L'area marina protetta di Porto Cesareo: un esempio per l'integrazione delle pratiche di rilievo fotogrammetrico nella pianificazione dello spazio marittimo per la tutela dell'Underwater Cultural Heritage (UCH)

Federica Gerla [1], Alberto Bonora [2]

[1] Sapienza Università di Roma || Università Iuav di Venezia – fgerla@iuav.it
[2] Sapienza Università di Roma || Università Iuav di Venezia – abonora@iuav.it

Keywords: Underwater cultural heritage, patrimonio sommerso, pianificazione dello spazio marittimo (MSP), fotogrammetria subacquea

L'Underwater Cultural Heritage (UCH) rappresenta una componente fondamentale delle risorse culturali e paesaggistiche degli spazi costieri e marittimi, includendo siti archeologici sommersi, antiche infrastrutture costiere e paesaggi storici legati a cambiamenti del livello del mare e delle dinamiche costiere (Depellegrin et al., 2019). Questo patrimonio non rinnovabile è essenziale per preservare il valore storico, culturale e scientifico ma la sua gestione è spesso ostacolata da lacune nei dati disponibili e dalla necessità di strumenti specifici per la documentazione e la protezione (Ramieri et al., 2024). La valorizzazione di queste risorse contribuisce non solo alla comprensione della storia, ma anche alla promozione del turismo sostenibile e alla Blue Economy, evidenziando la necessità di approcci innovativi per garantirne la tutela (Barianaki et al., 2024).

La Pianificazione dello spazio marittimo (MSP) è uno strumento strategico di gestione, il quale mira a bilanciare obiettivi economici, ecologici e socio-culturali (Fiorini et al, 2016). Nel contesto italiano, il patrimonio sommerso è integrato come elemento centrale nelle unità di pianificazione, definendo vocazioni d'uso del mare compatibili con la tutela culturale.
L'integrazione dell'UCH nella pianificazione dei contesti marittimi rappresenta una priorità per garantire una gestione bilanciata tra tutela culturale e altre attività marittime. Grazie all'uso di tecnologie avanzate e processi partecipativi, è possibile favorire un approccio integrato che combina conservazione e sviluppo sostenibile, trasformando il patrimonio culturale sommerso in un pilastro della pianificazione marittima (Koutsi et al., 2022).
In tale contesto, la mappatura diventa uno strumento essenziale per identificare l'UCH da proteggere e integrare nei processi pianificatori, diventando uno strumento fondamentale per supportare la conservazione a lungo termine e la gestione sostenibile di questi beni culturali (Papageorgiou, 2018; Lees et al., 2023).

Nonostante i progressi, l'integrazione dell'UCH nel MSP è limitata da importanti lacune. La mancanza di dati completi e armonizzati, insieme alla difficoltà di mappare e quantificare tali valori culturali, ostacola una piena integrazione nei processi decisionali. Gli approcci mediante strumenti digitali migliorano la raccolta e l'organizzazione dei dati, ma rimangono sfide significative. Il Maritime Cultural Heritage (MCH) è spesso sottorappresentato nel MSP a causa di difficoltà nella definizione, mappatura e assegnazione di valori culturali ai processi di pianificazione (Lehtimäki, 2020).

Superare queste difficoltà richiede investimenti in tecniche consolidate ma non sempre integrate alla disciplina della pianificazione, come la fotogrammetria subacquea, per la documentazione e la mappatura. Questo approccio non solo favorirebbe una maggiore protezione e valorizzazione del patrimonio sommerso, ma potrebbe anche promuovere modelli replicabili per la gestione sostenibile delle risorse marine.

Mediante l'esperienza della Sunrise Summer School *"Seashore and UNderwater documentation of aRchaeological herItage palimpSests and Environment"* di SIFET, è stato possibile accedere all'Area Marina Protetta (AMP) di Porto Cesareo [Fig. 1], situata lungo la costa ionica della Puglia, e che rappresenta un contesto dinamico per lo studio della conservazione del patrimonio subacqueo. A circa 30 km da Lecce, l'area è nota per il suo ricco patrimonio archeologico, con testimonianze che vanno dall'Età del Bronzo a epoche romane e medievali.

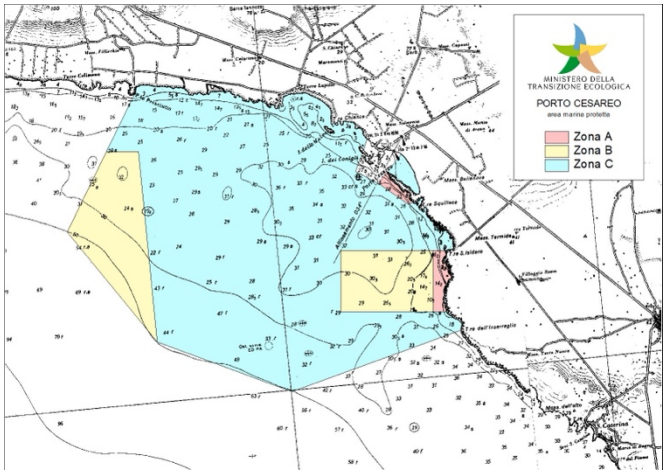

Figura 1 - AMP di Portocesareo, zonizzazione (Zona A: riserva integrale, Zona B: riserva generale, Zona C: riserva parziale) fonte: MASE

Tra i reperti più significativi si trovano i resti di colonne monolitiche in marmo, lunghe 8,5-8,8 metri e con un peso totale di 78 tonnellate, giacenti a 4,5 metri di profondità nelle acque antistanti *Torre Chianca,* avamposto militare del sedicesimo secolo [Fig 2]. Questi reperti, derivanti dal naufragio di una nave romana lapidaria, costituiscono marker fondamentali per lo studio dell'evoluzione del paesaggio costiero (Alfonso et al., 2012; Picciolo et al., 2022).

L'esperienza della Summer School ha quindi offerto l'opportunità di applicare tecniche fotogrammetriche nell'area, configurandosi come un test pilota per l'integrazione di tali metodologie nella documentazione e gestione del patrimonio sommerso.
La fotogrammetria subacquea è una tecnica avanzata e non invasiva utilizzata per documentare e modellare in 3D siti archeologici sommersi (Drap, 2012; Balletti, 2015).
Data la profondità del sito archeologico (4.5 metri) è stato possibile posizionare i GCP e acquisire la loro posizione mediante sistema GNSS (*Rover RTK GNSS Leica GS18 T*). In seguito sono state acquisite le immagini secondo le modalità tradizionali della fotogrammetria. Le strisciate fotogrammetriche del sito subacqueo sono state registrate mediante fotocamere *GoPro 10* e *Olympus EM1 mark II*, montate su custodie subacquee con configurazioni specifi-

-che per compensare le distorsioni ottiche e gestire le variazioni di illuminazione.

Figura 2- Vista dall'alto dell'area studio e di Torre Chianca (acquisizione tramite DJI Mavick 3M)

Le immagini vengono catturate con sovrapposizioni del 60% tra fotogrammi e del 20% tra strisciate, garantendo la costruzione del blocco fotogrammetrico e una base ottimale per la ricostruzione tridimensionale. L'orientamento dei fotogrammi per la costruzione del modello e la restituzione fotogrammetrica è avvenuta in *Agisoft Metashape* ottenendo una nuvola di punti densa [Fig 3]. Successivamente sono state ricavate ortofoto utili per le successive analisi [Fig 4].

Figura 3 – Point cloud - elaborazione in Agisoft Metashape

Tali modelli digitali possono infatti risultare di fondamentale importanza per una documentazione sufficientemente accurata e la conservazione e gestione del MCH, che si sposa con la gestione delle aree marine protette.
Tali elementi puntuali possono inoltre rappresentare un'informazione cardine all'interno di un sistema informativo territoriale dettagliato per il supporto al MSP, il quale tenta di regolare aree di per sé molto omogenee come quelle marine, implementando il patrimonio conoscitivo in merito agli usi dello stesso, come, in questo caso, quello turistico. L'approssimazione di tali siti come elementi puntuali all'interno di un quadro conoscitivo che riguarda l'ampia scala marittima merita infatti, mediante sistemi informativi a piramide, un opportuno livello di accuratezza

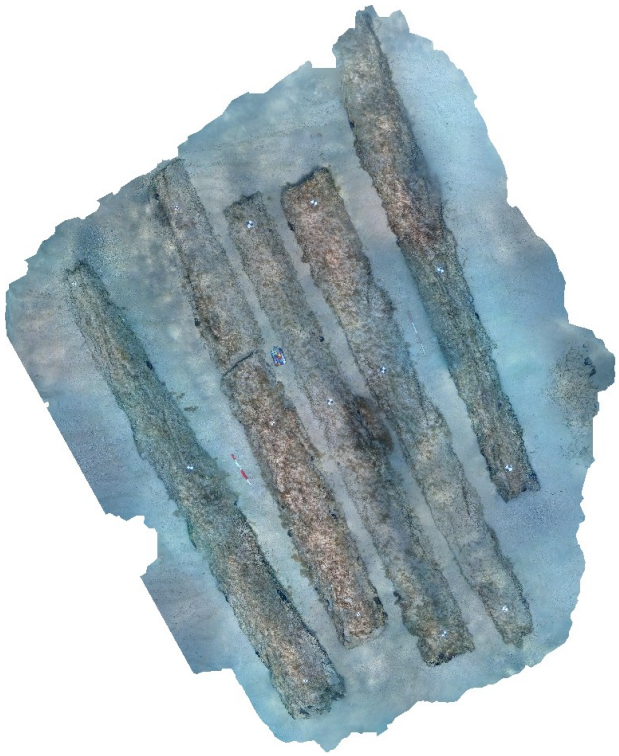

Figura 4 - Ortofoto delle colonne (5 mm/pix) elaborazione in Agisoft Metashape

per testimoniare l'importanza di taluni e garantire un catalogo dettagliato in grado di orientare strategie ed azioni della pianificazione marittima. (Balletti et al., 2015; Calantropio et al., 2024)
Il rilievo nel contesto dell'AMP di Porto Cesareo, effettuato con strumenti di acquisizione e posizionamento relativamente accessibili nel mercato, può rappresentare una buona prassi per un livello di accuratezza minima da cui partire per garantire opportuni dati conoscitivi relativamente ai siti subacquei, contesti in cui i dati spesso non sono sistematici o completi e dove qualità ed accuratezza sono caratteristiche spesso molto trascurate (Lehtimäki et al., 2020).
L'approccio testato permette di contestualizzare siti sommersi specifici in un quadro più ampio, fornendo un livello di dettaglio necessario per orientare strategie e azioni di pianificazione marittima. La tecnica adoperata si conferma una buona pratica per la documentazione scientifica, la conservazione e la valorizzazione del MCH.
Il test nell'AMP di Porto Cesareo rappresenta quindi un modello replicabile per l'applicazione pratica di approcci innovativi. I prossimi possibili sviluppi includono l'estensione di queste metodologie ad altri siti subacquei. Un elemento chiave per il futuro sarà pertanto la standardizzazione di metodologie e protocolli per garantire l'interoperabilità dei risultati su scala globale.

References

Alfonso, C., Auriemma, R., Scarano, T., Mastronuzzi, G., Calcagnile, L., Quarta, G., & Di Bartolo, M. (2012). Ancient coastal landscape of the marine protected area of Porto Cesareo (Lecce, Italy): Recent research. *Underwater Technology, 30*(4), 207-215. https://doi.org/10.3723/ut.30.207

Balletti, C., Beltrame, C., Costa, E., Guerra, F., & Vernier, P. (2015, June). Photogrammetry in maritime and underwater archaeology: Two marble wrecks from Sicily. In *Optics for Arts, Architecture, and Archaeology V* (Vol. 9527, pp. 127-138). SPIE. https://doi.org/10.1117/12.2185244

Barianaki, E., Kyvelou, S. S., & Ierapetritis, D. G. (2024). How to incorporate cultural values and heritage in maritime spatial planning: A systematic review. *Heritage, 7*(1), 380-411. https://doi.org/10.3390/heritage7010026

Calantropio, A., Menna, F., Skarlatos, D., Balletti, C., Mandlburger, G., Agrafiotis, P., ... & Nocerino, E. (2024). Under and through water datasets for geospatial studies: The 2023 ISPRS scientific initiative “NAUTILUS”. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 10*, 33-40. https://doi.org/10.5194/isprs-annals-x-33-2024

Depellegrin, D., Venier, C., Kyriazi, Z., Vassilopoulou, V., Castellani, C., Ramieri, E., ... & Barbanti, A. (2019). Exploring Measurement Techniques (pp. 70-82). Firenze University Press. https://doi.org/10.36253/978-88-5518-113-4

Drap, P. (2012). Underwater photogrammetry for archaeology. In *Special Applications of Photogrammetry* (pp. 114-136). IntechOpen. https://doi.org/10.5772/22847

Fiorini, M., Capata, A., & Bloisi, D. D. (2016). AIS data visualization for maritime spatial planning (MSP). *International Journal of e-Navigation and Maritime Economy, 5*, 45-60. https://doi.org/10.1016/j.enavi.2016.12.004

Koutsi, D., & Stratigea, A. (2022, July). Locus of underwater cultural heritage (UCH) in maritime spatial planning (MSP): A data-driven, place-based and participatory planning perspective. In *International Conference on Computational Science and Its Applications* (pp. 686-702). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-10524-0_52

Lees, L., Karro, K., Barboza, F. R., Ideon, A., Kotta, J., Lepland, T., ... & Aps, R. (2023). Integrating maritime cultural heritage into maritime spatial planning in Estonia. *Marine Policy, 147*, 105337. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105337

Lehtimäki, M., Tikkanen, S., & Tevali, R. (Eds.). (2020). *Integrating cultural heritage into maritime spatial planning in the Baltic Sea Region*. BalticRIM Project. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44440-5

Papageorgiou, M. (2018). Underwater cultural heritage facing maritime spatial planning: Legislative and technical issues. *Ocean & Coastal Management, 165*, 195-202. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.08.017

Picciolo, A., Auriemma, R., Fai, S., Coluccia, L., Antonazzo, A., & Buccolieri, C. (2022, December). Use of mixed study techniques in the evaluation of coastline dynamics—the “Porto Cesareo” MPA case of study. In *Ninth International Symposium "Monitoring of Mediterranean Coastal Areas: Problems and Measurement Techniques* (pp. 70-82). Firenze University Press. https://doi.org/10.36253/978-88-5518-113-4

Ramieri, E., Bocci, M., Brigolin, D., Campostrini, P., Carella, F., Fadini, A., ... & Barbanti, A. (2024). Designing and implementing a multi-scalar approach to maritime spatial planning: The case study of Italy. *Marine Policy, 159*, 105911. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105911