



Il Commissario Straordinario del Governo
per il recupero e la valorizzazione dell'ex carcere borbonico
dell'isola di Santo Stefano - Ventotene



Comune di Ventotene
REGIONE LAZIO

CONTRATTO ISTITUZIONALE DI SVILUPPO

RECUPERO E RIFUNZIONALIZZAZIONE EX CARCERE BORBONICO DELL'ISOLA DI SANTO STEFANO VENTOTENE

Intervento 3.a "Realizzazione/adequamento degli approdi all'Isola di Santo Stefano, Opere di mitigazione del rischio crolli sulla Falesia "



STAZIONE APPALTANTE



Agenzia nazionale per l'attrazione
degli investimenti e lo sviluppo d'impresa SpA

Funzione Servizi di Ingegneria

ATTIVITA' TECNICHE
Beni Culturali e Architettura
Arch. Rosa di NUZZO

INVITALIA S.p.a.: Soggetto Attuatore in ottemperanza agli artt. 3 e 8 del Contratto Istituzionale di Sviluppo
"Recupero e rifunionalizzazione ex carcere borbonico dell'isola di Santo Stefano Ventotene"

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Dott. Ing. ENRICO FUSCO

COORDINAMENTO PROGETTAZIONE: Dott. Arch. Rosa di NUZZO

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA
Dott. Arch. Massimo BARAGLI

PROGETTAZIONE STRUTTURALE
Dott. Ing. Letterio SONNESSA

PROGETTAZIONE OPERE MARITTIME
Dott. Ing. Daniele BENOTTI

RELAZIONE GEOLOGICA
Dott. Geol. Vincenzo GUIDO

PROGETTAZIONE IMPIANTI
Dott. Ing. Pierluigi ROSATI
Dott. Ing. Osvaldo PITORRI

PROGETTAZIONE DELLA SICUREZZA
Dott. Ing. Nunzio LAURO

PROGETTAZIONE AMBIENTALE e PROCEDURE VIA-Vinca
Dott. Luca DI NARDO

COMPUTI E STIME
Geom. Luigino D'ANGELANTONIO

RELAZIONE ARCHEOLOGICA: ASPSP Servizi Archeologici snc, Dott.ssa Laura SANNA e Francesco TIBONI

SUPPORTO TECNICO OPERATIVO

PROGETTAZIONE OPERE MARITTIME:
3TI Progetti Italia - Ingegneria Integrata SpA
Dott. Ing. Stefano Luca POSSATI

PROGETTAZIONE AMBIENTALE e PROCEDURE VIA-Vinca:
SETIN Servizi tecnici Infrastrutture s.r.l.
Dott. Alessandro PIAZZI

PROGETTAZIONE GEOTECNICA:
STUDIO TECNICO ASSOCIATO - SINTESI
Dott. Ing. Germano GUIDUCCI

PROGETTAZIONE IDRAULICA E MARITTIMA
DHI Srl
Dott. Ing. Luis Alberto CUSATI

INGEGNERIA NAVALE
Dott. Ing. Francesco PRINZIVALLI

CONSULENZA TECNICO-SCIENTIFICA
Prof. Ing. Paolo SAMMARCO

INDAGINI GEOGNOSTICHE :
Geodes Laboratori
Dott.ssa M. Gabriella BEVLACQUA

INDAGINI E RILEVAZIONI AMBIENTALI, ARCHEOLOGICHE E STRUMENTALI A MARE :
Enviroconsult srl - Dott. Ing. Roberto SAGGIOMO

INDAGINI SULLE STRUTTURE :
ICS Centro Sperimentale di Ingegneria Srl
Dott. Ing. Giuseppe MONTELLA

INDAGINI GEOMECCANICO :
Geoapp Srl
Dott. Paolo FARINA

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO			DATA	NOME	FIRMA
Stato di fatto Relazione tecnica rilievo geomeccanico ---- ----			REDATTO	05-03-2021	GEOAPP
			VERIFICATO	05-03-2021	BARAGLI
			APPROVATO	05-03-2021	Rosa di NUZZO
			DATA	05-03-2021	CODICE BREVE
			SCALA	----	
REVISIONE	DATA	AGGIORNAMENTI	CODICE ELABORATO		
Rev. 1	13-09-2021	Revisione in sede di procedura di VIA	2017E037INV-02-D-R0-RT0001		
Rev. 2	20-11-2023	Integrazione condizione ambientale n.6	CODICE FILE		
Rev. 3			2017E037INV-02-D-R0-RT0001.dwg		

R0-RT0001

“Rilevamenti topografici mediante droni dell’Isola di Santo Stefano”

febbraio 2023

TAVOLA DEI CONTENUTI

1	INTRODUZIONE	4
2	CENNI SULLA TECNICA UTILIZZATA	5
2.1	ESECUZIONE DEL RILIEVO	5
2.2	PIANIFICAZIONE DEI VOLI	5
2.3	PUNTI DI CONTROLLO A TERRA (GCP).....	7
2.4	ELABORAZIONE	7
2.4.1	<i>Nuvola di punti</i>	8
2.4.2	<i>Georeferenziazione</i>	8
2.4.3	<i>Digital Terrain Model (DTM)</i>	9
3	PRODOTTI	10

1 Introduzione

I rilievi topografici sono stati eseguiti mediante l'uso del drone **Saturn Mini** (Figura 1), di esclusiva progettazione, realizzazione e brevetto del Centro per la protezione civile dell'Università di Firenze. Il Saturn Mini è un drone leggero (<2kg in configurazione standard di volo) multirottore ad alte prestazioni di volo. Con la sua configurazione a esacottero è capace di velocità di punta di circa 90 km/h e di trasportare carichi fino a 1.5 kg.



Figura 1 - I droni Saturn Mini.

2 Cenni sulla tecnica utilizzata

Per la mappatura di dettaglio dell'area è stato impiegato un SAPR, comunemente detto drone. Tali velivoli consentono l'esecuzione di rilievi aerofotogrammetrici ad altissima risoluzione che possono essere sfruttati per l'elaborazione di modelli topografici tridimensionali dell'area investigata.

Nello specifico, un drone, equipaggiato con fotocamere digitali, è in grado di acquisire immagini in automatico, in posizioni geografiche definite dall'operatore tramite la programmazione di un piano di volo. Le immagini vengono acquisite in modo tale da ricoprire l'intera area di interesse e da garantire la parziale sovrapposizione tra fotogrammi geograficamente contigui. Tramite l'utilizzo di punti di controllo a terra, con coordinate note o misurate (*GCP-Ground Control Points*), i prodotti ottenuti dall'elaborazione aerofotogrammetrica vengono correttamente georeferenziati e scalati.

2.1 Esecuzione del rilievo

Tra i giorni 21 e 23 febbraio 2023 è stato eseguito un rilievo aerofotogrammetrico dei due approdi dell'isola di Santo Stefano. Il rilievo è stato realizzato mediante l'uso del drone Saturn Mini 02 (classe Saturn Mini), realizzato e brevettato dal DST-UNIFI, equipaggiato con fotocamera digitale Canon IXUS 240, avente risoluzione di 16.1 Mpix (massima risoluzione dell'immagine: 4608x3456 pixel). La fotocamera è stata calibrata prima dell'inizio del rilievo, al fine di impostare con precisione i parametri ottici, utili in fase di elaborazione delle immagini tramite *software* dedicato. La risoluzione dei prodotti ottenuti dipende dalla risoluzione dei fotogrammi acquisiti in fase di volo, la quale dipende, a sua volta, dalla quota di volo: tanto minore è la distanza tra fotocamera e bersaglio, tanto maggiore è la risoluzione. Rilievi effettuati, come in questo caso, mantenendo costante la quota di volo implicano una variabilità della risoluzione dei fotogrammi in funzione dell'altitudine rispetto al suolo (*AGL - Altitude Above Ground Level*) e, quindi, della topografia e degli accidenti morfologici dell'area.

2.2 Pianificazione dei voli

L'esecuzione del rilievo ha richiesto una fase preliminare di pianificazione nella quale le 2 aree sono state coperte in 2 diversi voli, realizzati impostando strisciate di acquisizione a geometria incrociata, all'incirca perpendicolare e parallela alla linea di costa (Figura 2 e Figura 3). Per ciascun volo è stata pianificata una traiettoria ottimale con punti di presa delle immagini in specifici punti geografici, per ottenere una sovrapposizione ottimizzata tra le immagini, che è stata imposta non inferiore al 70% in direzione di volo (*overlap*) e non inferiore al 80% tra fotogrammi appartenenti a strisciate contigue (*sidelap*)(vedi Tabella 1).

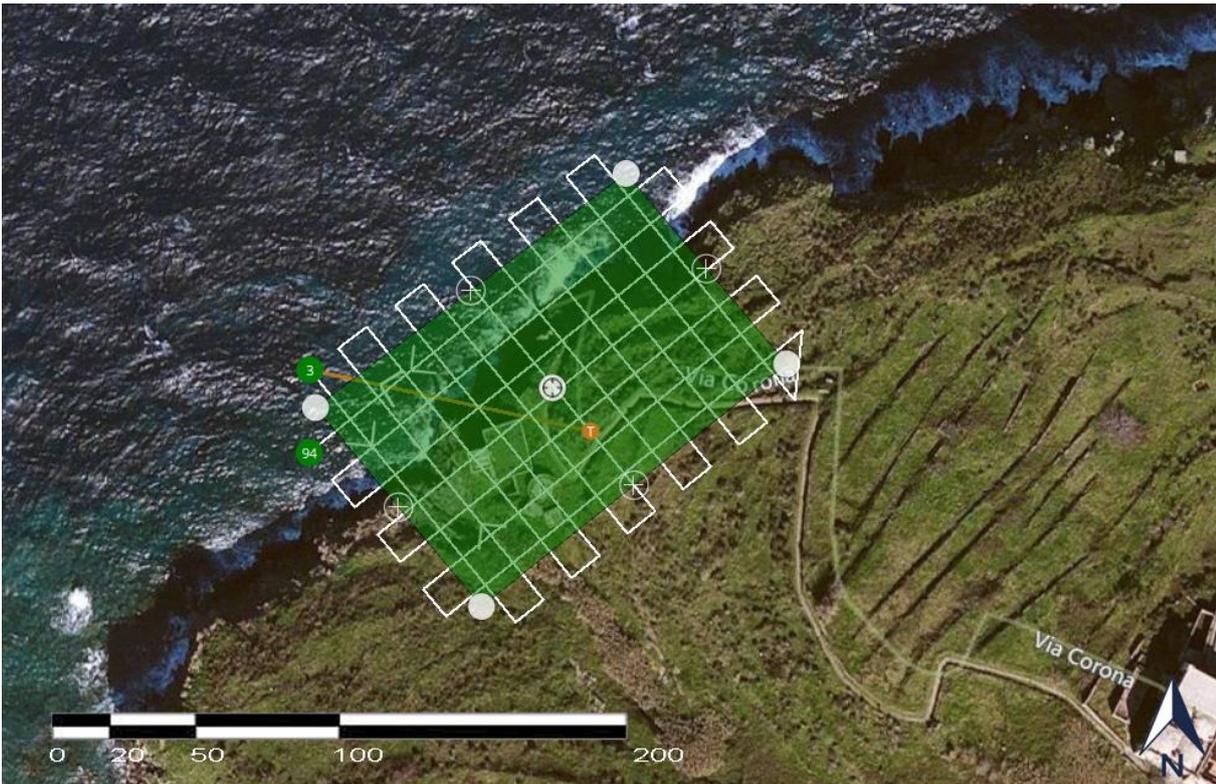


Figura 2 - Traiettoria del piano di volo eseguito durante l'esecuzione del rilievo nell'area Approdo Marinella sull'isola di Santo Stefano.

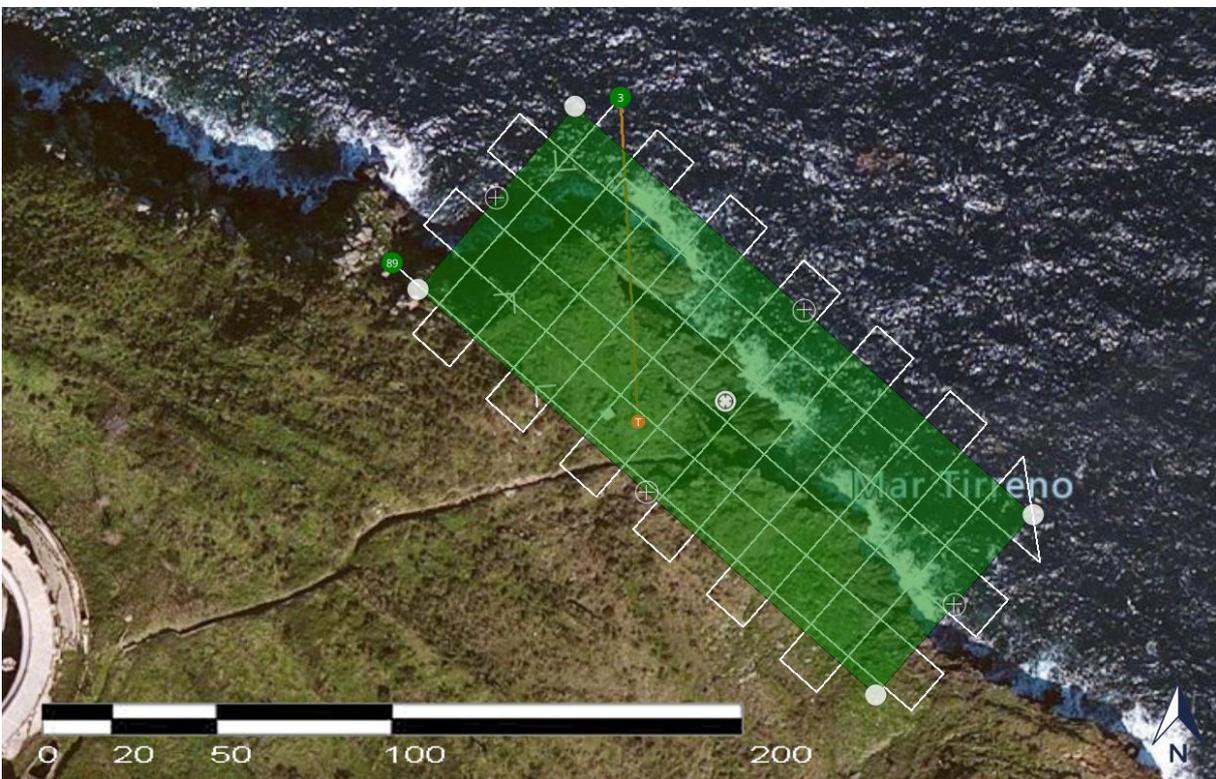


Figura 3 - Traiettoria del piano di volo eseguito durante l'esecuzione del rilievo nell'area Approdo Marinella sull'isola di Santo Stefano.

Come schematicamente illustrato in Tabella 1, della fase di volo sono stati acquisiti principalmente fotogrammi in direzione nadirale a quota costante dal punto di decollo, mediamente circa a **30 m AGL** (Above

Ground Level). L'elevato numero di fotogrammi acquisiti è stato in gran parte dovuto alla complessità morfologica delle aree, ricche di oggetti e crepe.

2.3 Punti di controllo a terra (GCP)

La campagna di rilevamento GPS è stata eseguita mediante GPS Emlid Reach RS+ con correzione RTK tramite servizio Italtos, finalizzata alla misura delle coordinate di n. 5 punti di controllo (GCP) per ogni area di rilievo. I punti di controllo sono stati utilizzati per la georeferenziazione e validazione del modello tridimensionale ottenuto in fase di rilievo aerofotogrammetrico e per la valutazione dell'accuratezza dei dati risultanti.

Il corretto funzionamento del GPS Emlid Reach RS+ è stato verificato tramite misura di un punto IGM (Firenze San Miniato al Monte) pre e post rilievo, non mostrando deviazioni oltre l'errore di misura.

Tabella 1 - Caratteristiche dei rilievi fotogrammetrici da drone

	Approdo Marinella	Approdo 4
Fotogrammi utilizzati	178	207
Estensione rilievo (m ²)	8900	8500
Overlap minimo	~70%	~70%
Sidelap minimo	~80%	~80%
Punti di controllo (GCPs)	5	5
Accuratezza (GCPs)	< 5 cm	< 5 cm



Figura 4 - Marker al suolo per rilevamento delle coordinate GPS dei *Ground Control Points*

2.4 Elaborazione

Le immagini acquisite sono state elaborate tramite *software Structure-from-Motion (SfM) Agisoft Metashape Pro* (versione 1.8.4) al fine di ottenere rappresentazioni tridimensionali delle superfici visibili in formato

“nuvola di punti” (*point cloud*), modelli poligonali 3D delle superfici rilevate (*Mesh*), modelli digitali di terreno (DTM) e di superficie (DSM), nonché un’ortofoto mosaicata ad alta definizione.

2.4.1 Nuvola di punti

Le immagini sono state allineate alla massima risoluzione sfruttando il dato di *geotagging* del drone (WGS 84 EPSG:4326) con accuratezza sub-metrica, le calibrazioni di lente e tramite l’individuazione di punti omologhi sul terreno, visibili su più immagini contigue. Perfezionato l’allineamento tra i voli e le immagini, è stata creata una nuvola di punti ad alta densità partendo dalle immagini alla massima risoluzione.

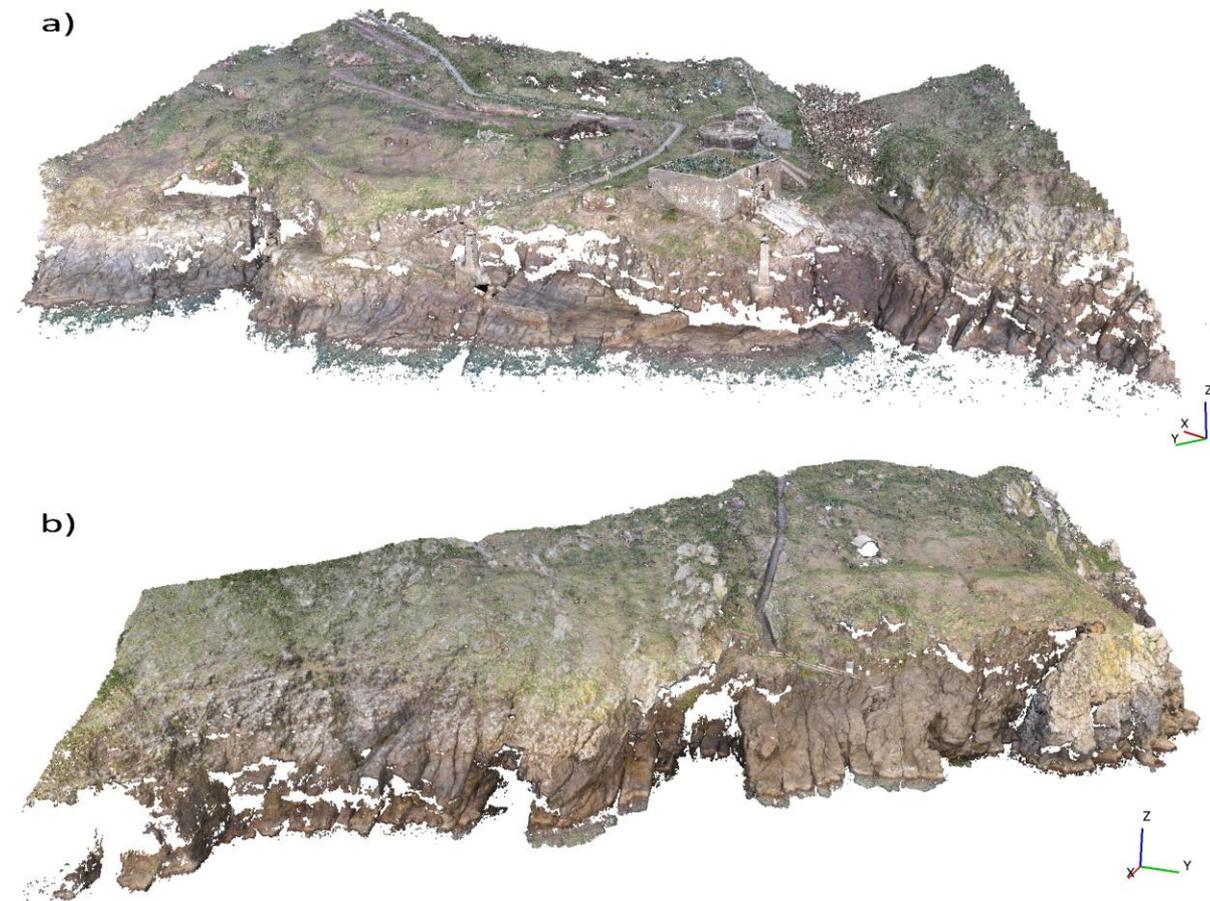


Figura 5 – Esempio di Nuvola di punti del rilievo dell’Approdo Marinella e dell’Approdo 4. Le lacune visibile lungo le pareti delle scogliere sono dovute ad oggetti che nascondono le aree in ombra dai fotogrammi nadirali.

2.4.2 Georeferenziazione

Tramite l’inserimento delle coordinate dei punti di controllo è stata corretta e verificata la georeferenziazione. In Tabella 2 è riportato l’errore totale medio calcolato sui punti di controllo.

Entro i primi 30 cm l’accuratezza del rilievo nelle zone a bassa profondità d’acqua rientra nell’errore totale individuato nelle zone asciutte. Zone a profondità maggiore presentano una rumorosità elevata fino alla completa decorrelazione del rilievo, per cui sono state rimosse.

Tabella 2 - Accuratezza media di georeferenziazione nei prodotti tridimensionali elaborati.

Rilievo	n. punti	Errore medio totale (cm)
Approdo Marinella	5	4
Approdo 4	5	4

2.4.3 Digital Terrain Model (DTM)

Durante il passo successivo è stato creato un DTM. I modelli hanno subito una fase di controllo da parte dell'elaboratore per ottimizzare eventuali errori di classificazione e per ottenere una ragionata e ragionevole interpolazione ove sia stata rimossa la vegetazione o manufatti (edifici, automezzi, persone, manufatti di varia dimensione, etc....). In presenza di una consistente interpolazione sono state controllate le immagini corrispondenti per verificare la ragionevolezza dell'interpolazione prodotta dagli algoritmi del software utilizzato. *Metashape Pro* consente due tipi di interpolazione: una minimale che chiude gli eventuali buchi di piccole dimensioni estrapolando una superficie a seconda delle condizioni al contorno della zona che presenta una lacuna (metodo adottato), la seconda estrapola zone molto più ampie, anche nelle zone perimetrali del rilievo. Entrambi i metodi, sebbene consentano di presentare risultati senza lacune tipiche del metodo fotogrammetrico, non garantiscono l'effettiva rappresentazione della realtà in quanto non vi è una misura diretta. L'interpolazione può essere disabilitata in modo da avere solamente il dato misurato. Per questi rilievi sono stati prodotti modelli DTM con interpolazione nelle zone di lacuna della nuvola di punti.

3 Prodotti

I prodotti ottenuti sono georiferiti nel sistema geodetico WGS 84 (EPSG:4326) (Figura 6):

- Nuvola di punti (Point Cloud), con colori reali.
- Ortofoto ad altissima risoluzione (~ 2 cm/pix).
- Modello DSM *raster* con risoluzione pari a ~ 2 cm/pixel.

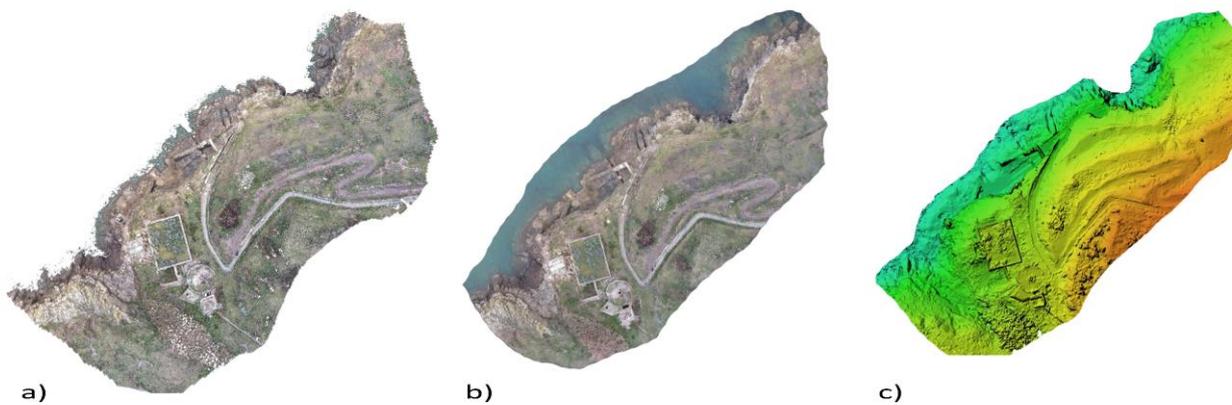
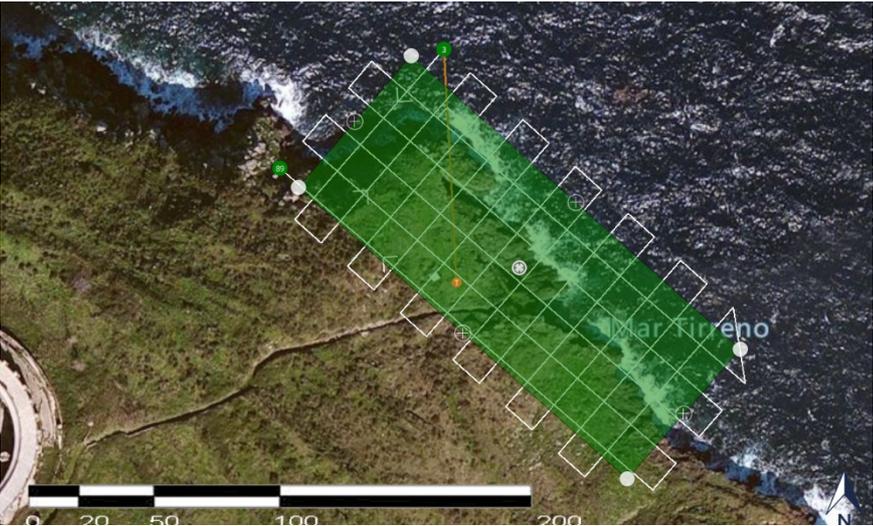
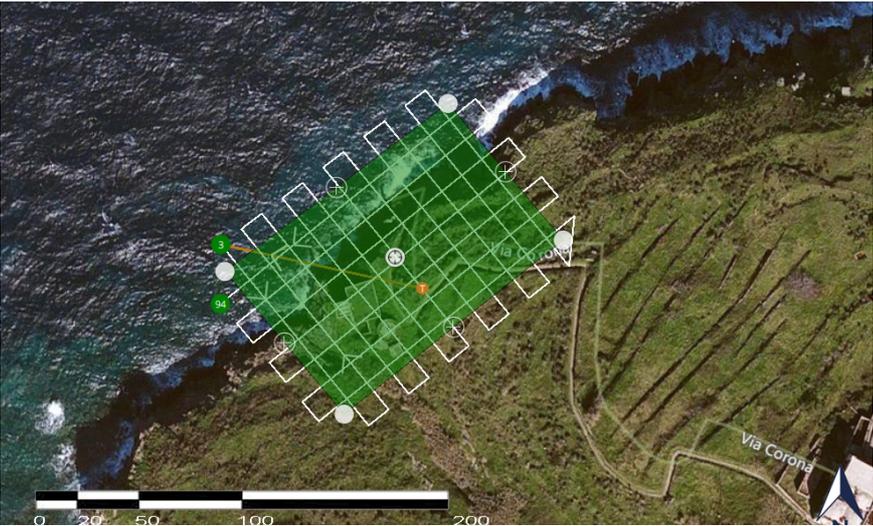


Figura 6 –Prodotti ottenuti dal rilievo fotogrammetrico da drone, a) Nuvola di punti, b) Ortofoto, c) DSM.

Dati Rilievo								
Luogo		Data	Orario inizio / Orario fine		 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE CENTRO PROTEZIONE CIVILE			
Isola di Santo Stefano		22/02/23	14:00 / 14:30					
Tipo di rilievo	Drone	Pilota	Operatori		N. Voli	Altezza volo	Area Rilevata	Tempo di volo
Fotogrammetrico	Saturn Mini 02	Guglielmo Rossi	Carlo Tacconi Stefanelli		1	30	0.5 ha	14 min
Immagine area								
Prodotti								
Fotogrammetria								
Marker	Sidelap / Overlap	Prodotti	Point cloud	DSM	Orto mosaico			
5	80% / 70%	Risoluzione	>182 M points	2 cm/pix	2 cm/pix			
Termografia				Ground Penetration Radar				
Termogrammi		Risoluzione	Profondità		Radargrammi	3D		
-		-	-		-	-		
LiDAR								
Densità punti	Prodotti							
-	Risoluzione		-	-	-	-	-	
NOTE								

Dati Rilievo								
Luogo		Data	Orario inizio / Orario fine		 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE CENTRO PROTEZIONE CIVILE			
Isola di Santo Stefano		22/02/23	12:00 / 12:30					
Tipo di rilievo	Drone	Pilota	Operatori		N. Voli	Altezza volo	Area Rilevata	Tempo di volo
Fotogrammetrico	Saturn Mini 02	Guglielmo Rossi	Carlo Tacconi Stefanelli		1	30	0.5 ha	14 min
Immagine area								
Prodotti								
Fotogrammetria								
Marker	Sidelap / Overlap	Prodotti	Point cloud	DSM	Orto mosaico			
5	80% / 70%	Risoluzione	>173 M points	2 cm/pix	2 cm/pix			
Termografia				Ground Penetration Radar				
Termogrammi		Risoluzione	Profondità		Radargrammi	3D		
-		-	-		-	-		
LiDAR								
Densità punti	Prodotti							
-	Risoluzione		-	-	-	-	-	
NOTE								

