GREEN LIDAR DA UAV PER BATIMETRIA IN ACQUE POCO PROFONDE: VALUTAZIONE METRICA E INTEGRAZIONE MULTISENSORE SULL'AREA COSTIERA DELL'ISOLA DI CULUCCIA

Matteo Balzano[1] Filiberto Chiabrando[1] Beatrice Tanduo[1] Paolo Maschio[2] Andrea Maria Lingua[2] Francesca Gallitto[2] Sabrina Rossi[2,3] Mattia Ventimiglia[4] Andrea Mazzaglia[5] Enrico Signor[5] Bruno Campigotto[5]

[1] Laboratorio per i Beni Culturali (Lab G4CH), Dipartimento di Architettura e Design (DAD), Politecnico di Torino, Viale Pier Andrea Mattioli 39, 10125, Torino (TO), (s354275@studenti.polito.it, filiberto.chiabrando@polito.it, beatrice.tanduo@polito.it)
[2] Laboratorio di Geomatica, Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente e Territorio e delle Infratrutture (DIATI), Politecnico di Torino, Corso Duca degli Abruzzi 24, 10129, Torino (TO), (andrea.lingua@polito.it, paolo.maschio@polito.it, francesca.gallitto@polito.it)
[3] Osservatorio Naturalistico dell'isola di Culuccia, 07028, Santa Teresa di Gallura (OT), (rossi@culuccia.org)
[4] Microgeosrl, Via San Quirico 306/a, 50013Campi Bisenzio (FI) (m.ventimiglia@microgeo.it)
[5] Ageasurvey, Piazza Michelangelo Buonarroti 22, 95126, Catania (CT), (info@ageasurvey.com)

Parole chiave: Green LiDAr, Batimetria, UAV

Abstract esteso. Il rilievo batimetrico delle acque poco profonde rappresenta ancora oggi una sfida significativa [1,2], sia per i limiti operativi dei sensori disponibili sia per le difficoltà di navigazione nelle aree prossime alla costa. La presenza di scogli affioranti, bassi fondali, ostacoli sommersi e morfologie irregolari può infatti limitare o impedire l'impiego in sicurezza delle imbarcazioni e dei tradizionali sistemi acustici. In questo contesto, le tecnologie Green LiDAR installate su piattaforme aeree costituiscono oggi una soluzione in rapida evoluzione e particolarmente efficace per acquisire dati nella complessa zona di transizione tra ambiente terrestre e ambiente marino (Fig. 1, sx).

Il contributo presenta l'impiego di un sistema Green LiDAR RIEGL VQ-840-GE montato su un sistema UAV[3] (Uncrewed Aerial Vehicle) (Fig. 1,dx) per il rilievo topografico e batimetrico della fascia costiera dell'isola di Culuccia, in Sardegna. Grazie alla capacità della radiazione laser verde di penetrare la colonna d'acqua, il sistema ha consentito di documentare in modo continuo sia le superfici emerse sia i fondali marini poco profondi, includendo aree difficilmente accessibili o non rilevabili in sicurezza mediante tradizionali imbarcazioni (Fig. 2). Il flusso di lavoro adottato ha previsto la pianificazione delle traiettorie di volo in un applicativo appositamente progettato (Fig. 3), in base alle specifiche di rilievo, e successivamente per l'acquisizione dei dati si è proceduto con l'importazione delle traiettorie nel software di gestione del volo DJI FlightHub. In totale sono stati realizzati 11 voli con quota relativa pari a 60 metri.

La prima fase di post-elaborazione ha previsto l'integrazione delle informazioni relative al sistema inerziale dello strumento, delle osservazioni GNSS (Global Navigation Satellite System) del sensore LiDAR integrate con i dati GNSS acquisiti su un punto di coordinate note.

Tale processo ha permesso di correggere le traiettorie acquisite in real-time durante il volo grazie al processo PPK (Post-Processed Kinematic), l'elaborazione è stata realizzata grazie al software POSPac UAV di APPLANIX [4].

Si è quindi verificata la distribuzione delle scansioni e la sovrapposizione tra le strisciate, per individuare eventuali disallineamenti o lacune, e alla nuvola sono stati attribuiti i valori RGB mediante le immagini fotografiche acquisite, ottenendo una rappresentazione tridimensionale a colori. Sono seguite verifiche del processing e visualizzazione della nuvola, per controllarne la densità, la corretta rappresentazione delle superfici costiere emerse e sommerse e la continuità geometrica e cromatica, con particolare attenzione alle aree marine. È stata poi applicata la correzione di rifrazione, classificando i punti della superficie dell'acqua con RiHYDRO di Riscan [5] e correggendo geometricamente i punti sommersi per compensare la rifrazione del raggio laser nel passaggio tra aria e acqua. Infine, la nuvola elaborata è stata esportata in formato LAS, con il corretto sistema di riferimento e gli attributi disponibili, per le successive analisi.



Fig. 1. Area rilevata con Green LiDAR relativa alla fascia costiera dell'isola di Culuccia: nuvola di punti con colorazione RGB delle superfici emerse e dei

Parallelamente alle acquisizioni LiDAR sono stati condotti specifici test metrici e confrontati con dati acquisti mediante rilievi GNSS, dati batimetrici multi-beam e single beam (con natanti di superficie) e voli fotogrammetrici

sull'intera area costiera (Fig. 4), i dati sono acquisiti con con DJI Matrice 350 RTK equipaggiato con sensore DJI Zenmuse P1,

Le fasi successive, ancora in corso, consisteranno nell'elaborazione dei dati acquisiti, tramite software Agisoft Metashape per la parte del rilievo fotogrammetrico e Matlab, Excel e ArcGIS per la parte di batimetria multibeam, al fine di valutare l'accuratezza e la qualità geometrica dei dati acquisiti, e la coerenza tra le differenti tecniche di acquisizione, valutando la capacità del sistema Green LiDAR di rilevare il fondale in diverse condizioni ambientali e di profondità.

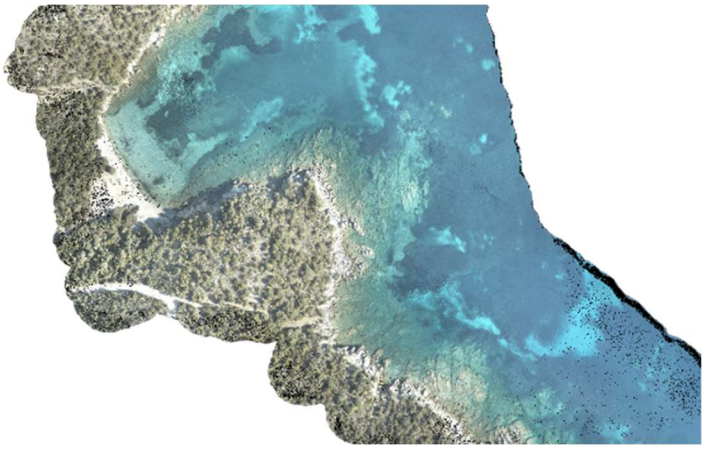

Fig. 2. Dettaglio nuvola di punti acquisita dal LiDAR verde



Fig. 3. Pianificazione dei voli LiDAR



Fig. 4. Traiettorie dei voli fotogrammetrico realizzati con DJI Matrice 350 RTK, sensore DJI Zenmuse P1.

Riferimenti bibliografici

1. Kujawa, P., & Remondino, F. (2025). A Review of Image- and LiDAR-Based Mapping of Shallow Water Scenarios. *Remote Sensing, 17*(12), 2086. https://doi.org/10.3390/rs17122086
2. Schwarz, R., Mandlburger, G., Pfennigbauer, M., & Pfeifer, N. (2019). Design and evaluation of a full-wave surface and bottom-detection algorithm for LiDAR bathymetry of very shallow waters. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 150*, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.02.002
3. Mandlburger, G., Dammert, L., Rhomberg-Kauert, J., Pöppl, F., & Pfennigbauer, M. (2026). Refraction-aware integrated Georeferencing of bathymetric Laser Scanning Data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLIX-B2-2026*, 963–970. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIX-B2-2026-963-2026
4. Trimble Applanix. (s.d.). *POSPac UAV: Frequently Asked Questions* [Documentazione tecnica]. https://www.applanix.com/downloads/products/FAQs/FAQs_POSPac-UAV.pdf
5. RIEGL Laser Measurement Systems GmbH. (2026). *RiHYDRO: Airborne Data Processing Software AddOn for Commercial Hydrographic and Bathymetric Surveying* [Scheda tecnica, 15 giugno 2026]. https://www.riegl.com/index.php?eID=downloadFile&f=721&token=c12d252fc102f858f480594de01cb202b324ff8a