

## Integrazione di rilievo fotogrammetrico e laser scanner per il monitoraggio di una diga portuale a gettata

Daniele Passoni, Ilaria Ferrando, Bianca Federici, Domenico Sguerso

DICCA - Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale, Università degli Studi di Genova,  
Via Montallegro 1 - 16145 Genova, 010-3532421, daniele.passoni@dicca.unige.it

### Riassunto

Tra le opere di difesa portuale, rivestono particolare importanza le “dighe a gettata”, strutture realizzate con massi, con geometria tale da dissipare il più possibile l’energia residua delle onde e limitare il fenomeno di tracimazione. Dato l’importante ruolo di protezione dell’area portuale, è fondamentale monitorarne lo stato di conservazione e di propensione al dissesto. Il lavoro qui presentato si propone di indagare le possibili tecniche di rilievo utilizzabili, testandone l’efficacia e la possibile integrazione tra esse, applicata ad un caso studio.

### Abstract

Among the harbor defense infrastructures, the rubble mound breakwaters have particular importance. These structures are made of boulders, with an appropriate geometry to dissipate the residual energy of the waves as much as possible and to limit or avoid the overtopping phenomenon. For their important role of harbor protection, the monitoring of their conservation status and of predisposition to collapse is essential. The present work will investigate the survey techniques applicable to such structures, testing their efficiency and the possible integration between them, applied to a case study.

La diga a gettata antistante l’ingresso del Voltri Terminal Europa (VTE), situata nella zona occidentale di Genova, al centro degli snodi fondamentali della A10 (autostrada dei fiori) della A26 (Voltri Santhià) e prossima all’aeroporto internazionale di Genova Cristoforo Colombo, è stata scelta come caso studio per l’applicazione delle tecniche di rilevamento fotogrammetrico e laser scanner per il monitoraggio di un’opera di protezione portuale. Il rilievo è stato svolto nell’ambito delle attività didattico-formative del corso di Geomatica per il Monitoraggio, del corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile e Ambientale presso l’Università degli Studi di Genova. Il rilevamento ha avuto luogo il 6.5.2016 con buone condizioni meteo-marine. La campagna di misure ha visto l’interazione terra-cielo-mare grazie all’impiego delle seguenti tecniche di rilievo: laser scanner terrestre (terra), rilievo fotogrammetrico tramite pallone aerostatico (cielo), rilievo fotogrammetrico da barca (mare). Le differenti tecniche sono state integrate mediante punti di appoggio comuni, per la realizzazione di un’unica nuvola di punti, mentre la loro georeferenziazione è stata effettuata mediante target rilevati con tecnica GNSS NRTK, in appoggio al Servizio di Posizionamento GNSS della Regione Liguria ([www.gnssliguria.it](http://www.gnssliguria.it)).

Obiettivo del rilievo è stato la messa a confronto delle tecniche sopra riportate per valutarne l’integrabilità ed efficacia nella ricostruzione delle geometrie della diga (come ad esempio pendenze medie e volumetrie), necessarie per verificare l’effettiva azione di dissipazione dell’energia residua delle onde. Il tratto di scogliera artificiale individuato è rappresentativo delle esigenze dell’Autorità Portuale e di estensione tale da permettere di valutare come ottimizzare il rilievo stesso nell’ipotesi di una sua applicazione all’intera opera di protezione.

Il rilevamento laser scanner è stato effettuato con lo strumento Z+F Imager® 5006h posizionato direttamente sulla sommità della diga in differenti posizioni, tra loro distanti una decina di metri per limitare le ostruzioni dovute alla presenza dei blocchi della struttura stessa.

Per ciò che concerne invece il rilievo fotogrammetrico, vista la criticità della zona posta in prossimità di aree urbanizzate, di arterie di circolazione veicolare ad elevato traffico e vista la sua localizzazione all'interno di una ATZ (*Aerodrome Traffic Zone*), si è scelto di effettuare le riprese aeree per la ricostruzione fotogrammetrica mediante pallone aerostatico frenato, vincolato al suolo da cavo di ritenzione (non soggetto a regolamento ENAC per SAPR come da art.2 del "regolamento mezzi a pilotaggio remoto - Edizione 2 del 16 luglio 2015 - Emendamento 1 del 21 dicembre 2015). Tale pallone, di diametro di circa 1 m e gonfiato con elio, può sollevare un carico di circa 400 gr; esso è stato pertanto dotato di una camera fotografica compatta non metrica. Il rilievo fotogrammetrico da pallone aerostatico ha presentato diverse criticità relative alla geometria di presa a causa dei continui movimenti dovuti al vento, con effetti di traslazione e di rotazione della camera fotografica; benché gli effetti oscillatori siano stati smorzati con l'utilizzo di un cestello stabilizzato, la geometria di presa è risultata ovviamente molto differente da quella classica aerea oltre che imprevedibile, in funzione delle condizioni del vento. Il rilievo ottenuto presenta quindi rotazioni elevate e ricoprimenti non costanti tra fotogrammi successivi; tuttavia la sovrabbondanza di immagini ha permesso una buona ricostruzione dell'oggetto.

Il rilievo fotogrammetrico da barca, effettuato utilizzando una camera reflex, è risultato invece di più facile esecuzione considerando la rotta dell'imbarcazione pressoché parallela alla costa (trascurando le lievi oscillazioni dovute alle onde). Tale rilievo ha portato però alla ricostruzione parziale della diga, in quanto il punto di vista poco sopraelevato sopra la superficie del mare ha permesso una visione dei blocchi dal basso verso l'alto, quindi solo dei lati dei parallelepipedi fronte mare.

L'integrazione dei rilievi suddetti ha permesso di ottenere la restituzione completa del tratto di opera di protezione considerato; il laser scanner ha permesso di ottenere in un sistema locale le coordinate di molteplici punti risultati ben osservabili nel modello fotogrammetrico fornendone così la scala, mentre attraverso il rilievo GNSS lo si è potuto georiferire nel sistema di riferimento ETRF2000-2008.0 nazionale. Secondo lo spirito dell'esperienza svolta, i prodotti ottenuti, relativi ad un tratto limitato a circa 50 m lineari di sviluppo della diga a gettata, sono stati:

- ortofoto del rilievo realizzata a partire da immagini con dimensione del pixel al suolo dell'ordine di 2 cm;
- Modello Digitale delle Superfici (DSM) con passo regolare 20 cm;
- sezioni trasversali rappresentative delle aree di interesse.

A partire da tali prodotti sarà ovviamente possibile realizzare una piattaforma GIS per l'analisi spaziale e tridimensionale dell'opera, sia per valutare la sua efficacia in termini dissipativi del moto ondoso che per organizzarne la gestione, manutenzione e gli eventuali interventi, quale strumento utile ad un computo metrico-estimativo oltre che tecnico.

I risultati ottenibili in contesti tradizionali con queste tecniche di rilevamento, come noto, sono ampiamente studiati, mentre l'applicazione proposta evidenzia come in contesti critici quali le aree costiere la loro integrazione sia efficace per il raggiungimento di un risultato adeguato alle operazioni di monitoraggio, in una sinergia che valorizza la completezza e la rapidità del rilievo abbinata all'accuratezza richiesta.

Si ringraziano gli studenti del Corso Marina Campora, Michele Carrossino, Carlo Contestabile, Simone Fazzalari, Michelangelo Gamba, Andrea Ghiozzi, Giulio Malatesta, Andrea Oliveri, Fabio Pavan, e Marco Giuseppe Chimera, stagista di Gter srl Innovazione in Geomatica, Gns e Gis, spin off dell'Università degli Studi di Genova. Un ringraziamento particolare alla direzione dell'Autorità Portuale di Genova per la disponibilità allo svolgimento dell'esperienza didattica-formativa comprensiva del supporto logistico da mare, in particolare nella persona dell'Ing. Marco Vaccari.