



Rilievi topografici e batimetrici del lago “Oasi del Castello” ubicato presso Medesano (PR)

RELAZIONE TECNICA

RAVENNA 07/09/2023



INTRODUZIONE

A seguito dell’incarico ricevuto dalla società Titicata Invest srl, il sottoscritto Dott. Agr. Francesco Stecchi ha eseguito un rilievo topografico e batimetrico del lago “Oasi del Castello” ubicato presso Medesano (PR). Il rilievo è finalizzato alla definizione della morfologia dei fondali nell’ambito di uno studio di fattibilità per la costruzione di un parco fotovoltaico galleggiante.

Nello specifico, in data 31/08/2023, è stato eseguito un rilievo batimetrico Multibeam per la zona sommersa ed un rilievo topografico per la zona emersa.

Al termine delle attività relative ai servizi in oggetto, è stata redatta e consegnata la presente relazione tecnica, contenente la descrizione delle operazioni svolte, delle metodologie utilizzate e dei risultati ottenuti.



Figura 1– Inquadramento area da indagare

SISTEMA DI RIFERIMENTO PLANO-ALTIMETRICO

Sono stati istituiti tre caposaldi mediante posizionamento satellitare GNSS in modalità NRTK, utilizzando un ricevitore geodetico multifrequenza e sfruttando la correzione differenziale fornita dalla rete di stazioni permanenti [Hexagon SmartNet](#). Le misure plano-altimetriche sono state eseguite in coordinate geografiche ETRF2000(2008.0) e proiettate sul piano utilizzando la proiezione UTM Zona 32N (EPSG 7792). A seguire si riporta la tabella riassuntiva con le caratteristiche dei tre caposaldi

Nome	Est UTM32N	Nord UTM32N	Long ETRF2000	Lat ETRF2000	Quota elliss.	Quota m.s.l	Quota lago 31/08/2023	RMS Est	RMS Nord	RMS Quota	PDOP
CS1	590891.56	4955075.54	10.14810651	44.74329579	143.28	104.19	1.50	0.010	0.020	0.015	1.1
CS2	590888.80	4955094.63	10.14807503	44.74346791	143.09	104.00	1.31	0.011	0.013	0.014	1.1
CS3	590864.67	4955102.79	10.14777172	44.74354444	143.18	104.09	1.40	0.018	0.015	0.011	1.2

I caposaldi sono stati creati nell'unica zona edificata prospiciente il lago, in quanto tutte le sponde e lo stradello erano in terra battuta e quindi non idonei alla creazione di punti fissi. Tutte le specifiche e le coordinate dei caposaldi sono riportate nelle monografie in allegato 1

Per questioni pratiche e di sicurezza, la base GNSS utilizzata come riferimento durante il rilievo batimetrico è stata generata via RTK a partire dal caposaldo CS1. La base era ubicata nei pressi dell'approdo utilizzato per il varo e l'alaggio dei mezzi nautici, ubicato sulla sponda opposta rispetto ai caposaldi. Questo punto di riferimento, poiché situato su terra battuta, risulta effimero ed utilizzato solo per il giorno del rilievo (fig. 1)

RILIEVI BATIMETRICI MULTIBEAM

I rilievi batimetrici multibeam sono stati eseguiti con apposito drone acquatico Seaflor EchoBoat radiocomandato, su cui è stata installata la seguente strumentazione:

- Sistema Multi Beam Echo Sounder Picosonar Pico 120
- Sistema di posizionamento GNSS, MRU (Correzione Roll/Pitch/Heave) e girobussola elettronica Applanix WaveMaster II
- Sonda per la velocità del suono in acqua Valeport Mini SVS
- Sonda SVP Valeport Swift SVP
- PC Acquisizione/Navigazione ASV Workstation HP
- Software di Navigazione e Acquisizione ASV Teledyne PDS2000
- Kit di telemetria Telemetria a 2,4GHz con antenne omnidirezionali

La strumentazione è stata interfacciata tramite il software di navigazione Teledyne PDS2000, in grado di accoppiare in tempo reale le misurazioni di profondità con la posizione nello spazio del natante. installata. Questo software ha permesso di gestire la navigazione, l'acquisizione e il processing dei dati batimetrici.



Figura 2– Particolare del drone utilizzato per il rilievo Multibeam

Grazie all'integrazione del sensore di moto e direzione direttamente nella testa del trasduttore batimetrico non è stato necessario calcolare gli offset tra i sensori.

La base GNSS posizionata presso la sponda ha permesso di registrare il dato RINEX per tutto il tempo del rilievo batimetrico. Per quanto riguarda il mezzo nautico, il posizionamento planimetrico durante il rilievo è stato inizialmente eseguito mediante i ricevitori GNSS integrati nel sistema Applanix (in modalità NRTK sfruttando la correzione della rete [Hexagon SmartNet](#)). Allo stesso tempo però, è stato registrato anche il file RINEX attraverso l'applicazione Applanix POSMV. Ciò ha permesso il ricalcolo e perfezionamento a posteriori di tutte le traiettorie seguite dal veicolo durante il rilievo, utilizzando l'applicazione Applanix PosPAC

I rilievi sono stati condotti secondo una serie di rotte di navigazione con orientamento parallelo alle sponde del lago e adeguatamente spaziate tra loro così da poter garantire la ricostruzione dell'intera superficie di interesse e una sovrapposizione del 30-50% tra le singole strisciate.

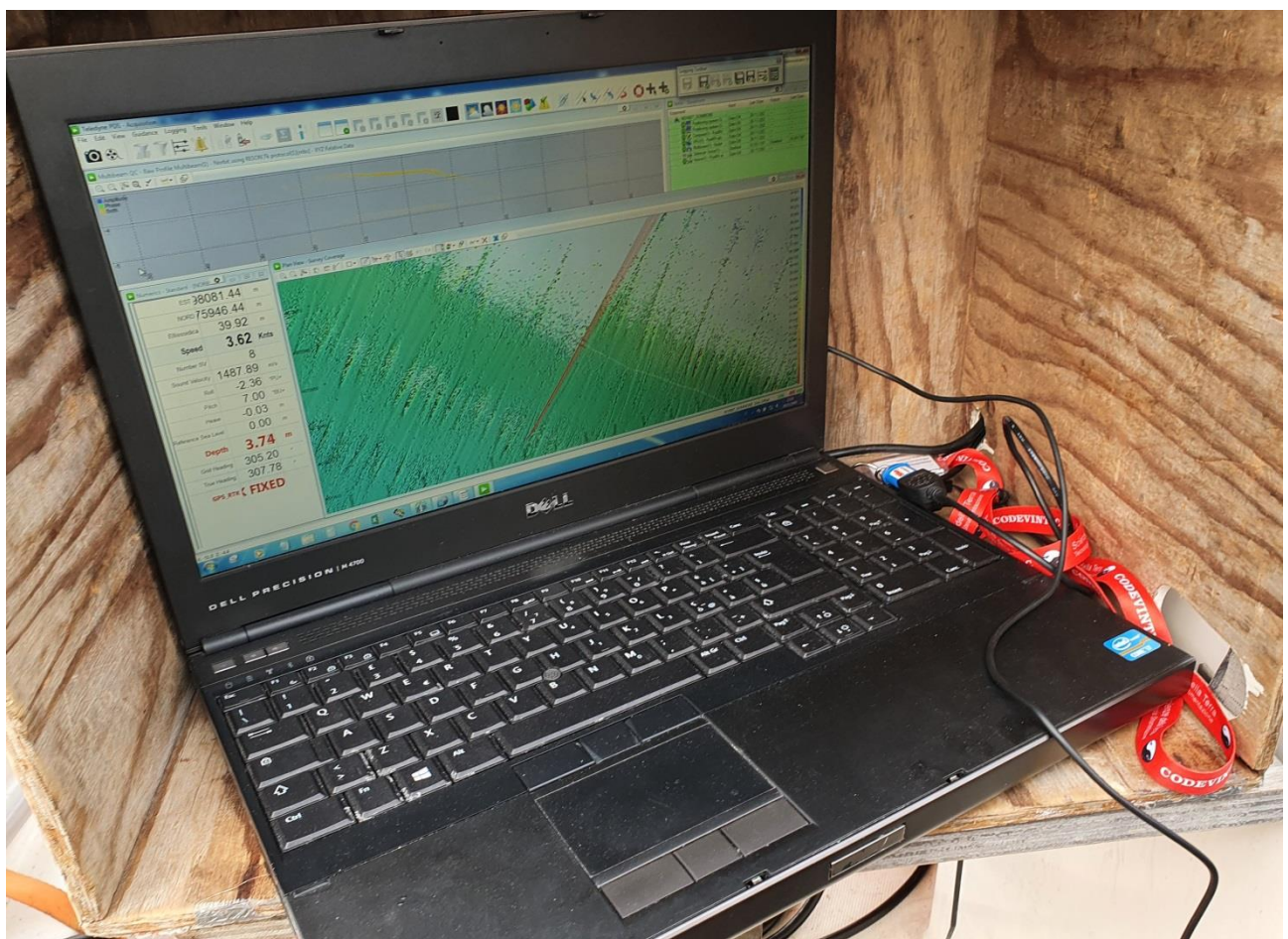


Figura 3– Schermata di controllo durante l'acquisizione del dato batimetrico.

Il software di navigazione e acquisizione dei dati MBES utilizzato a bordo dell'imbarcazione è denominato PDS2000 MBES Series, prodotto e distribuito da Teledyne Reson. Questo software, utilizzando le fonti temporali ricevute dal sistema di posizionamento (Time Stamp - PPS) è in grado

di sincronizzare tutti i dati in acquisizione al fine di aumentare notevolmente l'accuratezza dei rilievi effettuati. Il collegamento tra il software di navigazione ed i sistemi installati a bordo avviene tramite porte ethernet e/o seriali.

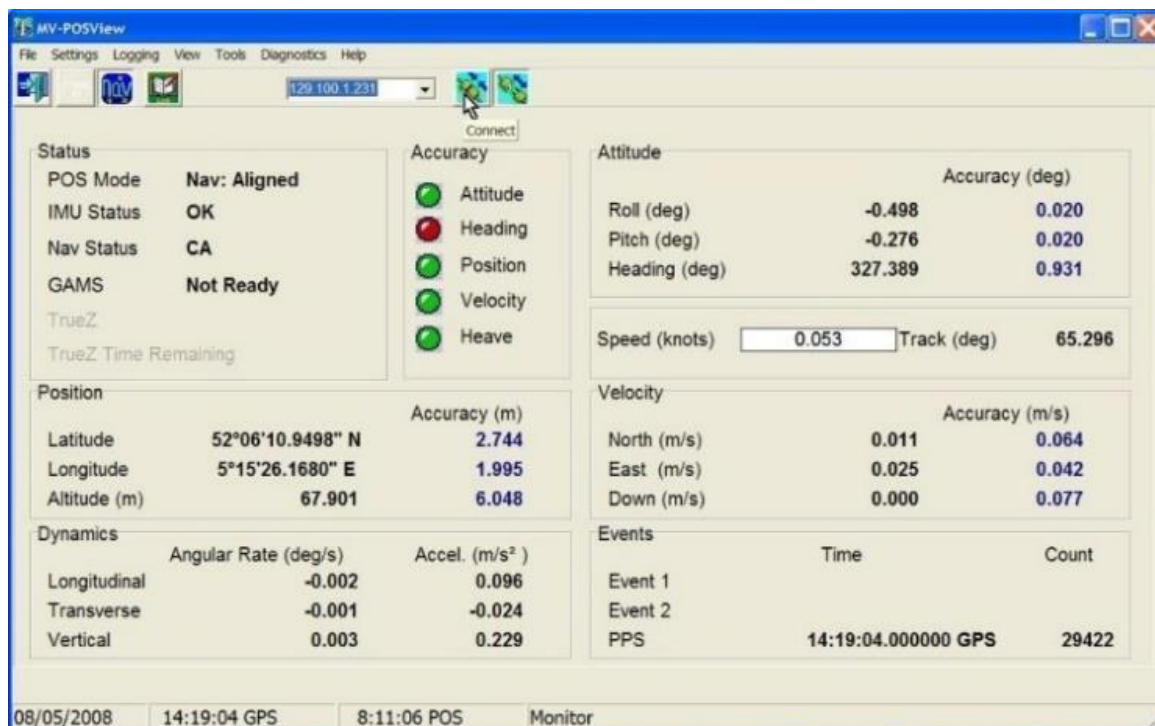


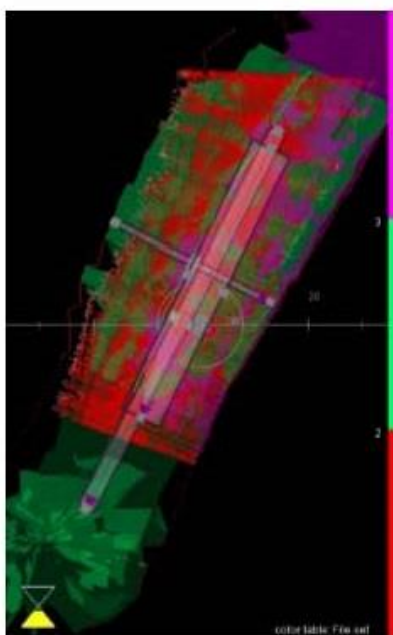
Figura 4: Schermata del software PosView per la gestione del sensore di moto

Il valore della velocità del suono sull'intera colonna d'acqua è stato invece determinato mediante una sonda di velocità standard (Swifh della Valeport) i cui dati sono riportati in allegato 2

Normalmente ogni volta che il sistema MBES viene installato su un'imbarcazione, prima dell'inizio delle operazioni di acquisizione del dato l'unità deve essere corretta rispetto agli errori di latenza, rollio, beccheggio ed imbardata. Nel caso del veicolo ASV la strumentazione viene preventivamente installata e calibrata in laboratorio, quindi formalmente questa procedura potrebbe non essere eseguita. Per garantire la massima accuratezza del sistema e la massima precisione dei dati acquisiti è stata applicata comunque questa procedura al sistema MBES. Tale procedura che comprende quattro fasi distinte viene eseguita al fine di eliminare il disallineamento di installazione tra la girobussola, il sensore di assetto ed il trasduttore MBES installati a bordo del veicolo ASV, e determinare come già accennato in precedenza i seguenti parametri di correzione: tempo residuo del ritardo della posizione (Latenza), residuo di offset angolare del Roll (Rollio), residui di offset angolare del Pitch (Beccheggio), residuo di offset angolare dell'Heading (Imbardata):

Multibeam Calibration Summary

lunedì, 04 maggio 2023, 15:21:43



Calibration file: C:\Users\Public\Documents\PDS Projects\C2023_ADRIARILIEVI_RAVENNA_MISANO-A\

Roll

Results:

Roll Calibration range from -5.61°PU+ to 4.39°PU+ , step 0.01°PU+
Roll mounting angle = -0.61°PU+

Pitch

Results:

Pitch Calibration range from -4.64°BU+ to 5.36°BU+ , step 0.01°BU+
Pitch mounting angle = 0.22°BU+

Yaw

Results:

Yaw Calibration range from -4.28° to 5.72° , step 0.01°
Yaw mounting angle = 0.61°

Multibeam Calibration Roll Results

lunedì, 04 maggio 2023, 15:21:43

Files used

C:\Users\Public\Documents\PDS
Projects\C2023_ADRIARILIEVI_RAVENNA_MISANO-A_LogData\MANCIO_ASV[multibeam]_C2023_ADRIARILIEVI

Heading = 201.71 Å°, Speed = 2.87 Knts

C:\Users\Public\Documents\PDS
Projects\C2023_ADRIARILIEVI_RAVENNA_MISANO-A_LogData\MANCIO_ASV[multibeam]_C2023_ADRIARILIEVI

Heading = 25.65 Å°, Speed = 2.78 Knts

Roll Calibration range from -5.57 °PU+ to 4.43 °PU+, step 0.01 °PU+

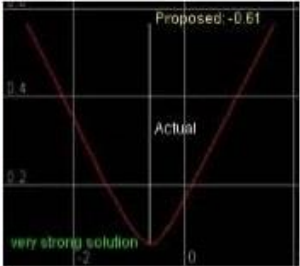
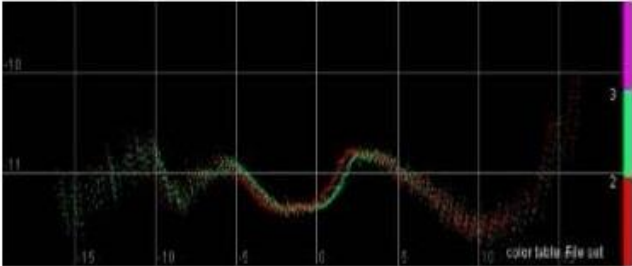
Initial: Roll = -0.61 °PU+

Proposed: Roll = -0.61 °PU+ (automatically computed)

Roll Calibration range from -5.61 °PU+ to 4.39 °PU+, step 0.01 °PU+

Initial: Roll = -0.61 °PU+

Proposed: Roll = -0.61 °PU+ (automatically computed)



Multibeam Calibration Pitch Results

lunedì, 04 maggio 2023, 15:21:43

Files used

C:\Users\Public\Documents\PDS
Projects\C2023_ADRIARILIEVI_RAVENNA_MISANO-A_LogData\MANCIO_ASV[multibeam]_C2023_ADRIARILIEVI

Heading = 201.71 Å°, Speed = 2.87 Knts

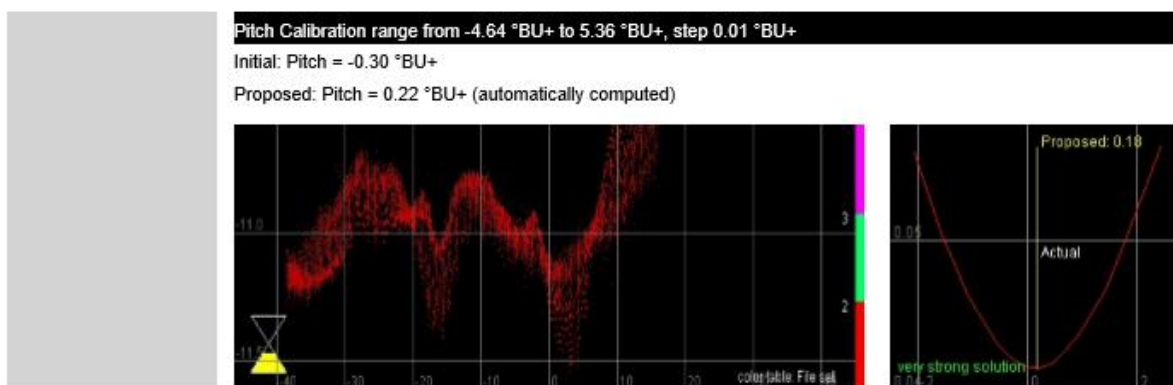
C:\Users\Public\Documents\PDS
Projects\C2023_ADRIARILIEVI_RAVENNA_MISANO-A_LogData\MANCIO_ASV[multibeam]_C2023_ADRIARILIEVI

Heading = 25.65 Å°, Speed = 2.78 Knts

Pitch Calibration range from -4.97 °BU+ to 5.03 °BU+, step 0.01 °BU+

Initial: Pitch = -0.32 °BU+

Proposed: Pitch = 0.36 °BU+ (automatically computed)



Multibeam Calibration Yaw Results

lunedì, 04 maggio 2023, 15:21:43

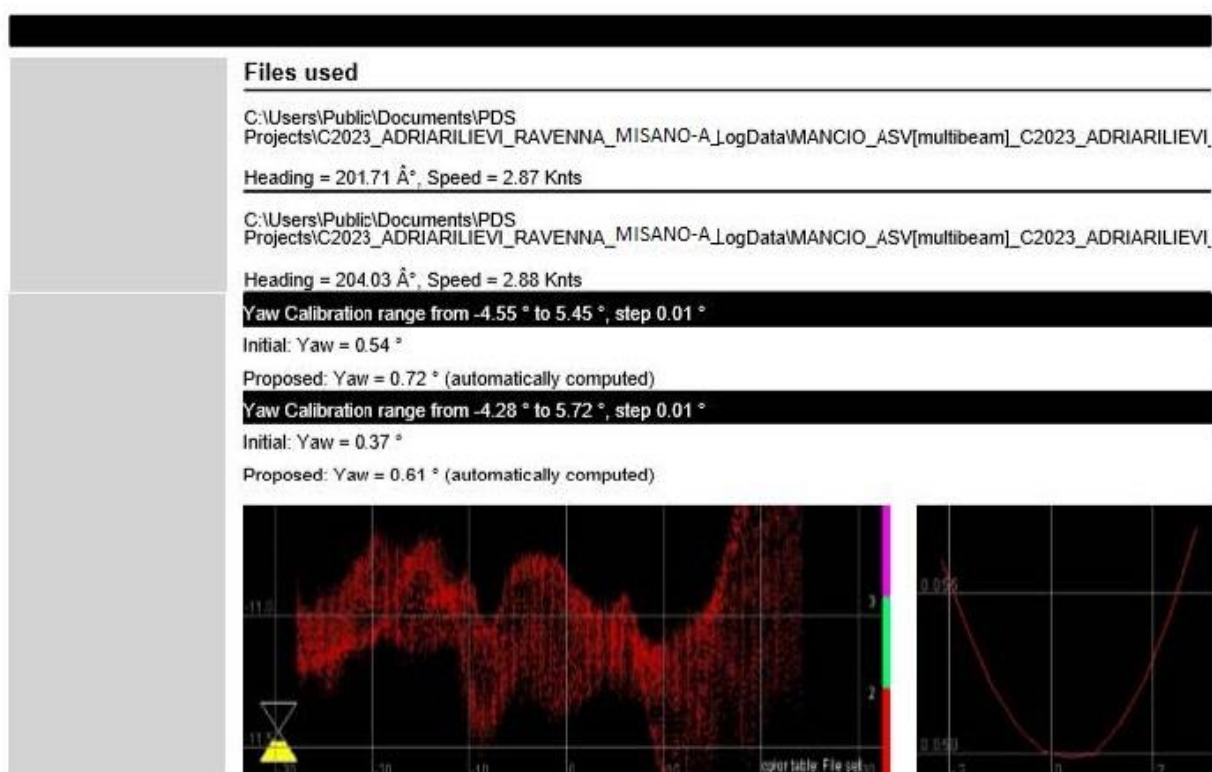


Figura 6: Report di calibrazione del multibeam

ELABORAZIONE DATI MULTIBEAM

La procedura di elaborazione dei dati multibeam ha previsto le seguenti fasi:

- Ricalcolo dei dati di posizione ed assetto processati mediante il software Pospac
- Filtraggio ed eliminazione di risonanze ed interferenze del dato batimetrico in modalità 2D per ogni singolo SWAT (procedura detta di "Despiking"), così da aumentare la precisione e l'accuratezza verticale del DTM finale dell'area rilevata;
- Eliminazione di risonanze ed interferenze del dato batimetrico in modalità 3D non più su singoli Swat ma sulla sovrapposizione di tutti i dati batimetrici acquisiti;

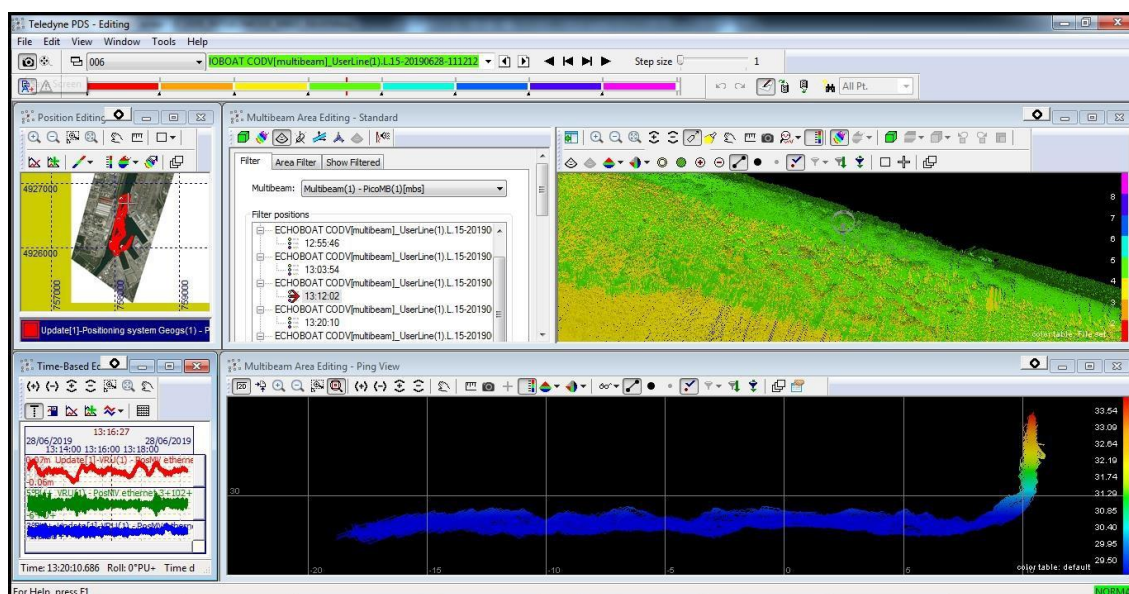


Figura 7: Modulo di processing PDS2000

Per via di una fitta presenza di alghe sul fondale è stata necessaria una pulizia molto accurata dei vari SWAT, sia in modalità 2D che 3D. Dopo un'accurata analisi i dati sono stati elaborati al fine di ottenere una fedele riproduzione mediante DTM a magli quadrata con celle di dimensioni 0.25m x 0.25m, relativo all'intera area indagata. I risultati finali hanno generato un Digital Terrain Model a maglia quadrata con celle di dimensioni pari a 0.5 0m x 0.50 m per evitare la creazione di file eccessivamente pesanti.

RILIEVI TOPOGRAFICI GNSS E FOTOGRAMMETRIA

Per la mappatura delle sponde emerse e delle zone circostanti è stato condotto un volo aerofotogrammetrico con un SAPR di peso inferiore a 2 Kg (DJI Phantom 4 RTK – Targa ITA-1402577), in possesso dei requisiti richiesti dal regolamento ENAC (Cod. Operatore D-Flight ITE7560P5a) e specificamente progettato per rilievi fotogrammetrici tridimensionali (specifiche tecniche in allegato 2).

Il velivolo è dotato di un'antenna GPS differenziale in grado di ricevere la correzione RTK da una base di terra (DJI D-RTK 2 Mobile Station) o attraverso i sistemi di posizionamento via internet. Ciò permette di registrare la posizione dei singoli scatti con precisione di pochi centimetri, garantendo elevata accuratezza nella fase di allineamento dei fotogrammi, e permettendo una mappatura molto precisa di oggetti ed aree di grandi dimensioni.

All'interno dell'area di indagine sono stati materializzati tre target (GCP), precedentemente misurati con tecnologia GNSS come già specificato, con i quali verificare e migliorare la precisione del modello. L'utilizzo del sistema di posizionamento RTK montato a bordo del velivolo richiede un numero inferiore di punti di controllo, semplificando e velocizzando così le operazioni di rilievo.

L'elaborazione dei dati è stata eseguita con specifico software di fotogrammetria (Agisoft Metashape) secondo le seguenti fasi:

- Allineamento dei fotogrammi mediante identificazione dei pixel omologhi e della georeferenziazione accurata delle immagini;
- Definizione degli orientamenti della camera e calcolo della distorsione dei singoli fotogrammi
- Inserimento dei GCP, identificazione sui singoli fotogrammi e ottimizzazione del modello;
- Generazione della nuvola di punti densa
- Calcolo del modello tridimensionale a maglia triangolare (MESH) e DTM;
- Creazione di ortofoto ad alta risoluzione.

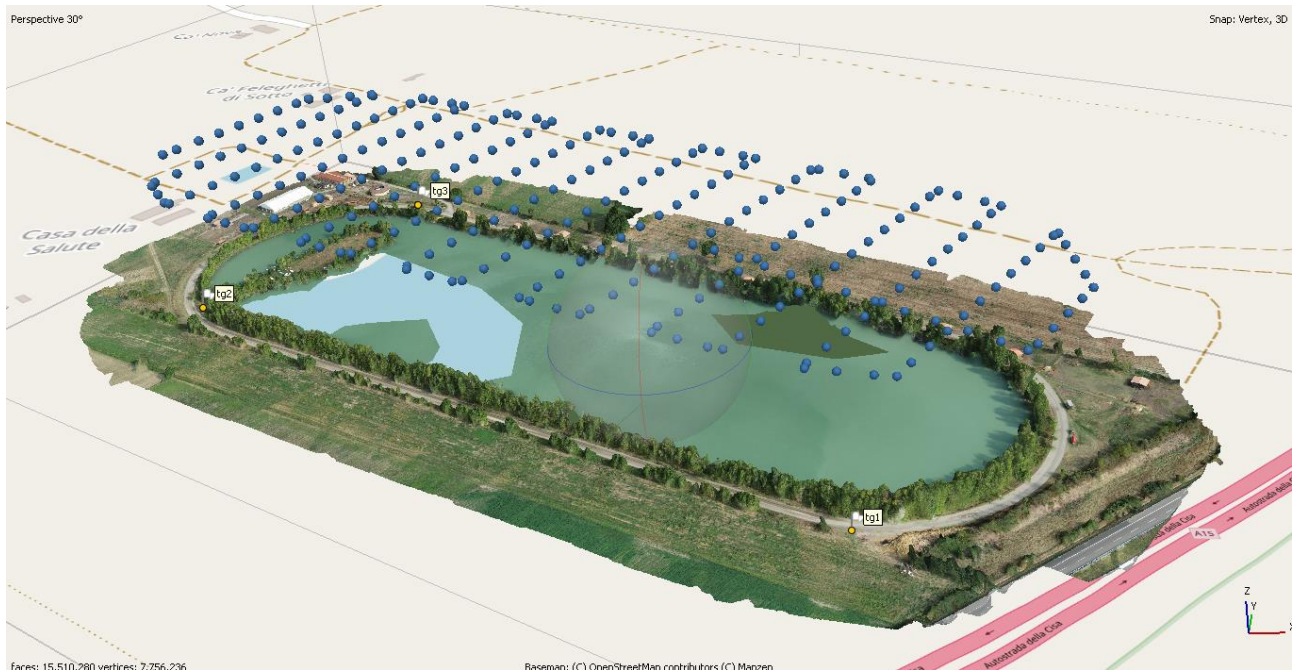


Fig. 8– Posizione dei singoli fotogrammi (pallini blu) e dei GCP (Bandierine).

Laddove la vegetazione era troppo fitta per poter ottenere le quote del terreno direttamente dal modello aerofotogrammetrico sono stati misurati dei punti aggiuntivi con il ricevitore GNSS già menzionato.

CONSEGNA RISULTATI FINALI E PRODUZIONE CARTOGRAFICA

I dati batimetrici, fotogrammetrici e topografici sono stati uniti con il software QGIS con cui sono stati generati i vari prodotti necessari alla produzione di cartografia tematica in formato CAD

Le tavole CAD in scala 1:1000 riportano le curve di livello ogni 50 cm, i punti quotati a maglia 5 metri, ed una scala cromatica della superficie altimetrica del terreno a maglia 50 centimetri.

Sono state anche generate 17 sezioni topografiche, distanziate tra loro 50 metri ed ubicate sia in senso trasversale che longitudinale rispetto alle sponde del lago.