



Regione Calabria
Dipartimento Infrastrutture Lavori Pubblici
Mobilità Settore 13 Infrastrutture di Trasporto

Accordo Quadro quadriennale per servizi di ingegneria ed architettura:
progetto di fattibilità tecnica ed economica e la progettazione definitiva/esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di
progettazione e affidamento delle attività dell'Ufficio di Direzione dei Lavori per l'espletamento della Direzione Lavori, delle
attività tecnico-amministrative connesse alla Direzione Lavori nonché del Coordinamento della Sicurezza in fase di Esecuzione
per la realizzazione di interventi stradali

RUP: Ing. Roberto Luigi Ruffolo

DEC : Ing. Giovanna Petrungaro



Contratto Attuativo: Lotto 6 - San Luca

Collegamento dalla Strada Statale 106 Jonica
al Santuario della Madonna di Polsi
CUP: J52C19000070001

Responsabile del procedimento: Ing. Roberto Luigi Ruffolo

PROGETTO DEFINITIVO

Raggruppamento temporaneo di Progettisti		Redazione dell'elaborato	
Mandataria	Mandante	Mandante	Dott. Ing. Alessandro Placucci
			
			

Responsabile della integrazione fra le diverse prestazioni specialistiche

TECHNITAL S.p.A.
Dott. Ing. Filippo Busola

TITOLO ELABORATO:
RILIEVI E INDAGINI

Rilievi

Relazione descrittiva dei rilievi planoaltimetrici

Identificazione elaborato

Progetto	Progettista	Fase	Lotto	Disciplina	Ambito	Tipologia Elaborato	Rev.
S I 1 2 4 E	C	D	6	R G E	0 1	R T 0 1	A

Data: Maggio 2022

Scala: R

File: SI124E-C-D-6-RGE-01-RT01-A.DWG

A	Maggio 2022	EMISSIONE	Costa	Placucci	Busola
EM/REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A TERMINE DI LEGGE CI RISERVIAMO LA PROPRIETA' DI QUESTO ELABORATO CON DIVIETO DI RIPRODURLO RENDENDOLO NOTO A TERZI ANCHE PARZIALMENTE SENZA NOSTRA AUTORIZZAZIONE.					



Sommario

1.	PREMESSA	2
1.1.	Inquadramento geodetico	2
1.2.	Sistema di coordinate	2
1.3.	Operazioni in appoggio laser scanner e fotogrammetria da drone	2
1.4.	Rilievo aerofotogrammetrico con SAPR.....	2
1.5.	Lidar Ministero Ambiente e Rilievo Aerofotogrammetrico.....	2
1.6.	Programmazione del volo per rilievo fotogrammetrico.....	3
1.7.	Operazioni preliminari al volo e rilievo di appoggio	4
1.8.	Rilievo Laser Scanner 3D.....	5
1.9.	Elaborazione dei dati	5
1.10.	Rilievo opere d'arte	6
1.11.	ELABORATI PRODOTTI	6





1. PREMESSA

Nell'ambito della progettazione definitiva sono stati eseguiti rilievi geometrico tridimensionale mediante l'esecuzione di rilievi topografici, rilievo fotogrammetrici con tecnologia SAPR (Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto) con drone e rilievo con laser scanner relativamente all'intera area di intervento. Le operazioni topografiche, con tecnologia GNSS e Stazione Totale, sono state effettuate in appoggio a tutte le operazioni di Laser Scanner e riprese fotogrammetriche a mezzo drone.

1.1. Inquadramento geodetico

In appoggio alle operazioni di rilievo sui siti di interesse sono stati materializzati dei capisaldi. La differenza sostanziale risiede nel fatto che i Capisaldi a terra sono stati realizzati mediante bersagli di alta visibilità di dimensioni 40 x 40 cm (quadrati) e circolari di diametro 40 cm mentre i target a parete sono stati realizzati mediante l'installazione di superfici ad alta riflettanza di tipo 3M dimensioni 10x10 su bersagli plastificati di dimensione 40x30 cm. I capisaldi a terra sulla strada sono stati misurati direttamente con la strumentazione GNSS. I target a parete insieme a quelli posti sull'area di versante alla base del costone sono stati georiferiti mediante l'utilizzo della Stazione totale.

Le misurazioni topografiche sono state effettuate con strumento GNSS in modalità statica, al fine di raggiungere una precisione adeguata al rilievo in questione. In particolare è stata effettuata una misura statica con acquisizione a 1 secondo su un caposaldo del sito.

In seguito sono state misurate le coordinate degli altri punti di riferimento sempre con operazioni GNSS in modalità statica. Nel caso in cui la posizione dei capisaldi non consentiva una buona ricezione del segnale satellitare, le stesse sono state determinate con l'utilizzo della stazione totale e di un rilievo celerimetrico combinato.

1.2. Sistema di coordinate

Per ogni caposaldo e target sono state determinate le coordinate sia nel sistema WGS84 UTM33N sia nel sistema GAUSS-BOAGA.

Per ottenere le conversioni nei vari sistemi, sia planimetrici che altimetrici, sono stati utilizzati gli algoritmi di calcolo forniti dall'IGM utilizzando software dedicato.

1.3. Operazioni in appoggio laser scanner e fotogrammetria da drone

Il rilievo dei target ad alta riflettanza per la georeferenziazione delle nuvole di punti è stato effettuato con la stazione totale. I target ove erano ben visibili sono stati rilevati con la modalità laser in modo da ottenere ottime precisioni senza bisogno di posizionare prismi sugli stessi evitando quindi spostamenti accidentali o errori di collimazione. Per la determinazione delle coordinate assolute ci si è riferiti ai capisaldi descritti in precedenza.

1.4. Rilievo aerofotogrammetrico con SAPR

Il rilievo fotogrammetrico è stato eseguito con la metodologia SAPR (Sistema a Pilotaggio Remoto) da drone.

Gli strumenti utilizzati per tale tipologia di rilievi sono:

- Drone DJI Phantom 4 pro
- Drone DJI matrice 600
- Laser scanner terrestre RIEGL WZ-400i
- Laser scanner scan fly
- Ricevitore GPS Geomax Zenith 35

1.5. Lidar Ministero Ambiente e Rilievo Aerofotogrammetrico

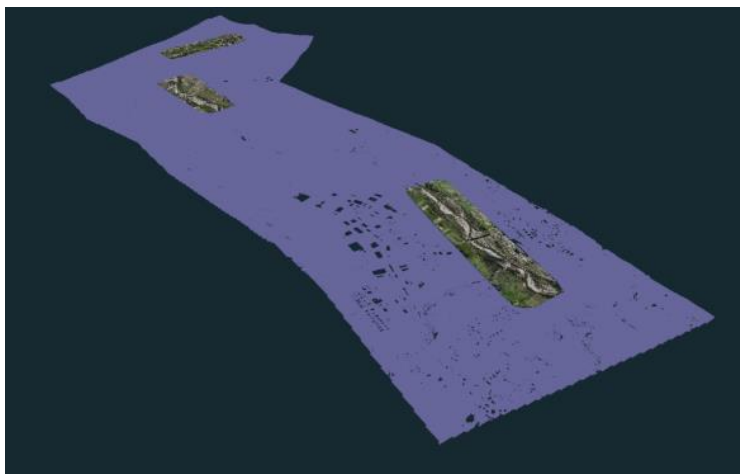
Per quanto riguarda il rilievo di inquadramento generale nella prima fase, essendo le superfici di particolare estensione, sono stati richiesti presso il Geoportale Nazionale le nuvole di punti e i DTM delle intere aree di interesse. Questi ci hanno permesso un primo inquadramento delle zone, che sono poi state integrate dai rilievi da noi eseguiti, in accordo con l'ingegnere idraulico, delle zone delle Fiumare soggette di studio (fondamentale, in quanto il dato del ministero risulta preciso ed uniforme, ma risulta datato al 2009 e quindi non affidabile per rappresentare al meglio le sezioni idrauliche che, nel corso del tempo avranno subito variazioni di diversa entità). A seguito dei rilievi i dati ottenuti sono stati uniformati, ottenendo così un DTM ibrido, prendendo come base quello del ministero (opportunamente





georeferenziato in accordo con i punti di controllo presi in campo) integrati dai nostri rilievi allo stato attuale delle fiumare.

Di seguito un esempio:



DETTAGLIO DELLA NUVOLA “IBRIDA” - In viola il dato del ministero, a colori il dato aerofotogrammetrico da drone



Le restituzioni sono state effettuate con appositi software di fotogrammetria per l'elaborazione delle immagini (3d Zephyr) e il prodotto finale che è stato presentato è un DTM in formato GEOTIFF risultante dalla nuvola “ibrida”.

1.6. Programmazione del volo per rilievo fotogrammetrico

Il rilievo fotogrammetrico da drone è stato eseguito utilizzando foto ad alta risoluzione sia zenitali che oblique con una percentuale di sovrapposizione di circa l'80 %.

La prima cosa che è stata programmata è la scelta della altezza di volo, responsabile della precisione del rilievo e funzione del tipo di risoluzione da ottenere.

In considerazione della finalità dello stesso si è scelto di lavorare ad una distanza di 100/120 mt dal costone. Una volta stabilita la quota sono state calcolate: le dimensioni dell'area di ripresa, la risoluzione del pixel, il tempo di scatto fra due fotogrammi, etc.

Le dimensioni dell'area di ripresa sono state importanti per programmare la sessione di volo e per stabilire la risoluzione delle foto a terra (GSD = Ground Sampling Distance).

Per l'acquisizione dei dati fotografici esistono 2 modalità:

- 1) Modalità automatica attraverso l'utilizzo dei waypoints.
- 2) Modalità manuale con acquisizione visiva delle foto da utilizzare.

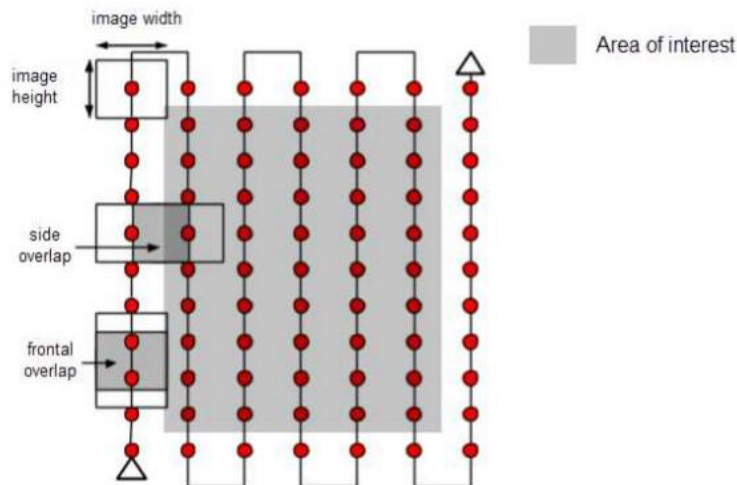
Nel caso in oggetto sono state utilizzate entrambe le modalità a seconda dell'area da rilevare e della possibilità di poter ubicare facilmente i waypoints (target), molto utili nella fase di elaborazione per unire le diverse “strisciate”.

Le “strisciate” eseguite, hanno mostrato per la maggior parte dei casi una sovrapposizione di almeno l'80-85% in senso longitudinale – overlap (rispetto alla direzione di volo) ed almeno il 50-60% di sovrapposizione laterale - overside (tra le





strisciate). Gli scatti sono stati eseguiti secondo una griglia regolare preimpostata mantenendo la fotocamera il più possibile ad un'altezza costante sul terreno/oggetto per garantire il GSD desiderato. Dove non è stato possibile variare la quota è stata configurata una altezza di volo in funzione della zona più bassa da riprendere (ostacoli permettendo).



Schema di presa aerea

Durante la fase di volo quindi il drone ha avanzato a "zig-zag" fino a coprire l'intera area ovvero ha eseguito le cosiddette "strisciate" tra loro staccate di una determinata misura.

Lungo la direzione di volo il drone ha proceduto a velocità costante ed eseguito delle foto con una temporizzazione stabilita (timelaps) secondo le regole della fotogrammetria tradizionale.

Il pilota in questa fase di acquisizione ha valutato la corretta velocità di volo, in quanto maggiore è la velocità maggiori sono poi le approssimazioni e minore sarà la qualità delle foto.

Dove è stato usato il metodo automatico di rilievo tramite i waypoints, è stato stesso il software di gestione del drone a valutare correttamente tutti i parametri e ad avviare la missione, ma in questo caso è stato necessario un buon segnale GPS per consentire al drone di posizionarsi correttamente lungo le strisciate.

1.7. Operazioni preliminari al volo e rilievo di appoggio

Una volta preparata la missione di volo è necessario sottostare ad alcune operazioni preliminari prima di eseguire materialmente il volo.

È stata valutata la sicurezza prima di tutto, sia per le persone che per le cose che interessano la zona del rilievo.

- 1) E' stato fatto un controllo delle condizioni meteo (pioggia e vento forte non sono adatti per questo tipo di rilievi).
- 2) Per una migliore resa delle foto è stata scelto di volare in presenza di una buona illuminazione solare.
- 3) E' stata valutata la possibilità di avere copertura GPS per volare in modalità "sicura".
- 4) Sono state individuate le postazioni di decollo ovvero zone sufficientemente ampie e prive di ostacoli e poste in piano.
- 5) E' stata verificata la possibilità di controllare il drone attraverso un piccolo volo in manuale, che assicura l'assenza di interferenze radio sulle frequenze utilizzate.
- 6) Essendo, nella zona del rilievo, prevista la presenza di persone e/o animali, il volo è stato programmato nelle ore in cui era prevista meno affluenza.

Per quanto riguarda il drone è stato eseguito un check iniziale diviso in:

- 1) Controllo dello stato delle batterie del drone, del controller e del tablet.
- 2) Verifica delle eliche affinché siano integre e ben fissate.
- 4) Verifica di avere sufficiente memoria libera nella scheda SD della fotocamera.
- 5) Calibrazione del compass (Bussola magnetica).
- 6) Attesa di collegamento del drone a più satelliti possibile.
- 7) Ubicazione, prima di partire, del punto di "return to home" in caso di anomalia.

Risulta di fondamentale importanza, come specificato nel precedente paragrafo, per una corretta calibrazione (georeferenziazione) della nuvola di punti,

il rilievo di appoggio su dei punti noti (GCP: Ground Control Point).

I punti rilevati hanno determinate caratteristiche:

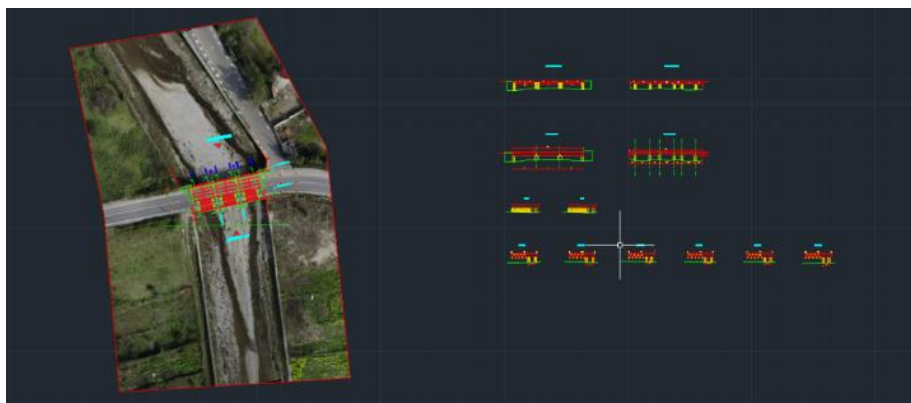


- 1) Appartengono alla zona di rilievo.
- 2) Sono visibili e identificabili dall'alto. Sono stati scelti punti con contrasti cromatici elevati, ed esempio una zona di passaggio tra asfalto (cemento) e erba, la differenza elevata di colorazione li rende facilmente identificabile dalle altitudini di rilievo del drone. In alternativa sono stati utilizzati dei target topografici di adeguate dimensioni.
- 3) Sono distribuiti in maniera abbastanza omogenea nell'intera area del lavoro sia in planimetria che in altimetria (punti alti e punti bassi).

Per calibrare una nuvola nello spazio sono serviti minimo 4 punti noti, ma come sempre sono stati necessari rilevare un numero sovrabbondante in modo da valutare gli scarti e la precisione del rilievo. Per l'intera area del costone sono stati utilizzati circa 50 target a terra e 20 target a parete.

1.8. Rilievo Laser Scanner 3D

Per quanto riguarda le opere d'arte maggiori, come ad esempio il ponte presente su San Luca, è stato effettuato un rilievo con laser scanner terrestre (Riegl VZ-400i), che grazie alla generazione di una nuvola di punti ad altissima risoluzione dello stesso, ha permesso di ottenere sezioni e profili in punti caratteristici che al meglio rappresentano l'ingombro, la geometria e la posizione dello stesso.



Planimetria ponte di esempio UTM33N

Per georiferire ciascuna scansione alla rete ellissoidica UTM 33N, sono state posizionate mire cartacee, rilevate poi strumentalmente o riconosciute direttamente dai Laser Scanner 3D.

Dalla nuvola di punti in formato LAS sono stati ottenuti, tramite il programma POINTCAB delle sezioni dwg riportanti il fotopiano della sezione, successivamente vettorializzati ed impagninati.

1.9. Elaborazione dei dati

La fase di elaborazione inizia dopo aver scaricato le foto memorizzate nel drone (in genere una scheda di memoria micro SD). Si è proceduto poi con l'analisi delle singole foto (si tratta di un'analisi visiva), in particolare sono state eseguite le seguenti verifiche:

- 1) Verifica della corretta inquadratura (l'asse ottico deve essere ortogonale al terreno);
- 2) Verifica della qualità dell'immagine (foto mosse o sfocate)
- 3) Verifica dell'esposizione (foto sotto-esposte o sovra-esposte)
- 4) Verifica dell'ordine sequenziale in base alle strisciate (non è indispensabile ma è preferibile).

Le eventuali foto mosse o sfocate sono state eliminate, perché in esse vi sono difetti difficilmente eliminabili con i software di post-elaborazione, mentre le foto male esposte sono state trattate con i programmi di fotoritocco. In nessun caso le foto sono state ridimensionate, ruotate, ritagliate ecc.

In alcuni casi sono state applicate alle foto delle maschere nelle zone dove non si voleva l'elaborazione del modello 3D (ad esempio l'eliminazione dello sfondo su ricostruzioni di soggetti o manufatti in primo piano).

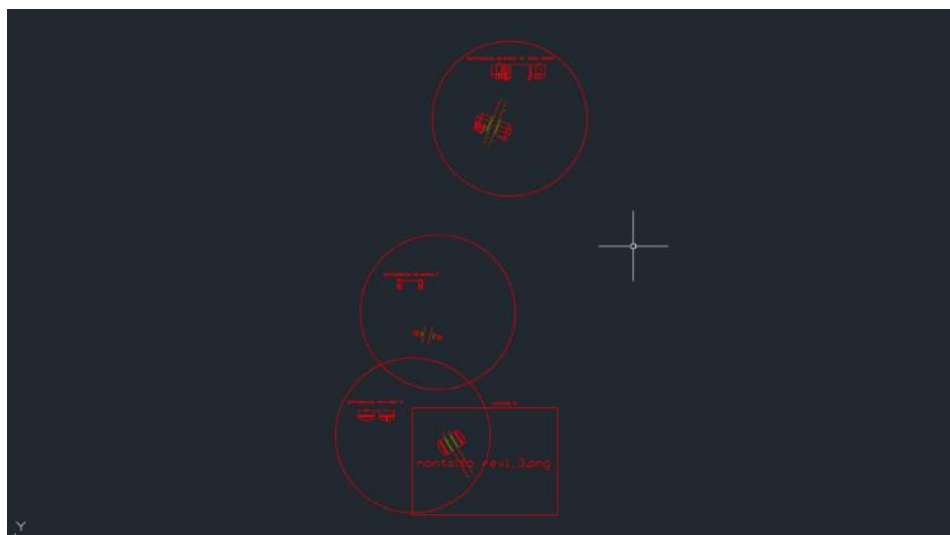
Dopo aver opportunamente trattato le foto per la creazione del modello 3D, sono stati utilizzati software come MeshLab e Cloud Compare, che hanno permesso in questa fase di processamento, in primis la georeferenziazione della nuvola di



punti ottenuta, in un secondo momento si è proceduto con la fondamentale fase di decimazione e di filtraggio del dato. In definitiva è stata ottenuta una Nuvola di punti da 1.348 milioni di punti mediante l'elaborazione di circa 2500 fotografie.

1.10. Rilievo opere d'arte

Per quanto riguarda invece le varie opere da rilevare (attraversamenti, tombini, ecc) è stato effettuato rilievo topografico con GPS, che da un riscontro piano altimetrico compatibile al rilievo aereo. Per le geometrie delle stesse è stato effettuato il rilievo geometrico delle opere e riportate in planimetria.



Planimetria topografica di dettaglio delle opere interessate

1.11. ELABORATI PRODOTTI

La fase finale del lavoro di post-processing delle nuvole di punti si sviluppa attraverso la restituzione metrica di planimetrie, prospetti e sezioni del versante oggetto di studio. Gli elaborati prodotti rappresentano, in maniera esaustiva, la geometria del costone indagato e il relativo intorno.

La planimetria e i prospetti realizzati in scala 1:2000, sono rappresentati con curve di livello ad intervallo di 1 metri per le ausiliarie, mentre per le curve di livello direttrici ad intervallo di 5 m, come indicato nelle seguenti figure. Per i seguenti elaborati sono stati realizzati anche i modelli digitali del terreno DTM.

