Per la natura di tali luoghi è stata sviluppata una metodologia di ricerca inedita, fondata sullo studio dello spazio a partire da procedure di digitalizzazione tridimensionale dei fondali marini, in corrispondenza dei punti di impianto nelle varie epoche delle 'madraghe', dei contesti orografici, delle strutture architettoniche riferibili alla pesca dei tonni. Attraverso l'uso combinato di diverse tecnologie e procedure di acquisizione 3D, quali laser scanner a differenza di fase Faro Focus S70, drone DJI Phantom 4 Advance, GoPro Hero 10, Nikon D70, il sistema prototipale ISU3D [Repola 2018], sono stati prodotti e referenziati modelli numerici continui di porzioni di costa, di strutture architettoniche e aree sommerse. Tali attività, ancora in corso, hanno riguardato l'area dell'antico porto di Vendicari [1], dove sono stati effettuati, nel 2022, studi e procedure di digitalizzazione 3D di un'area di circa 400 mq all'interno della quale appaiono evidenti due ammassi di ciottoli di grandi dimensioni (molto probabilmente delle zavorre) [2] richiamanti per forma le geometrie di due scafi (fig. 2).

Nel 2019 è stato effettuato il rilievo 3D dell'intera tonnara di Marzamemi e sono state avviate attività di *survey* dei fondali a largo del porto, in cui sono stati rinvenuti e rilevati, ad una profondità compresa tra i 9 e i 16 metri, alcuni blocchi di pietra di dimensioni 120x70x50 centimetri, probabilmente disposti in sequenza e, poco distanti, due grandi ancore, che lascerebbero ipotizzare le geometrie in pianta di una madraga [3].

Ancora nel 2020 sono state effettuate ricognizioni in acqua a largo dell'isola di Capo Passero, a una distanza di circa 2 miglia dalla costa, a una profondità di 22-35, che hanno permesso il rinvenimento di un'ancora di grandi dimensioni e di vari elementi lapidei (fig. 3).



Fig. 2. Cumulo di zavorre rinvenuto a Vendicari.



Fig. 3. Un blocco e un'ancora in posizione della tonnara a largo dell'isola di Capo Passero.

Future attività di indagine strumentale permetteranno di localizzare con esattezza il luogo di allestimento della 'madraga' e di sviluppo del 'pedale', avendo già individuato sulle rocce del versante est dell'isola il suo punto di aggancio.

Alle indagini riguardanti i fondali hanno fatto seguito attività di digitalizzazione 3D, attraverso immagini acquisite da drone e processate mediante un uso combinato dei software Metashape e 3DF Zephyr, dell'intera Isola di Capo Passero e di una limitata porzione di costa a sud della spiaggia di Scalo Mandrie di Portopalo. Gli edifici della tonnara ancora presenti sull'isola e le antiche barche usate per la mattanza, due 'muciare' e uno 'sciare', sono stati rilevati con risoluzione millimetrica mediante laser scanner Faro, i modelli sono stati allineati attraverso punti omologhi al modello dell'isola, e quindi inseriti nel più esteso modello territoriale georiferito. I rilievi dell'area sono proseguiti nel 2022 con la digitalizzazione dell'intera tonnara sulla terraferma mediante fotogrammetria da drone (fig. 4), per le parti esterne degli edifici e le aree in stato di rudere, e laser scanner Faro per gli ambienti interni. I modelli processati sono stati allineati mediante *scalebar* e inseriti nel modello territoriale georiferito [4] (fig. 5).

Nel corso della campagna di ricerca del 2021 sono stati eseguiti rilievi fotogrammetrici mediante drone del sistema delle saline e delle cave/vasche in località Morghella al fine di verificare i rapporti funzionali tra le saline stesse e il possibile impianto di lavorazione del pescato, verosimilmente localizzato sulla costa (fig. 6).



Fig. 4. Tonnara di Capo Passero ripresa da drone.



Fig. 5. Modelli in nuvole di punti degli edifici della tonnara di Capo Passero.

In corrispondenza delle saline, infatti, un basso promontorio, alto circa 6 metri, si protende in mare per ca. 130 metri rispetto alla baia di Morghella, lungo il lato sud-est sono evidenti gli imbocchi di due canali (verosimilmente quello sommerso, più a sud, di epoca più antica), una latomia e degli invasi di forma rettangolare degradanti in acqua (fig. 7).

Al fine di verificare l'ipotesi della presenza in questo punto di una tonnara precedente il settecentesco stabilimento di Capo Passero, sono in programma delle ulteriori procedure di acquisizione di dettaglio delle rocce prospicienti il mare, mediante scanner a tempo di volo, e accurate ricognizioni in acqua integrate da rilievi *multibeam*.

In maniera combinata a tale studio, per meglio definire eventuali tipologie di antichi impianti di lavorazione del pescato e ricorrenze tecnico-funzionali nei processi di cava, di costruzione e di produzione, è stato effettuato un rilievo fotogrammetrico da drone del sito di Punta delle Formiche, dove si riconoscono con chiarezza numerosi elementi riconducibili a uno stabilimento per la lavorazione del pesce di epoca romana [Felici 2012]. Il modello numerico generato è stato, infatti, gestito e segmentato in modo da individuare le aree di cava; le vasche; le serie ordinate di fori per l'alloggiamento di pali del diametro di circa 20-30 cm; le diverse tipologie di bitte; l'area di attracco delle imbarcazioni; i due fori del diametro di circa cm 85 e 65 e profondi rispettivamente circa 90 e 70 cm, distanti cm 35, messi in comunicazione da

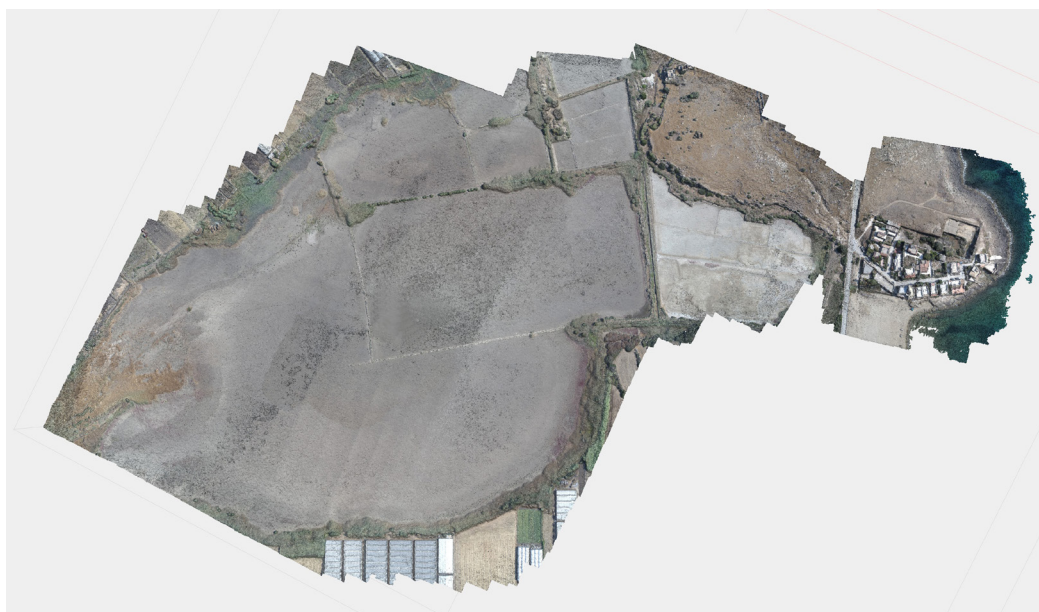


Fig. 6. Modello numerico poligonale delle saline (a sinistra) e del promontorio di Morghella (a destra).

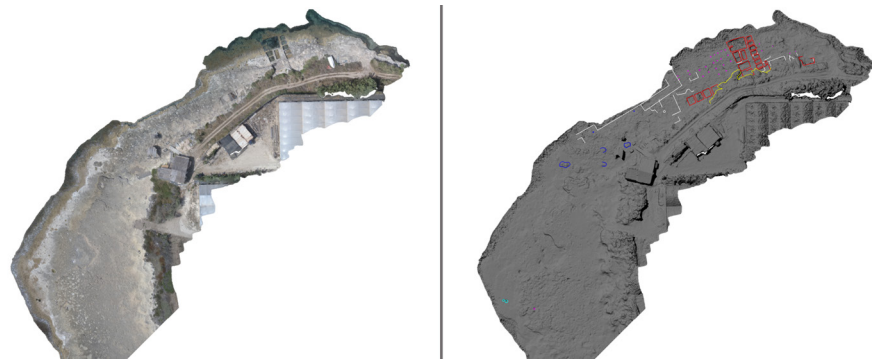


Fig. 7. Ortofoto con caratterizzazione delle aree del promontorio di Morghella. 1, latomia; 2, canale più antico; 3, canale più recente; 4, cava recente.

un taglio largo cm 15 ad una profondità di 35 cm, verosimilmente destinati ad ospitare due alti pali con funzione di specola per l'avvistamento dei tonni (fig. 8).

Le copie digitali di tali elementi e le loro relazioni spaziali hanno composto un abaco di elementi tipologici che saranno posti alla base delle procedure di analisi spaziale sui modelli di Morghella, per il riconoscimento e la mappatura di elementi simili non ora facilmente individuabili per la forte trasformazione dei luoghi. Inoltre entrambi i modelli di Morghella e di Punta delle Formiche, saranno integrati con i rilievi subacquei prodotti con il sistema ISU3D immediatamente a ridosso della linea di costa dei due siti, in tal modo da generare dei modelli continui delle parti emerse e sommerse, per restituire in maniera più possibile completa l'intero sistema di vasche e latomie (alcune delle quali oramai sommerse), per studiare i fenomeni di variazione delle quote relative del mare e della costa, per verificare eventuali presenze in acqua di elementi a supporto della pesca mediante sistemi di reti fisse.

Fig. 8. Ortofoto texturizzata e in toni di grigio da modello numerico con l'individuazione delle tracce incise nella roccia. Vasche (rosso), fori (magenta), bitte (blu), geometrie (bianco), specola (celeste), roccia (giallo).



Sviluppo di modelli per la gestione e la visualizzazione dei dati geo-spaziali

Le attuali fasi della ricerca sono focalizzate su due obiettivi fortemente correlati, attraverso cui verificare le potenzialità di una transizione topologica dei dati digitali a supporto di due strategie di visualizzazione dei modelli e delle informazioni correlate: geometrico-espressiva e numerico-interpretativa.

La prima strategia ha inteso ragionare sul valore della forma all'interno dei processi di analisi, rappresentazione e comunicazione dei beni culturali. È stato infatti progettato un allestimento temporaneo composto da quattro barche in legno, ridisegnate e predisposte per ospitare dispositivi multimediali e grafiche esplicative riferite ai diversi ambiti delle ricerche effettuate: le prime navigazioni, le rotte bizantine, la pesca dei tonni, le migrazioni [Repola 2020; Leidwanger 2021]. Nel caso delle imbarcazioni antiche e delle navi bizantine sono stati utilizzati vecchi rilievi e disegni tecnici, i quali, vettorializzati, sono stati interpolati in 3 dimensioni e usati come generatrici dei modelli (fig. 9).

Nel caso delle imbarcazioni usate per la mattanza e per la tratta dei migranti sono state effettuati rilievi tridimensionali con strumentazione laser e sistemi fotogrammetrici, da cui sono state estratte le geometrie alla base della modellazione NURBS (fig. 10).

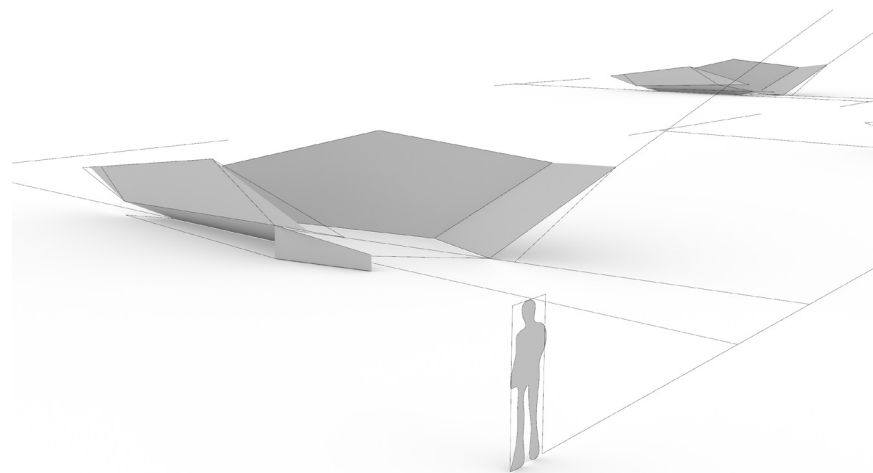


Fig. 9. Modelli di studio.



Fig. 10. Modello in punti dello 'sciara' in esposizione sulla Piazza Terrazza dei Due Mari a Portopalo di Capo Passero.

A partire da tali dati 3D sono stati sviluppati i modelli parametrici di progetto e gli elaborati esecutivi per le fasi di taglio del legno e di allestimento dei dispositivi tecnologici per la rappresentazione dei contenuti multimediali associati all'*exhibit*. Riguardo gli 'scieri' sono state conservate le dimensioni e le proporzioni reali dello scafo, mentre la suddivisione degli spazi interni dell'imbarcazione, definiti in funzione delle operazioni da compiere a bordo per la cattura dei tonni, sono stati usati per definire i volumi della nostra barca finalizzati all'installazione del monitor, degli *speaker* e del lettore multimediale (fig. 11).

I contenuti digitali riprodotti durante l'*exhibit* hanno restituito i momenti della mattanza, i canti, i gesti dei pescatori, gli 'scieri', le 'muciare', il mare increspato dai tonni oramai costretti dalle reti, gli scivoli e i comignoli della tonnara, all'interno di uno spazio effimero estratto dalle forme iconiche di imbarcazioni che richiamo il paesaggio culturale di questi luoghi, in cui il mare e la terra si uniscono negli strumenti del lavoro (fig. 12).



Fig. 11. Installazione nella piazza del Borgo di Marzamemi.



Fig. 12. Fotogramma del video dell'*exhibit*.

La seconda strategia di rappresentazione dei dati intende verificare le potenzialità del digitale attraverso la realizzazione di un evoluto sistema di gestione dei dati in un ambiente di simulazione tridimensionale, in cui far confluire dati multilivello e modelli numerici interoperabili. L'intento è quello di realizzare uno strumento di interpolazione di dati provenienti da diversi settori scientifici disciplinari, al fine di graficizzare ed eseguire schemi complessi di interrelazione delle informazioni.

L'architettura di questa piattaforma GIS consentirà l'uso di diagrammi di scambio tra dati testuali, immagini e modelli, verso ambienti di visualizzazione SIM (*Spatial Information Modeling*) [Repola 2018] a supporto della segmentazione e l'analisi dei dati geo-spaziali. L'interpolazione

di tali dati, nel caso specifico dello studio delle tonnare nell'area sud-orientale della Sicilia, supporterà fortemente la verifica della progressiva trasformazione delle tonnare in acqua e delle strutture su terra. Il rilievo degli edifici e delle tracce di antichi impianti sulle rocce in prossimità del mare, la digitalizzazione 3D delle sequenze di blocchi e ancore ancora disposti sui fondali marini, la loro datazione mediante indagini petrografiche e biologiche, lo studio delle trasformazioni geologiche della costa (anche per effetto di eventi calamitosi, con particolare riferimento ai sismi), della variazione della quota del mare con la relativa trasformazione dei fondali, l'evoluzione delle tecniche di pesca e di conservazione del pescato (con il relativo mutamento dei rapporti socio-economici all'interno delle comunità), comporranno dei *layer* informativi interrelati mediante strumenti del tipo ModelBuilder di ArcGIS PRO. Questi tools di programmazione visuale per la costruzione di flussi di lavoro di *geoprocessing* permetteranno di automatizzare e documentare i processi di analisi spaziale e di gestione dei dati, in tal modo le sequenze di interrelazione dei dati verificheranno la coincidenza di condizioni di contesto, storico-culturali e tecnologiche, che hanno influenzato nel tempo le forme, le dimensioni e la localizzazione lungo il mare degli impianti delle tonnare.

Note

[1] Le ricognizioni archeologiche subacquee sono state condotte dal team dai ricercatori della Stanford University e della Brock University.

[2] I ricercatori del DiSTAR, coordinati dal prof. Vincenzo Morra, hanno effettuato analisi petrografiche sui campioni prelevati per comprendere la tipologia e la provenienza delle rocce.

[3] Le ricognizioni sono state effettuate tra i mesi di giugno e luglio del 2021 dalla divisione archeologia di El Cachalote di Matteo Azzaro.

[4] Tali attività sono state rese possibile grazie alla cortese disponibilità della proprietà nella persona di Francesco Bruno di Belmonte.

Riferimenti Bibliografici

Bernal-Casasola D., Malfitana D., Mazzaglia A., Díaz J.J. (2021). Le cetariae ellenistiche e romane di Portopalo (Sicilia). Primi risultati da ricerche interdisciplinari. In *HEROM Supplement 1*.

Bevilacqua V. et al. (2017). Photogrammetric mesh and 3D points cloud reconstruction: a generic algorithm optimization procedure. In F. Rossi, S. Piotta, S. Concilio (a cura di). *Advances in Artificial Life, Evolutionary Computation, and Systems Chemistry. WIVACE 2016. Communications in Computer and Information Science*, vol. 708, pp. 65-76. Cham: Springer.

Bolognesi C., Garagnani S. (2018). From a point cloud survey to a mass 3D modelling: Renaissance HBIM in Poggio a Caiano. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2, pp. 117-123.

Capodicasa A. (2016). *Storia antica di Portopalo*. Pachino: Associazione studi storici e culturali Ed.

Castro F. (2018). *Pescatori e barche di Sicilia. Organizzazione, tecniche, linguaggio*. Palermo: Centro di studi filologici e linguistici siciliani.

Chiabrando F., Lo Turco M., Santagati C. (2017). Digital Invasion: from Point Clouds to Historical Building Object Modeling (H-BOM) of a Unesco WHL Site. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W3, pp. 171-178.

Consolo V. (1987). *La pesca del tonno in Sicilia*. Palermo: Sellerio.

Conti E. (1974). Le decime regie della chiesa siracusana contenute nel diploma angioino del 1275. In *Archivio Storico Siracusano*.

Di Natale A. (2012). An iconography of tuna traps. Essential information for the understanding of the technological evolution of this ancient fishery. In *Collective Volume of Scientific Papers. ICCAT*, vol. 67(1), pp. 33-74.

Fazio F. (2018). Il borgo e la tonnara di Marzamemi (1626-1951). In *Agorà*, pp. 4-11.

Felici E. (2012). Un impianto con thynnoskopèion per la pesca e la salagione sulla costa meridionale della Sicilia. In *Topografia Antica*, pp. 107-142.

Herráez J. et al. (2016). 3D modeling by means of videogrammetry and laser scanners for reverse engineering. In *Measurement*, vol. 87, pp. 216-227.

La Rocca R. (2006). *Le Cetarie: Insediamenti economico/aggregativi antesignani delle moderne tonnare. The "Cetarie": combined economic settlements standard-bearers of modern tuna plants (tonnare)*. Roma: BAR International Series 2235.

- Leidwanger J., Greene E.S., Repola L., Sgroi F. (2021). *The Marzamemi Maritime Heritage Project: From the Seabed to the Museum and Beyond*. Oxford: Oxbow.
- Lentini R. (2018). *Profilo storico delle tonnare siciliane in età moderna. La pesca in Campania e Sicilia*. Ogliaastro Cilento: Licosia.
- Lippi Guidi A. (1993). *Tonnare. Tonnaroti e malfaraggi della Sicilia sudorientale*. Siracusa: Zangara Stampa.
- Li Vigni V.P. (2003). *La pesca e la conservazione del tonno. organizzazione, strumenti, tecniche e funzioni. Il Lavoro del Mare, lo Stabilimento Florio*. Palermo: Regione Siciliana Ass. Reg. Beni Culturali.
- Li Vigni V.P., Tusa S. (2011). *Dal Garum alle tonnare. Il rapporto tra la lavorazione del pescato nell'antichità e le tonnare moderne in Sicilia e nel Mediterraneo*. Roma: BAR International Series 2235.
- Lo Curzio M. (1992). *L'architettura delle tonnare*. Messina: EDAS.
- Longo S.B., Clark B. (2012). The Commodification of Bluefin Tuna: The Historical Transformation of the Mediterranean Fishery. In *Journal of Agrarian Change* vol. 12. (2-3), pp. 204–226.
- Malandrino G. (2003). *Vendicari la tonnara dimenticata*. Noto: Ente Fauna Siciliana.
- Pepe C., Repola L. (2020). *Le tonnare da 'sistema produttivo' a 'bene culturale'*. Roma: Il Cigno GG.
- Purpura G. (1982). Pesca e stabilimenti antichi per la lavorazione del pesce in Sicilia. I San Vito lo Capo (Trapani) - Cala Minnola (Levanzo). In *Sicilia Archeologica*, pp. 45-60.
- Repola L. (2018). *Spazi coesistenti* [Coexisting spaces. Milano: Gangemi Editore International.
- Repola L. (2020). *Spazi fisici e spazi virtuali per la raffigurazione di luoghi estesi. Per una chiesa affondata nel mare*. Catanzaro: Rubbettino.
- Repola L., Leidwanger J., Greene E.S. (2020). Digital Models for the Analysis and Enhancement of Hybrid Spaces: Architecture of the Mattanza. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIV-M, pp. 443-450.
- Repola L., Memmolo R., Signoretti D. (2015). Instruments and methodologies for the underwater tridimensional digitization and data musealization. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W5, pp. 183-190.
- Repola L., Scotto di Carlo N., Signoretti D., Leidwanger J. (2018). Virtual simulation of a late antique shipwreck at Marzamemi, Sicily: Integrated processes for 3D documentation, analysis and representation of underwater archaeological data. In *Archaeological Prospection*, vol. 25, pp. 99-109.
- Rossi M. (1984). *Geometria descrittiva*. Roma: Edizioni Kappa.
- Sarà R. (1998). *Dal mito all'aliscafo: storie di tonni e di tonnare: migrazioni e biologia, leggende, tradizioni e socialità*. Palermo: Arti grafiche siciliane.
- Serra G., Serra M. (2012). Capo Granitola. Un luogo sospeso tra lo spazio e il tempo. <www.capogranitola.it> (consultato il 20 aprile 2023)
- Sposito C. (2007). *L'architettura delle tonnare. Le tonnare, storia e architettura*. Palermo: Dario Flaccovio.
- Terranova F. (1987). La città disegnata nel mare. In V. Consolo (a cura di). *La pesca del tonno in Sicilia*. Palermo: Sellerio.
- Tusa S., Li Vigni V.P. (2003). *Il lavoro del mare. Lo stabilimento Florio di Favignana*. Palermo: Regione Siciliana.

Autore

Leopoldo Repola, Università degli Studi di Napoli Federico II, leopoldo.repola@unina.it

Per citare questo capitolo: Repola Leopoldo (2023). Architetture del mare. Un metodo per lo studio delle tonnare/Architectures of the Sea. A Method for the Study of Tonnare. In Cannella M., Garozzo A., Morena S. (a cura di). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 3065-3082.



Architectures of the Sea. A Method for the Study of Tonnare

Leopoldo Repola

Abstract

The theme of *tonnare* lends itself to a multiplicity of approaches and allows for the development of different research paths, all however integrated to form a single and extensive body of studies, intimately linked to the places where the factories were built. If, on the one hand, tuna fishing has recorded the transformations of land management and the evolution of socio-economic contexts and legal-administrative frameworks in the various historical periods, on the other, it has traced a continuous line of evolution of the civilization of the sea in a symbiotic relationship between man and nature. Moreover, the fact that this type of fishing was carried out between the coast and the sea has meant that many of the traces produced by men are still legible on the seabed in close symbiosis with the processing facilities on land. These aspects have suggested a new approach to the study of the signs, tools and contexts related to the *mattanza*, strongly interdisciplinary and supported by an active use of digital technologies for the production and management of information. The study currently underway along the coasts of south-eastern Sicily, born from the collaboration between the Federico II University, Stanford University, Brock University and the Soprintendenza del Mare della Regione Sicilia, intends to develop a research methodology focused on the analysis of spaces, both architectural and natural, in relation to the processes of use that have occurred over time.

Keywords

Tonnare, Digital Survey, Representation, Underwater Archaeology, Architecture



Tonnara of Capo Passero.

Introduction

Tonnare are complex architectural organisms insofar as they follow their own life over time, having been built and then transformed as the techniques for processing the catch changed, and in places, having an exclusive relationship with the coast on which they stand: to be in front of an exact portion of the sea and to have a good rock to be quarried behind them. These architectures cut portions of space that connect, almost without limit, the seabed and the land in a continuous transition. Here we understand the intimate relationship between nature and artifice, between functions and rituals, between the eroded signs of an architecture on the edge of the sea but continuing into it by means of nets and anchors, so included between the seabed and the limit of the waves. These buildings, made of stone on land, conceal another part of them, temporary, ephemeral, and yet essential to their very function: the '*madraghe*', the 'chambers' made by nets, for catching fish [Repola 2020]. They, *tonnare* of water and land, constitute 'a single' building, they have a single name, like an amphibious organism they must respect the laws of sea and stone. *Tonnara* had to be built in a place jutting out to sea, to intercept the currents and the tuna routes, but near a bay to shelter the boats, near the rock from which to extract the blocks to hold the nets underwater and to build the walls outside, near lagoons to collect the salt from the sea, near rocks to tie the 'pedal' rope, in front of a sea bed without rocks to lay the '*isula*' on the sand and make it swell as the currents pass. The research project intends to verify the characteristics of these complex architectures, tracing their recurrence and modifications to the succession of civilizations that have overlapped in this corner of Sicily. Along the coastline between Punta delle Formiche in the municipality of Pachino and the Vendicari Reserve in the municipality of Noto, five places follow one another, preserving with more or less clarity the signs of structures used for fishing and tuna processing. Five places in which architecture, archaeology and nature come together in a landscape defined by the coexistence of events, histories, persistence and profound transformations, in which we find the *tonnara* of Vendicari (fig. 1) used in the past as a harbor-dockyard and now part of the Nature Reserve; the *tonnara* of Marzamemi [Fazio 2018] partly still in disuse and partly renovated for commercial and tourist uses; the small promontory of Morghella, which probably housed an ancient *tonnara* later replaced by that of Capo Passero [Capodicasa 2016], whose buildings are preserved without any use on the island and on the mainland; Punta delle Formiche where signs of the presence of an ancient fish processing plant are clearly visible.

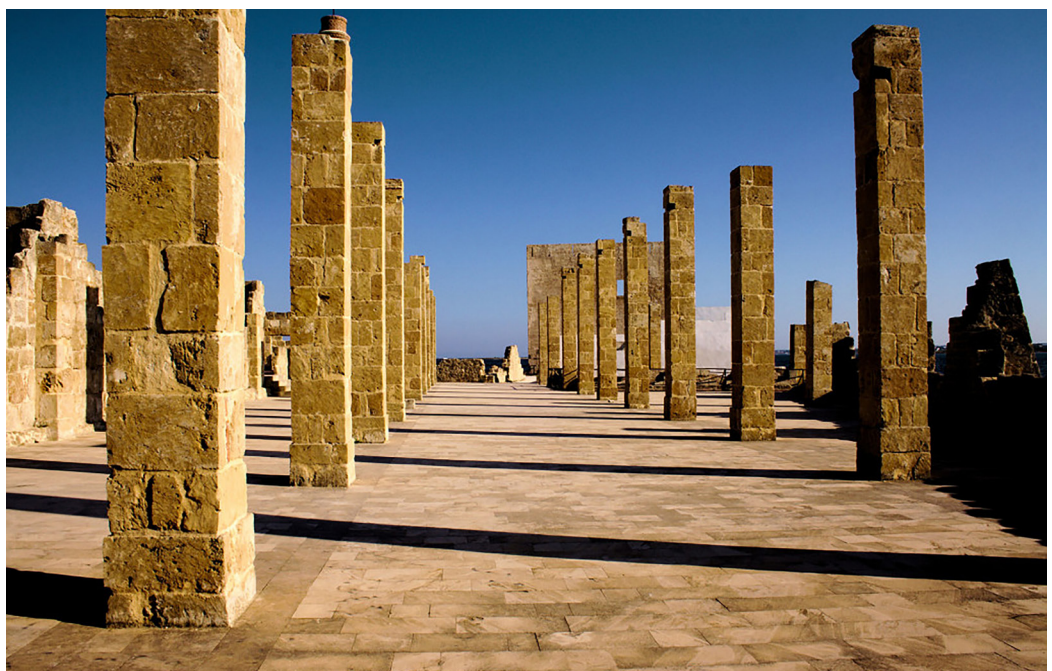


Fig. 1. Tonnara of Vendicari.

A methodology for the study of *tonnare* in south-eastern Sicily

Due to the nature of these places, an unprecedented research methodology has been developed, based on the study of space starting from three-dimensional digitization procedures of the seabed, in correspondence with the points of implantation in the various epochs of the '*madraghe*', the orographic contexts, the architectural structures referable to tuna fishing. Through the combined use of various 3D acquisition technologies and procedures, such as the phase shift laser scanner Faro Focus S70, DJI Phantom 4 Advance drone, GoPro Hero 10, Nikon D70, and the ISU3D prototype system [Repola 2018], continuous numerical models of portions of the coastline, architectural structures and submerged areas have been produced and referenced. These activities, still ongoing, have concerned the area of the ancient port of Vendicari [1], where studies and 3D digitization procedures have been carried out (in 2022) on an area of approximately 400 square meters within which two large masses of pebbles (most probably ballasts) [2] are evident, recalling in shape the geometries of two hulls (fig. 2). In 2019, a 3D survey of the whole *tonnara* of Marzamemi was carried out and survey activities of the seabed off the harbor were begun, in which a number of stone blocks measuring 120x70x50 centimeters were found and surveyed at a depth of between 9 and 16 meters, probably arranged in sequence and, not far away, two large anchors, which would suggest the geometrical layout of a '*madraga*' [3].

Again in 2020, underwater surveys were carried out off the island of Capo Passero, at a distance of about 2 miles from the coast, at a depth of 22-35, which allowed the discovery of a large anchor and various stone elements (fig. 3).



Fig. 2. Ballast found in Vendicari.



Fig. 3. A block and an anchor from the *tonnara* off the island of Capo Passero.

Future instrumental investigation activities will make it possible to locate the exact site of the '*madraga*' and the development of the '*pedale*', having already identified its attachment point on the rocks on the east side of the island.

The surveys of the seabed were followed by 3D digitization activities, through images acquired by drone and processed using Metashape and 3DF Zephyr software, of the entire island of Capo Passero and a limited portion of coastline south of the beach of Scalo Mandrie di Portopalo. The *tonnara* buildings still present on the island and the ancient boats used for the *mattanza*, two '*muciar'e*' and one '*sciere*', were surveyed with millimeter resolution using Faro laser scanners, the models were aligned through points homologous to the island model, and then imported into the larger georeferenced spatial model.

The surveys of the area continued in 2022 with the digitization of the entire *tonnara* on land using drone photogrammetry (fig. 4), for the exterior parts of the buildings and areas in a state of ruin, and Faro laser scanning for the interiors. The processed models were aligned using scalebars and imported into the georeferenced spatial model [4] (fig. 5).

During the 2021 research mission, photogrammetric drone surveys were carried out of the saltworks and tank/quarries system in the Morghella area in order to verify the functional relationships between the saltworks themselves and the possible fish processing plant, probably located on the coast (fig. 6).



Fig. 4. Tonnara di Capo Passero shot by drone.



Fig. 5. Point cloud models of the buildings of the Capo Passero tonnara.

At the saltworks, in fact, a low promontory, about 6 meters high, juts out into the sea for about 130 meters from the bay of Morghella, along the south-eastern side, the entrances of two canals (probably the submerged one, further south, dating back to a more ancient period), a *latomia* and rectangular-shaped basins sloping into the water are evident (fig. 7). In order to verify the hypothesis of the presence in this area of a *tonnara* predating the eighteenth-century Capo Passero plant, further detailed acquisition procedures of the rocks facing the sea, using time-of-flight scanners, and accurate in-water reconnaissance supplemented by multibeam surveys are planned. Combined with this study, in order to better define any types of ancient fish processing plants and technical-functional recurrences in the quarrying, construction and production processes, a photogrammetric survey by drone of the Punta delle Formiche site was carried out, where numerous elements attributable to a Roman fish processing plant are clearly recognizable [Felici 2012]. The numerical model generated was, in fact, managed and segmented in order to identify the quarry areas; the basins; the ordered series of holes for housing poles with a diameter of approximately 20-30 cm; the different types of bollards; the docking area for boats; two holes with a diameter of about 85 and 65 cm and respectively about 90 and 70 cm deep, 35 cm apart, connected by a 15 cm wide and 35 cm deep cut, probably intended to house two tall poles used as a tuna sighting post (fig. 8).

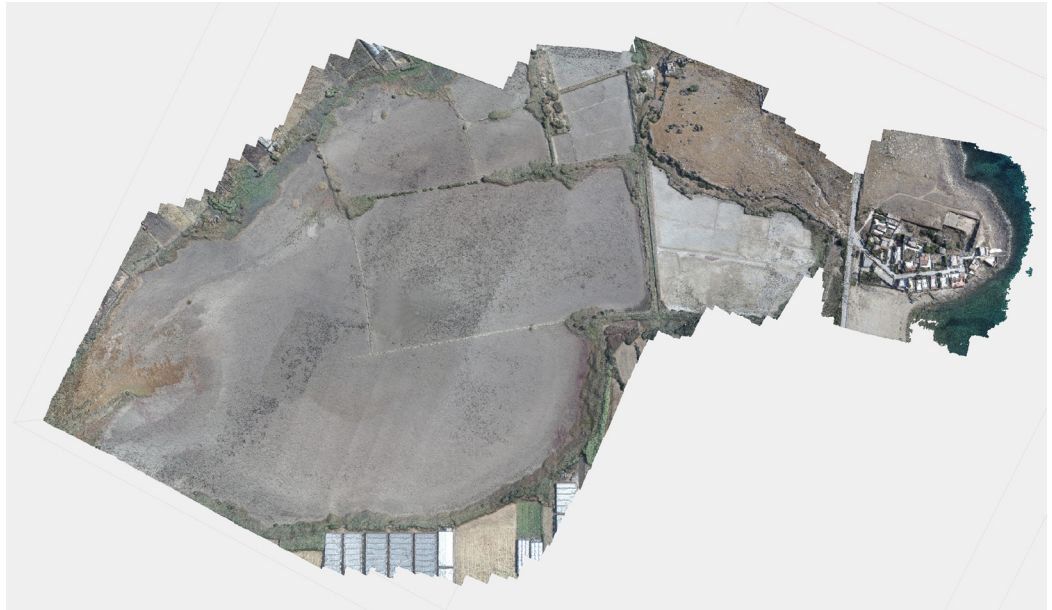


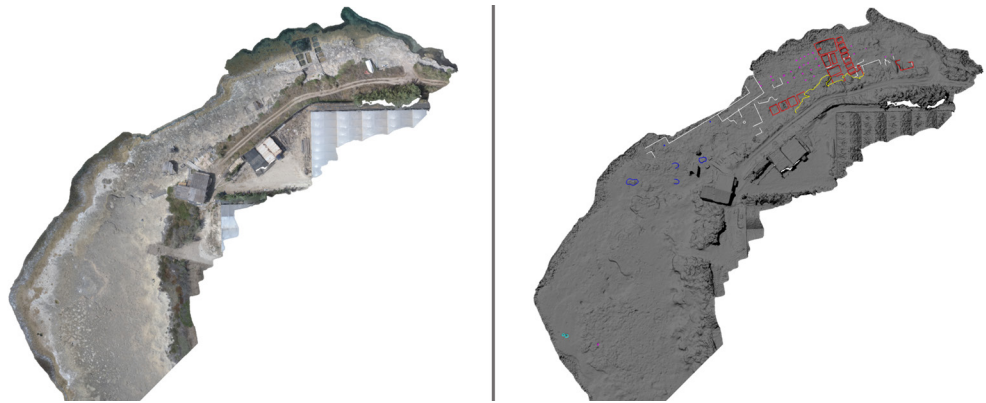
Fig. 6. Polygonal numerical model of the saltworks (on the left) and the Morghella promontory (on the right).



Fig. 7. Orthophoto with characterization of the areas of the Morghella promontory. 1, *latomia*; 2, oldest canal; 3, most recent canal; 4, recent quarry.

The digital copies of these elements and their spatial relationships composed an abacus of typological elements that will form the basis for the spatial analysis procedures on the Morghella models, for the recognition and mapping of similar elements not now easily identifiable due to the strong transformation of the sites. Furthermore, both models of Morghella and Punta delle Formiche will be integrated with the underwater surveys produced with the ISU3D system immediately near the cost line of the two sites, in order to generate continuous models of the emerged and submerged parts, to restore as completely as possible the entire system of basins and *latomie* (some of which are now submerged), to study the phenomena of the variation of the relative heights of the sea and the coast, to verify the presence in the water of elements supporting fishing by means of fixed net systems.

Fig. 8. Textured orthophoto in grey tones from a numerical model showing the traces engraved in the rock. Basins (red), holes (magenta), bollards (blue), geometries (white), specula (light blue), rock (yellow).



Model development for geo-spatial data management and visualization

The current research phases are focused on two strongly related objectives, aimed at testing the potential of a topological transition of digital data to support two strategies for visualizing models and related information: geometric-expressive and numerical-interpretative.

The first strategy intended to think about the value of form within the processes of analysis, representation and communication of cultural heritage. In fact, a temporary exhibition was designed consisting of four wooden boats, redesigned and arranged to house multimedia devices and explanatory graphics referring to the various research areas carried out: early navigation, Byzantine routes, tuna fishing, migrations [Repola 2020; Leidwanger 2021]. In the case of ancient vessels and Byzantine ships, old surveys and technical drawings were used, which, vectorized, were interpolated into 3 dimensions and used as model generators (fig. 9).

In the case of the boats used for the *mattanza* and trafficking of migrants, three-dimensional surveys were carried out with laser instrumentation and photogrammetric systems, from which the geometries underlying the NURBS modelling were extracted (fig. 10).

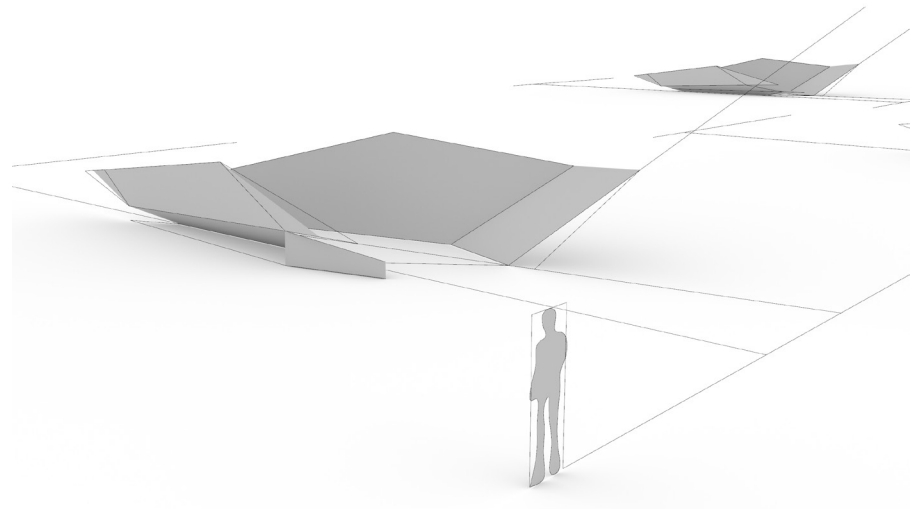


Fig. 9. Study models.



Fig. 10. Point cloud model of the 'sciara' on display on the Piazza Terrazza dei Due Mari in Portopalo di Capo Passero.

From these 3D data, the parametric design models and executive drawings were developed for the wood-cutting and setting up of the technological devices for the multimedia content associated with the exhibit. With regard to the 'scieri', the real dimensions and proportions of the hull were retained, while the subdivision of the boat's interior spaces, defined according to the operations to be carried out on board to catch tuna, were used to define the volumes of our boat aimed at installing the monitor, speakers and multimedia player (fig. 11). The digital content reproduced during the exhibit rendered the moments of the *mattanza*, the songs, the gestures of the fishermen, the 'scieri', the 'muciare', the sea rippled by the tuna caught in the nets, the chutes and chimneys of the *tonnara*, within an ephemeral space extracted from the iconic shapes of boats that recall the cultural landscape of these places, where the sea and the land come together in the tools of work (fig. 12).



Fig. 11. Exhibition in the Marzamemi square.



Fig. 12. Video frame of the exhibition.

The second data representation strategy intends to verify the potential of digital data through the development of an advanced data management system in a three-dimensional simulation environment, in which multi-level data and interoperable numerical models converge. The purpose is to purpose a tool for interpolating data from various scientific disciplines, in order to graph and execute complex information interrelation schemes.

The architecture of this GIS platform will allow the use of exchange diagrams between textual data, images and models, towards SIM (Spatial Information Modeling) visualization environments [Repola 2018] to support the segmentation and analysis of geo-spatial data. The interpolation of such data, in the specific case of the study of the *tonnare* in the south-eastern

area of Sicily, will strongly support the study of the progressive transformation of the *tonnare* in water and structures on land. The survey of the buildings and traces of ancient installations on the rocks near the sea, the 3D digitization of the sequences of blocks and anchors still lying on the seabed, their dating by means of petrographic and biological investigations, the study of the geological transformations of the coast (also due to calamitous events with particular reference to earthquakes), the variation of the sea level with the relative transformation of the seabed, the evolution of fishing and fish preservation techniques (with the relative change in socio-economic relations within communities), will compose interrelated information layers using tools such as ArcGIS PRO's ModelBuilder. These visual programming tools for the construction of geoprocessing workflows will allow to automate and document the spatial analysis and data management processes, so that the interrelation sequences of data will verify the coincidence of contextual, historical-cultural and technological conditions which have influenced the shapes, sizes and location along the sea of the tuna trap plants over time.

Notes

[1] Underwater archaeological surveys were conducted by the team of researchers from Stanford University and Brock University.

[2] DiSTAR researchers, coordinated by Prof. Vincenzo Morra, carried out petrographic analyses on the samples taken to understand the type and origin of the rocks.

[3] The reconnaissance was carried out between June and July 2021 by Matteo Azzaro's El Cachalote archaeology division.

[4] These activities were made possible thanks to the kind availability of the property in the person of Francesco Bruno di Belmonte.

References

- Bernal-Casasola D., Malfitana D., Mazzaglia A., Díaz J.J. (2021). Le cetariae ellenistiche e romane di Portopalo (Sicilia). Primi risultati da ricerche interdisciplinari. In *HEROM Supplement 1*.
- Bevilacqua V. et al. (2017). Photogrammetric mesh and 3D points cloud reconstruction: a generic algorithm optimization procedure. In F. Rossi, S. Plotto, S. Concilio (Eds.). *Advances in Artificial Life, Evolutionary Computation, and Systems Chemistry. WIVACE 2016. Communications in Computer and Information Science*, Vol. 708, pp. 65-76. Cham: Springer.
- Bolognesi C., Garagnani S. (2018). From a point cloud survey to a mass 3D modelling: Renaissance HBIM in Poggio a Caiano. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2, pp.117-123.
- Capodicasa A. (2016). *Storia antica di Portopalo*. Pachino: Associazione studi storici e culturali Ed.
- Castro F. (2018). *Pescatori e barche di Sicilia. Organizzazione, tecniche, linguaggio*. Palermo: Centro di studi filologici e linguistici siciliani.
- Chiabrando F., Lo Turco M., Santagati C. (2017). Digital Invasion: from Point Clouds to Historical Building Object Modeling (H-BOM) of a Unesco WHL Site. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W3, pp. 171-178.
- Consolo V. (1987). *La pesca del tonno in Sicilia*. Palermo: Sellerio.
- Conti E. (1974). Le decime regie della chiesa siracusana contenute nel diploma angioino del 1275. In *Archivio Storico Siracusano*.
- Di Natale A. (2012). An iconography of tuna traps. Essential information for the understanding of the technological evolution of this ancient fishery. In *Collective Volume of Scientific Papers. ICCAT*, Vol. 67(1), pp. 33-74.
- Fazio F. (2018). Il borgo e la tonnara di Marzamemi (1626-1951). In *Agorà*, pp.4-11.
- Felici E. (2012). Un impianto con thynnoskopèion per la pesca e la salagione sulla costa meridionale della Sicilia. In *Topografia Antica*, pp. 107-142.
- Herráez J. et. al. (2016). 3D modeling by means of videogrammetry and laser scanners for reverse engineering. In *Measurement*, Vol. 87, pp. 216-227.
- La Rocca R. (2006). *Le Cetarie: Insediamenti economico/aggregativi antesignani delle moderne tonnare. The "Cetarie": combined economic settlements standard-bearers of modern tuna plants (tonnare)*. Rome: BAR International Series 2235.

- Leidwanger J., Greene E.S., Repola L., Sgroi F. (2021). *The Marzamemi Maritime Heritage Project: From the Seabed to the Museum and Beyond*. Oxford: Oxbow.
- Lentini R. (2018). *Profilo storico delle tonnare siciliane in età moderna. La pesca in Campania e Sicilia*. Ogliaastro Cilento: Licosia.
- Lippi Guidi A. (1993). *Tonnare. Tonnaroti e malfaraggi della Sicilia sudorientale*. Syracuse: Zangara Stampa.
- Li Vigni V.P. (2003). *La pesca e la conservazione del tonno. organizzazione, strumenti, tecniche e funzioni. Il Lavoro del Mare, lo Stabilimento Florio*. Palermo: Regione Siciliana Ass. Reg. Beni Culturali.
- Li Vigni V.P., Tusa S. (2011). *Dal Garum alle tonnare. Il rapporto tra la lavorazione del pescato nell'antichità e le tonnare moderne in Sicilia e nel Mediterraneo*. Rome: BAR International Series 2235.
- Lo Curzio M. (1992). *L'architettura delle tonnare*. Messina: EDAS.
- Longo S.B., Clark B. (2012). The Commodification of Bluefin Tuna: The Historical Transformation of the Mediterranean Fishery. In *Journal of Agrarian Change* Vol. 12. (2-3), pp. 204–226.
- Malandrino G. (2003). *Vendicari la tonnara dimenticata*. Noto: Ente Fauna Siciliana.
- Pepe C., Repola L. (2020). *Le tonnare da 'sistema produttivo' a 'bene culturale'*. Rome: Il Cigno GG.
- Purpura G. (1982). Pesca e stabilimenti antichi per la lavorazione del pesce in Sicilia. I San Vito lo Capo (Trapani) - Cala Minnola (Levanzo). In *Sicilia Archeologica*, pp. 45-60.
- Repola L. (2018). *Spazi coesistenti/Coexisting spaces*. Milano: Gangemi Editore International.
- Repola L. (2020). *Spazi fisici e spazi virtuali per la raffigurazione di luoghi estesi. Per una chiesa affondata nel mare*. Catanzaro: Rubbettino.
- Repola L., Leidwanger J., Greene E.S. (2020). Digital Models for the Analysis and Enhancement of Hybrid Spaces: Architecture of the Mattanza. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIV-M, pp. 443-450.
- Repola L., Memmolo R., Signoretti D. (2015). Instruments and methodologies for the underwater tridimensional digitization and data musealization. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W5, pp. 183-190.
- Repola L., Scotto di Carlo N., Signoretti D., Leidwanger J. (2018). Virtual simulation of a late antique shipwreck at Marzamemi, Sicily: Integrated processes for 3D documentation, analysis and representation of underwater archaeological data. In *Archaeological Prospection*, Vol. 25, pp. 99-109.
- Rossi M. (1984). *Geometria descrittiva*. Rome: Edizioni Kappa.
- Sarà R. (1998). *Dal mito all'aliscafo: storie di tonni e di tonnare: migrazioni e biologia, leggende, tradizioni e socialità*. Palermo: Arti grafiche siciliane.
- Serra G., Serra M. (2012). *Capo Granitola. Un luogo sospeso tra lo spazio e il tempo*. <www.capogranitola.it> (accessed 20 April 2023)
- Sposito C. (2007). *L'architettura delle tonnare. Le tonnare, storia e architettura*. Palermo: Dario Flaccovio.
- Terranova F. (1987). La città disegnata nel mare. In V. Consolo (Ed.), *La pesca del tonno in Sicilia*. Palermo: Sellerio.
- Tusa S., Li Vigni V.P. (2003). *Il lavoro del mare. Lo stabilimento Florio di Favignana*. Palermo: Regione Siciliana.

Author

Leopoldo Repola, Università degli Studi di Napoli Federico II, leopoldo.repola@unina.it

To cite this chapter: Repola Leopoldo (2023). Architetture del mare. Un metodo per lo studio delle tonnare/Architectures of the Sea. A Method for the Study of Tonnare. In Cannella M., Garozzo A., Morena S. (eds.). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 3065-3082.