



COMUNE DI SANTA TERESA DI RIVA
Città Metropolitana di Messina



**REALIZZAZIONE DEL NUOVO SVINCOLO AUTOSTRADALE
DI SANTA TERESA VAL D'AGRO' DELL'AUTOSTRADA A18 MESSINA**
CATANIA E CORRISPONDENTI COLLEGAMENTI ALLA VIABILITA' ORDINARIA
CUP: F91B13000720001 CIG: 8059580FCD



PROGETTAZIONE

Mandataria:



PROGER S.p.A.
DIRETTORE TECNICO
Dott. Ing. Stefano PALLAVICINI

Mandante:



PROGIN S.p.A.
DIRETTORE TECNICO
Dott. Ing. Lorenzo INFANTE



DINAMICA s.r.l.
DIRETTORE TECNICO
Dott. Ing. Antonino SUTERA

PROJECT MANAGER DELL'R.T.I.:	RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Dott. Ing. Carlo LISTORTI	Dott. Ing. Antonio GRIMALDI
PROJECT MANAGER ASSISTANT:	Dott. Ing. Salvatore RUSSO
PROGETTAZIONE INFRASTRUTTURALE:	Dott. Ing. Lorenzo INFANTE
	Dott. Ing. Michele PIRRO
PROGETTAZIONE STRUTTURALE:	Dott. Ing. Stefano PALLAVICINI
	Dott. Ing. Paolo IORIO
PROGETTAZIONE IMPIANTI TECNOLOGICI:	Dott. Ing. Enrico D'ARGENZIO
GEOLOGO:	Dott. Geol. Marco SANDRUCCI
RESPONSABILE GEOTECNICA:	Dott. Ing. Ylenia MASCARUCCI
ESPERTO IDROLOGIA ED IDRAULICA:	Dott. Ing. Umberto RICCI
COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:	Dott. Ing. Davide FERLAZZO
RESPONSABILE INTERFERENZE E ESPROPRI:	Geom. Antonino CHILLE'
RESPONSABILE DELLA QUALITA':	Dott. Ing. Jacopo BENEDETTI
GIOVANE PROFESSIONISTA:	Dott. Ing. Domenico DICUONZO

PROGETTO DEFINITIVO

**STUDI GENERALI
INDAGINI TOPOGRAFICHE
Relazione SAPR drone**

Questo elaborato è di proprietà della Proger S.p.A. pertanto non può essere riprodotto né integralmente, né in parte senza l'autorizzazione scritta dello stesso. Da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui è stato fornito.	Commessa	Nome File	Codice Elaborato			Rev	Scala		
	P20062	D0101-GRL01_00.doc	D	01	01	G	RL	01	00

REVISIONI	-	-	-	-	-	-
	00	25/01/2021	EMISSIONE	GEONAUTICS	RUSSO	RUSSO
REV.	DATA	MOTIVAZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	

RESPONSABILE DELLE INTEGRAZIONI DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

R.U.P.: Dott. Ing. Onofrio CRISAFULLI
Supp. R.U.P.: Dott. Ing. Adriano GRASSI

VISTI/APPROVAZIONI:



Mandataria



Mandante



Comune di Santa Teresa di Riva - Città Metropolitana di Messina
Realizzazione del nuovo svincolo autostradale di Santa Teresa Val
d'Agrò dell'autostrada A18 Messina - Catania e corrispondenti
collegamenti alla viabilità ordinaria - CUP: F91B13000720001 - CIG:
8059580FCD

RELAZIONE TECNICA SAPR DRONE

RELAZIONE TECNICA SAPR DRONE

Comune di Santa Teresa di Riva - Città Metropolitana di Messina

Realizzazione del nuovo svincolo autostradale di Santa Teresa Val d'Agrò dell'autostrada A18 Messina - Catania e corrispondenti collegamenti alla viabilità ordinaria - CUP: F91B13000720001 - CIG: 8059580FCD

RELAZIONE TECNICA SAPR DRONE

RELAZIONE TECNICA SAPR DRONE

1	ISPEZIONE PRELIMINARE	3
2	CREAZIONE DEL PIANO DI VOLO	3
3	POSIZIONAMENTO DEL GCP.....	6
4	ESECUZIONE DEI VOLI.....	8
5	PROCESSAMENTO DEI DATI.....	10
5.1	ALLINEAMENTO IMMAGINI	10
5.2	GENERAZIONE PUNTI DI GIUNZIONE.....	11
5.3	CORREZIONE DEI PUNTI DI GIUNZIONE MEDIANTE GCP.....	12
5.4	GENERAZIONE DELLA NUVOLA DI PUNTI DENSA	13
5.5	GENERAZIONE DEL DTM	14
5.6	GENERAZIONE DEL DSM.....	15
5.7	GENERAZIONE DELL'ORTOMOSAICO.....	16
5.8	GENERAZIONE DELLE SEZIONI	17

RELAZIONE TECNICA SAPR DRONE

1 ISPEZIONE PRELIMINARE

Prima del reale inizio del rilievo si è proceduto ad effettuare un sopralluogo dell'area di indagine sia con strumenti digitali quali software messi a disposizione da Google (Maps ed Earth) sia di presenza al fine di constatare la presenza di ostacoli o criticità al volo. Appurata la sicurezza per l'esecuzione dei voli si è proceduto a programmare i piani di volo.



Figura 1 - Ispezione del luogo di indagine mediante software Google Street View.

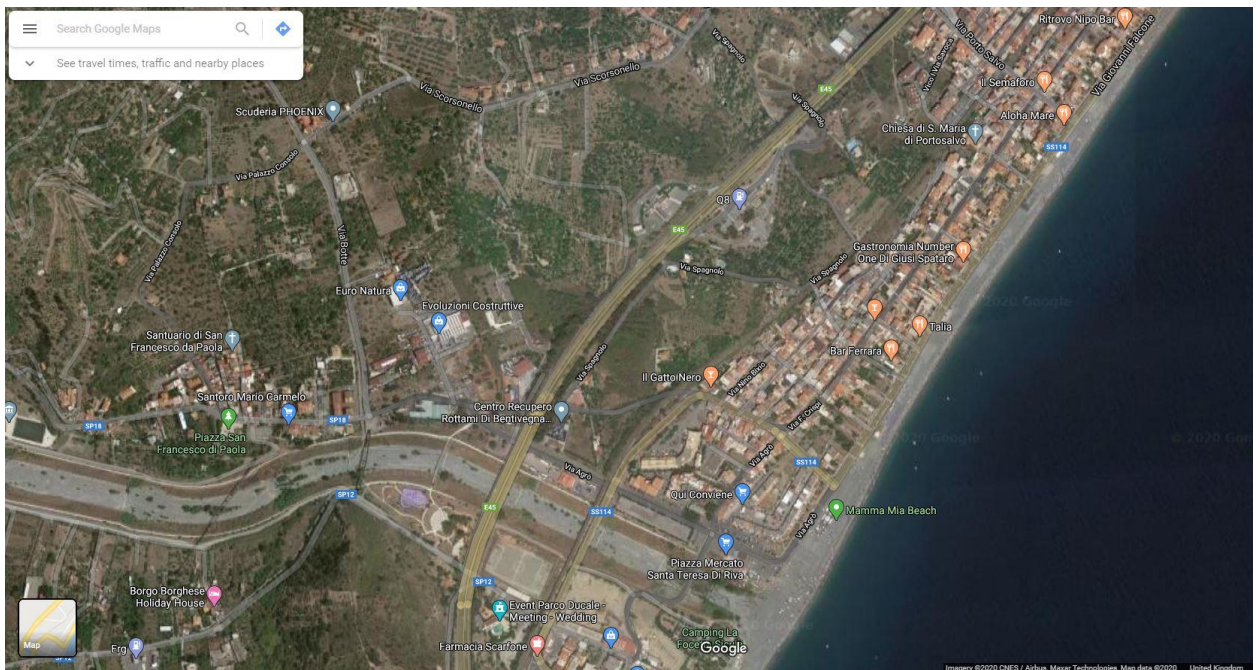


Figura 2 - Ispezione del luogo di indagine mediante software Google Maps.

2 CREAZIONE DEL PIANO DI VOLO

Sono stati scelti due punti di decollo distinti poiché l'area di indagine è attraversata dall'autostrada Messina-Catania. Entrambi i punti di decollo sono stati posizionati sull'argine sud-ovest della fiumara



d'Agrò, rispettivamente lato mare e lato monte dell'autostrada Messina-Catania in modo da avere una più solida connessione tra la stazione a terra e l'APR senza dover sorvolare l'A18. Sono stati progettati distinti piani di volo, sia automatizzati che manuali. I piani di volo automatizzati sono stati studiati per l'acquisizione di foto quasi nadirali (inclinazione dell'asse della camera rispetto alla sua verticale pari a 5°) con sovrapposizione dell'80% e del 70% rispettivamente con la foto successiva e quella accanto.



Figura 3 - Pianificazione della missione di volo automatizzato, lato monte rispetto all'A18, legato al profilo derivato dal DSM. In tal modo il programma di comando e controllo crea una rotta lasciando che l'APR viaggi sempre alla stessa quota rispetto al terreno sottostante.

La velocità dell'APR è stata fissata a 7 metri al secondo per attenuare il più possibile l'effetto blur dovuto all'acquisizione di foto in movimento. L'altezza di scatto delle immagini è stata fissata a 75 metri rispetto al suolo sottostante in modo da avere un rilievo con elevato dettaglio.



Figura 4 - Pianificazione della missione di volo automatizzato, lato valle rispetto all'A18, legato al profilo derivato dal DSM. In tal modo il programma di comando e controllo crea una rotta lasciando che l'APR viaggi sempre alla stessa quota rispetto al terreno sottostante.

Questo è stato possibile grazie alla sovrapposizione del piano di volo sul DSM dell'area. In tal modo l'APR segue la rotta impostata e contemporaneamente al suo avanzamento modifica l'altezza per scattare le foto ad altezza costante rispetto al terreno. Il piano di volo automatizzato comprende 4 missioni, 2 a sud-est e 2 a nord-ovest dell'autostrada. Il piano di volo manuale è stato studiato per aumentare il livello di sicurezza nelle vicinanze delle strutture lineari.

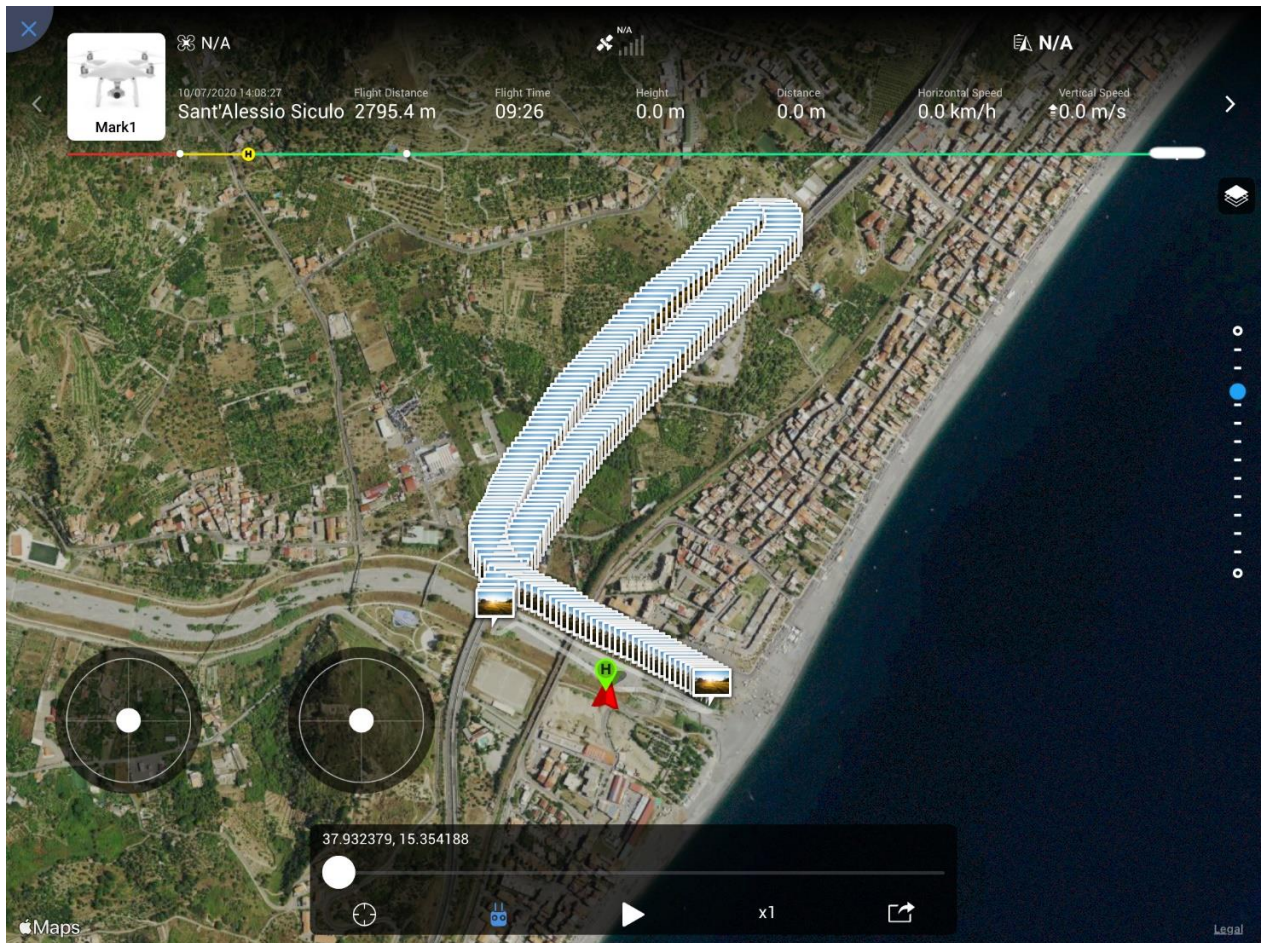


Figura 5 - Rotta eseguita durante i voli in modalità manuale.

In entrambi i piani di volo non è stato previsto il sorvolo di strutture sensibili, strutture lineari né di assembramenti di persone.

Data la complessità dell'area, per l'acquisizione delle immagini è stato scelto un drone registrato come inoffensivo, garantendo in tal modo un elevato grado di sicurezza

3 POSIZIONAMENTO DEL GCP

Successivamente alla progettazione del piano di volo si è proceduto al posizionamento dei GCP ed alla loro georeferenziazione tramite GNSS TRIMBLE R6 con correzione N-RTK. Questo sistema permette di ottenere una precisione centimetrica dei punti battuti per poi andare ad aumentare l'accuratezza del rilievo. Prima di effettuare le battute è stata eseguita una misurazione sul caposaldo IGM presente in zona al fine di verificare il corretto funzionamento dello strumento tramite la comparazione dei valori ottenuti con quelli riportati nella monografia del medesimo caposaldo.



Figura 6 - Gruound Control Point (GCP).

Controllato il corretto funzionamento del GNSS sono stati posizionati 59 GCP lungo tutta l'area da rilevare, coprendo l'intero intervallo di altezze presenti nel territorio. Le misure ottenute hanno subito una ulteriore correzione, durante la fase di processamento dei dati, per mezzo del software open source Converg e dei grigliati forniti dall'IGM.

File	Modifica	Formato	Visualizza ?
01, 37°55'57.05831", 15°21'25.95522", 46.590			
02, 37°55'56.78108", 15°21'25.57151", 46.584			
03, 37°55'58.45765", 15°21'27.38404", 46.607			
04, 37°56'00.53975", 15°21'29.12207", 46.404			
05, 37°56'03.35075", 15°21'31.43561", 46.288			
06, 37°56'04.03681", 15°21'32.02577", 46.184			
07, 37°56'02.12200", 15°21'29.44080", 46.238			
08, 37°56'05.09258", 15°21'25.81046", 45.692			
09, 37°56'05.51456", 15°21'24.77418", 45.894			
10, 37°56'08.75974", 15°21'26.31141", 47.322			
11, 37°56'09.51627", 15°21'25.10152", 48.569			
12, 37°56'06.63531", 15°21'21.73199", 46.955			
13, 37°56'06.41310", 15°21'22.04637", 46.684			
14, 37°56'06.54178", 15°21'19.08222", 48.642			
15, 37°56'04.43161", 15°21'16.25792", 52.359			
16, 37°56'02.68241", 15°21'14.47604", 55.386			
17, 37°56'05.19915", 15°21'21.36816", 46.934			
18, 37°56'02.74676", 15°21'23.23522", 47.031			
19, 37°56'01.60016", 15°21'22.22514", 47.409			
20, 37°56'00.44263", 15°21'17.81676", 48.654			
21, 37°56'01.40164", 15°21'15.11593", 49.247			
22, 37°55'59.82029", 15°21'16.72994", 49.094			
23, 37°55'58.46135", 15°21'20.00015", 47.061			
24, 37°55'58.24280", 15°21'23.62601", 46.499			
25, 37°55'58.41007", 15°21'24.80371", 46.479			
26, 37°56'02.49428", 15°21'12.16312", 50.787			
27, 37°56'03.66102", 15°21'08.99354", 52.450			
28, 37°56'04.97383", 15°21'05.35858", 53.741			
29, 37°56'09.48262", 15°21'08.65046", 53.340			

File	Modifica	Formato	Visualizza ?
01, 531390.832, 4198387.749, 6.155			
02, 531381.498, 4198379.169, 6.148			
03, 531425.545, 4198431.010, 6.172			
04, 531467.725, 4198495.343, 5.967			
05, 531523.865, 4198582.194, 5.848			
06, 531538.190, 4198603.394, 5.743			
07, 531475.318, 4198544.137, 5.796			
08, 531386.350, 4198635.350, 5.224			
09, 531361.004, 4198648.258, 5.421			
10, 531398.144, 4198748.418, 6.842			
11, 531368.522, 4198771.621, 8.081			
12, 531286.613, 4198682.516, 6.466			
13, 531294.313, 4198675.696, 6.197			
14, 531221.944, 4198679.386, 8.144			
15, 531153.251, 4198614.089, 11.859			
16, 531109.960, 4198560.013, 14.886			
17, 531277.901, 4198638.220, 6.450			
18, 531323.765, 4198562.811, 6.563			
19, 531299.244, 4198527.379, 6.942			
20, 531191.770, 4198491.294, 8.176			
21, 531125.730, 4198520.599, 8.755			
22, 531165.314, 4198472.012, 8.614			
23, 531245.301, 4198430.434, 6.598			
24, 531333.835, 4198424.037, 6.050			
25, 531362.564, 4198429.302, 6.034			
26, 531053.524, 4198554.001, 10.280			
27, 530976.018, 4198589.667, 11.926			
28, 530887.136, 4198629.792, 13.199			
29, 530966.965, 4198769.056, 12.792			

Figura 7 - Elenco delle coordinate dei punti di controllo. Punti originali a sinistra e con correzione tramite software Converg e grigliati dell'IGM a destra.



Figura 8 - Software open source Convergo.

4 ESECUZIONE DEI VOLI

I voli sono stati eseguiti nel rispetto del regolamento ENAC e di quello delle REGOLE DELL'ARIA. Nell'area di interesse vi erano i seguenti dati meteo: vento quasi assente, cielo sereno, moto ondosso 0.4m SW, indice K per il disturbo nel campo magnetico terrestre pari a 2. Attorno alla zona da investigare è stata istituita un'area di buffer di 30 metri. Prima di iniziare le missioni di volo è stato eseguito un check dei sistemi elettronici dell'APR quali bussola, imu e link radio. Verificato il corretto funzionamento dell'apparecchio e verificata l'assenza di personale non informato nei pressi dell'area di decollo si è proceduto all'esecuzione dei voli, durante i quali non si è mai perso contatto visivo con il drone (rispettando il VLOS). Non è stato necessario prendere il controllo manuale dell'APR, poiché non si è verificata alcuna anomalia rispetto alla previsione effettuata nei piani di volo. terminate le operazioni di volo automatico si è proceduto a quelli manuali. Completata la fase di acquisizione delle immagini è stato svolto sul campo un primo controllo di qualità delle stesse. Al termine di ogni sessione di volo è stato verificato il corretto funzionamento dei motori nonché l'integrità strutturale delle eliche e del meccanismo di compensazione degli angoli della camera di presa nei tre assi.

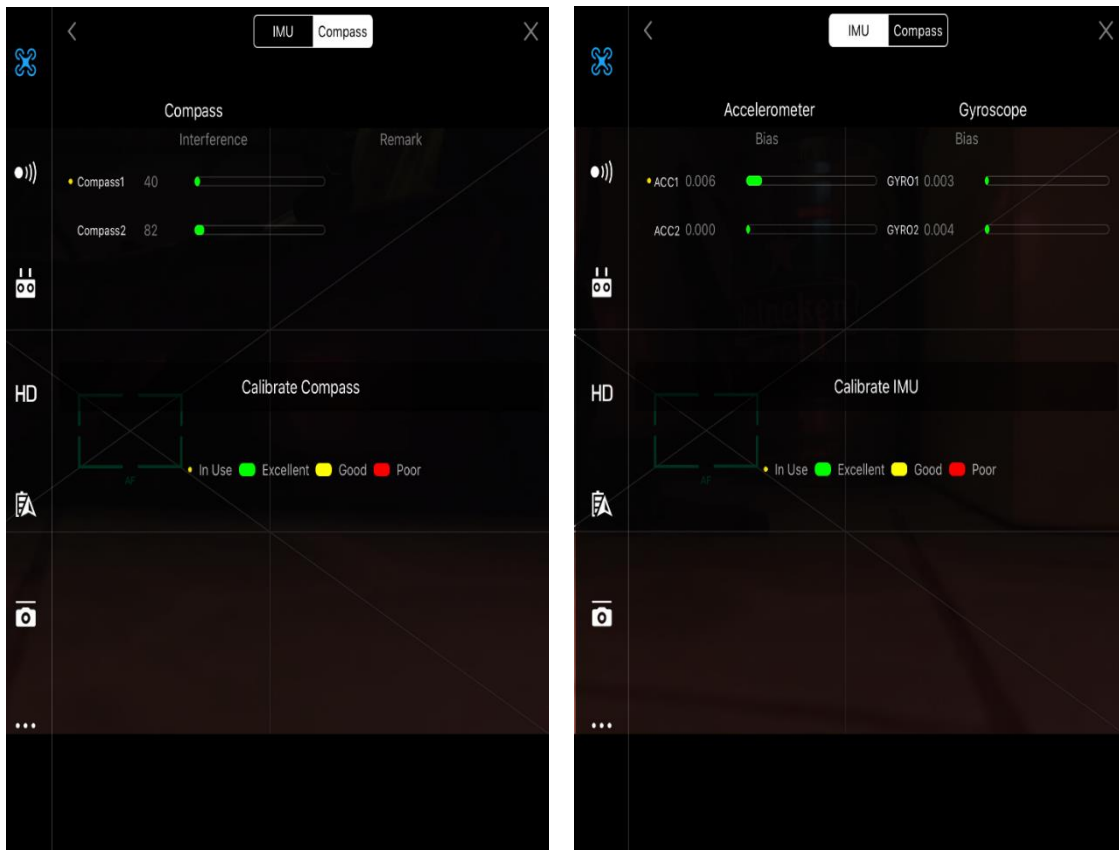


Figura 9 - Calibrazione sensori bussola (sinistra) ed IMU (destra).

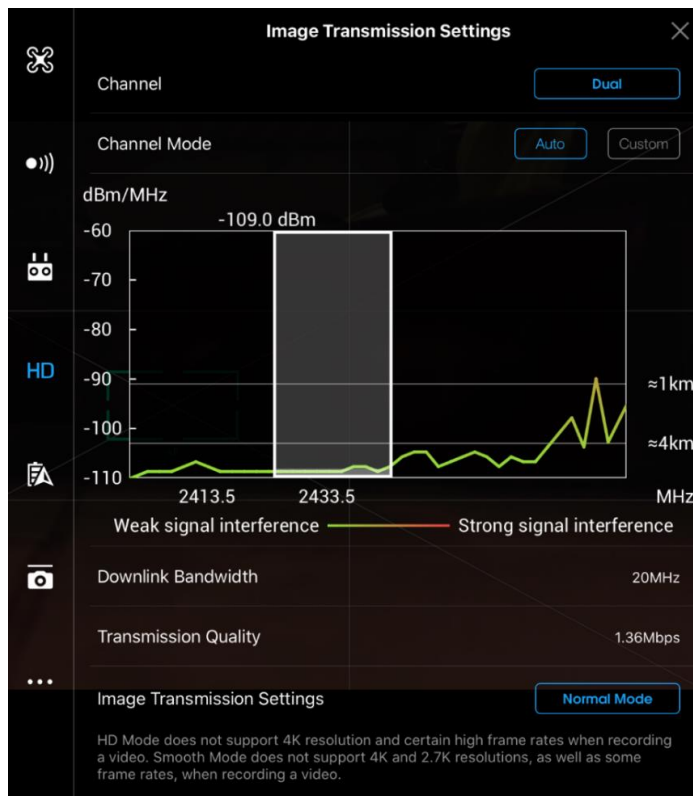


Figura 10 - Calibrazione link radio.



Label	Size	Aligned	Quality	Date & time	Make	Model	Focal length	F-stop	ISO	Shutter	35mm focal
DJI_0893	5472x3648	✓	1.03892	2020:07:10 13:59:58	DJI	FC6310S	8.8	F/5.6	100	1/1000	24
DJI_0412	5472x3648	✓	1.03299	2020:07:10 13:36:46	DJI	FC6310S	8.8	F/5.6	100	1/1000	24
DJI_0409	5472x3648	✓	1.02286	2020:07:10 13:36:39	DJI	FC6310S	8.8	F/5.6	100	1/1000	24
DJI_0408	5472x3648	✓	1.0218	2020:07:10 13:36:37	DJI	FC6310S	8.8	F/5.6	100	1/1000	24
DJI_0413	5472x3648	✓	1.02088	2020:07:10 13:36:48	DJI	FC6310S	8.8	F/5.6	100	1/1000	24
DJI_0433	5472x3648	✓	1.01742	2020:07:10 13:37:30	DJI	FC6310S	8.8	F/5.6	100	1/1000	24
DJI_0892	5472x3648	✓	1.01408	2020:07:10 13:59:55	DJI	FC6310S	8.8	F/5.6	100	1/1000	24
DJI_0352	5472x3648	✓	1.01207	2020:07:10 13:34:38	DJI	FC6310S	8.8	F/5.6	100	1/1000	24
DJI_0525	5472x3648	✓	1.00639	2020:07:10 13:40:45	DJI	FC6310S	8.8	F/5.6	100	1/1000	24
DJI_0430	5472x3648	✓	1.00553	2020:07:10 13:37:24	DJI	FC6310S	8.8	F/5.6	100	1/1000	24
DJI_0569	5472x3648	✓	1.00461	2020:07:10 13:42:18	DJI	FC6310S	8.8	F/5.6	100	1/1000	24
DJI_0366	5472x3648	✓	1.00361	2020:07:10 13:35:06	DJI	FC6310S	8.8	F/5.6	100	1/1000	24
DJI_0481	5472x3648	✓	1.00307	2020:07:10 13:39:13	DJI	FC6310S	8.8	F/5.6	100	1/1000	24
DJI_0506	5472x3648	✓	1.00238	2020:07:10 13:40:05	DJI	FC6310S	8.8	F/5.6	100	1/1000	24
DJI_0526	5472x3648	✓	1.00172	2020:07:10 13:40:47	DJI	FC6310S	8.8	F/5.6	100	1/1000	24

Figura 11 - Controllo della qualità delle immagini.

5 PROCESSAMENTO DEI DATI

Il flusso di lavoro per il processamento dei dati prevede: allineamento, modifica delle distorsioni della camera, correzione delle aberrazioni, correzione della posizione dei punti di giunzione tra le foto tramite i gcp a terra, riallineamento ed ottimizzazione dei parametri della camera, creazione e pulizia di una nuvola di punti densa e classificata cromaticamente, creazione di due tipologie di DEM, creazione di un ortomosaico, creazione di sezioni.

5.1 ALLINEAMENTO IMMAGINI

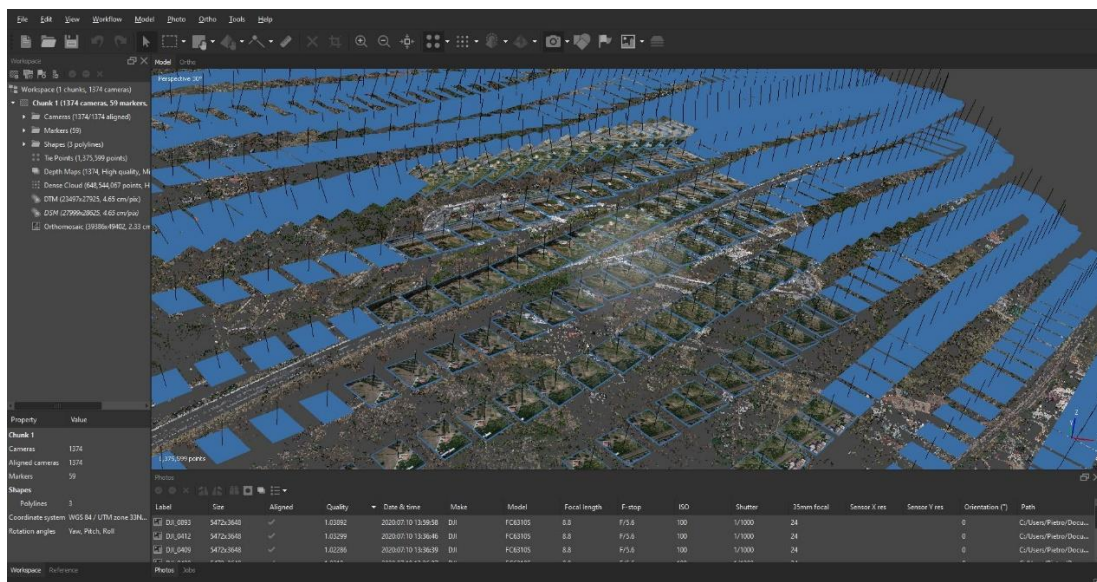


Figura 12 - Allineamento delle immagini e loro posizionamento nello spazio.

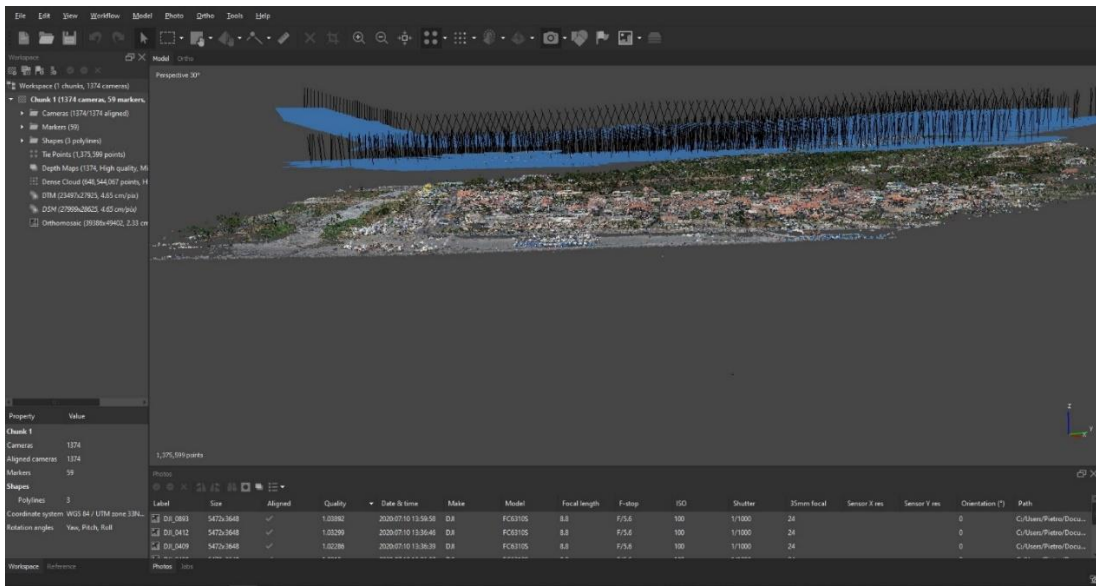


Figura 13 - Allineamento delle immagini e loro posizionamento nello spazio.

5.2 GENERAZIONE PUNTI DI GIUNZIONE

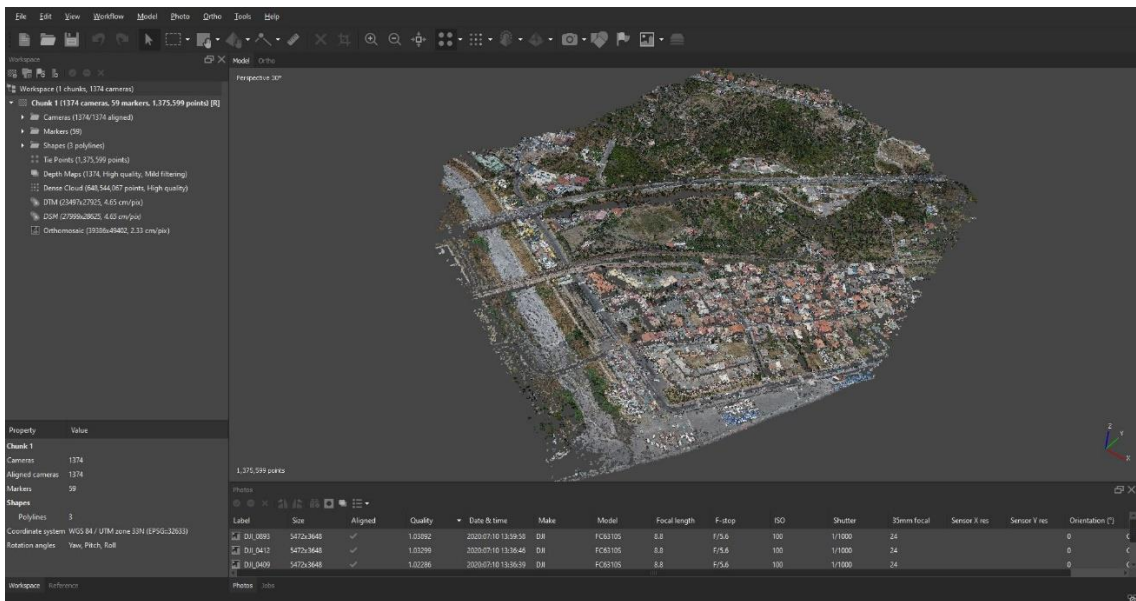


Figura 14 - Generazione dei punti di giunzione (nuvola sparsa).

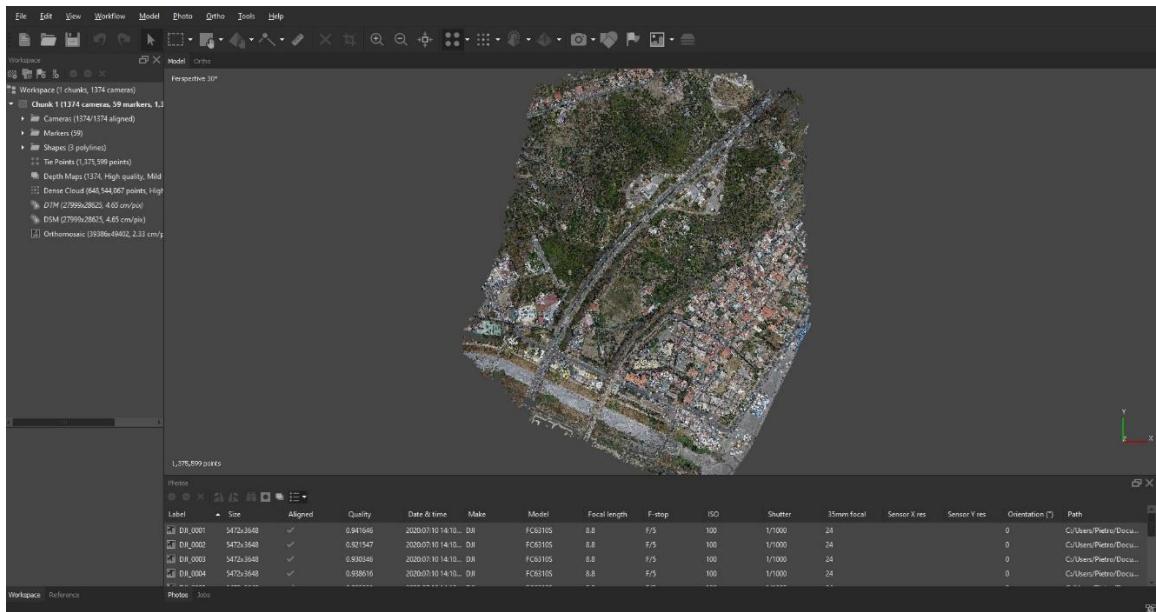


Figura 15 - Generazione dei punti di giunzione (nuvola sparsa).

5.3 CORREZIONE DEI PUNTI DI GIUNZIONE MEDIANTE GCP

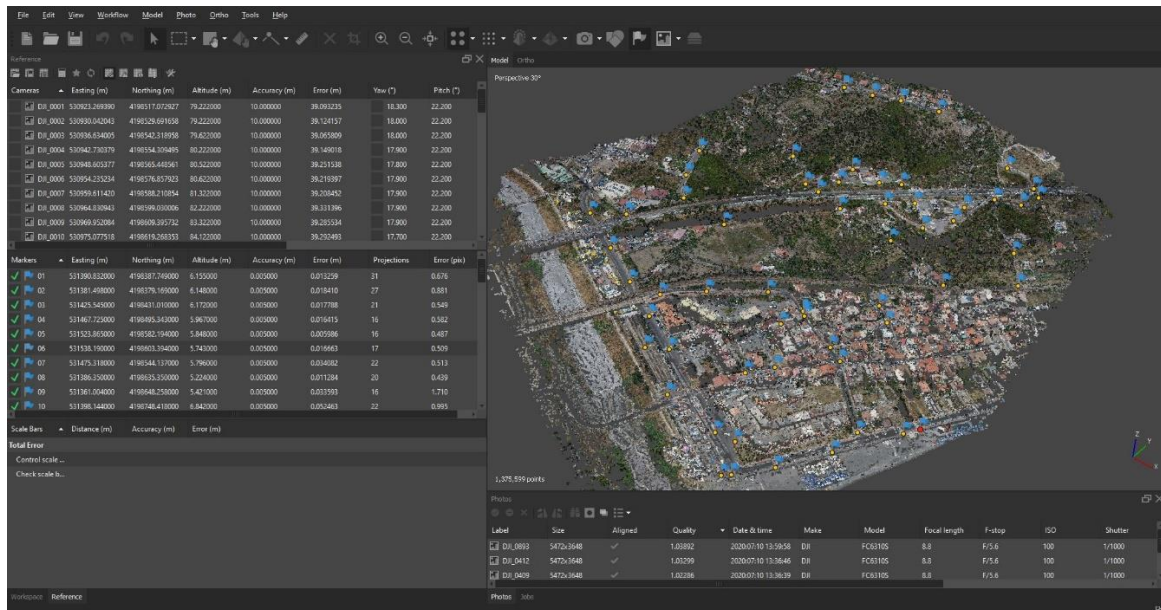


Figura 16 - Correzione dei punti di giunzione mediante l'utilizzo dei GCP (rappresentati dalle bandierine blu).



Figura 17 - Proiezione dei GCP (rappresentati dalle bandierine blu) nella nuvola di punti sparsa (punti di giunzione) dopo il riallineamento.

5.4 GENERAZIONE DELLA NUVOLA DI PUNTI DENSA



Figura 18 - Nuvola di punti densa e colorata.

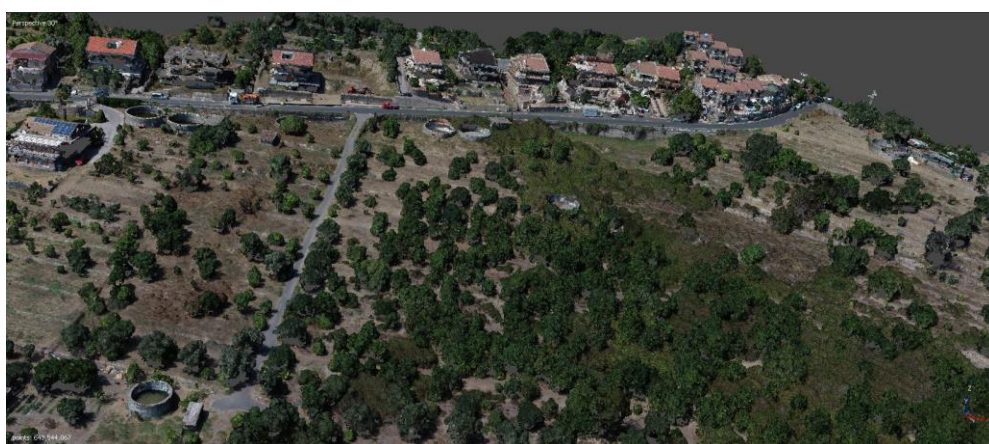


Figura 19 - Nuvola di punti densa e colorata.



Figura 20- Nuvola di punti densa e colorata.

5.5 GENERAZIONE DEL DTM

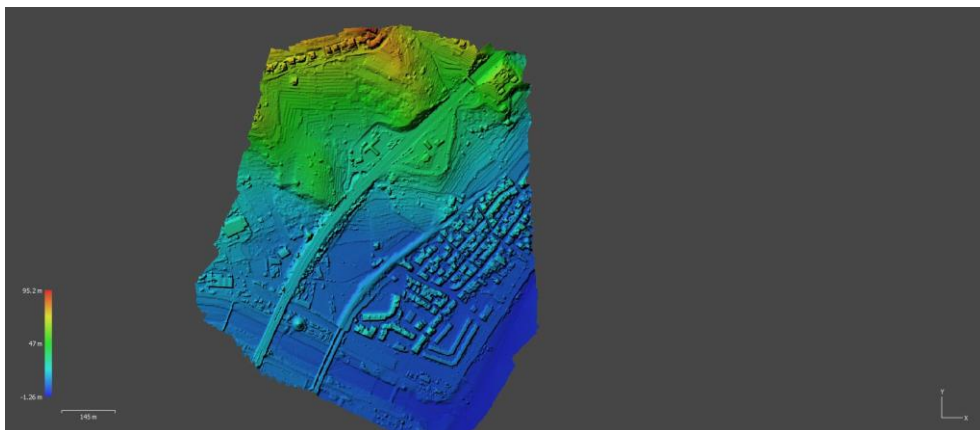


Figura 21- DTM.

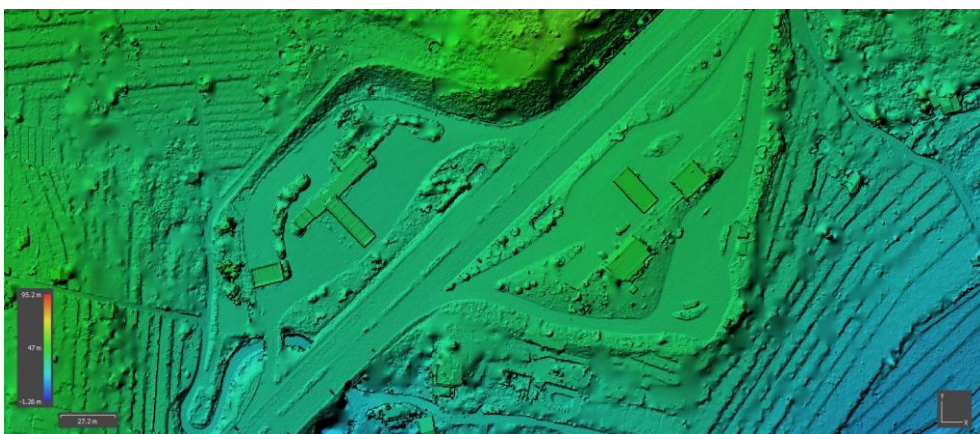


Figura 22- DTM.

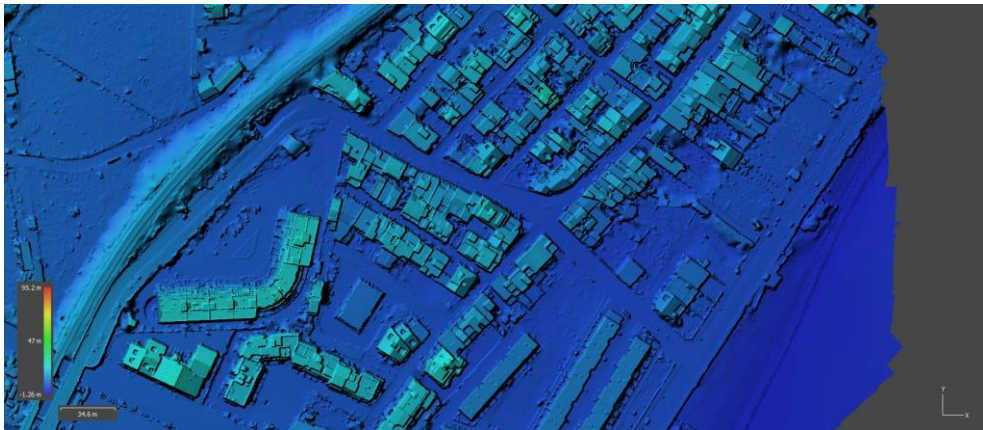


Figura 23 – DTM.

5.6 GENERAZIONE DEL DSM

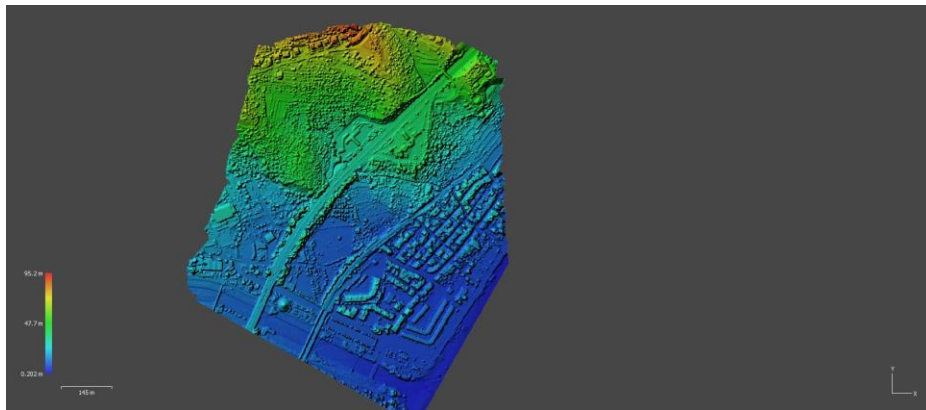


Figura 24– DSM.

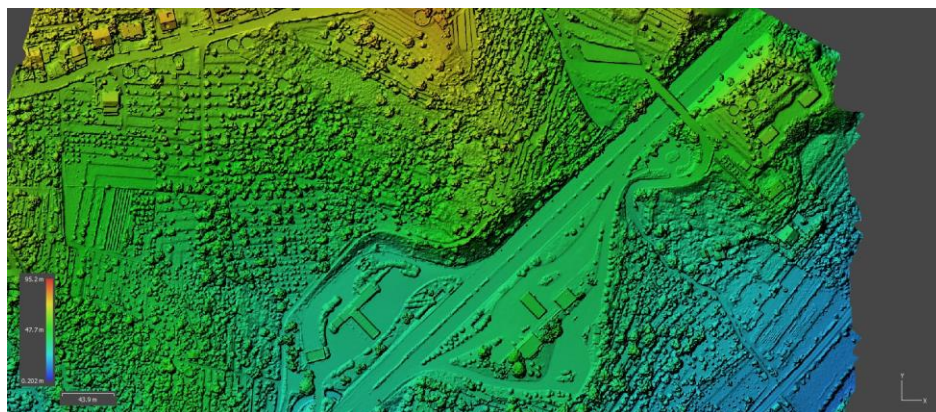


Figura 25– DSM.

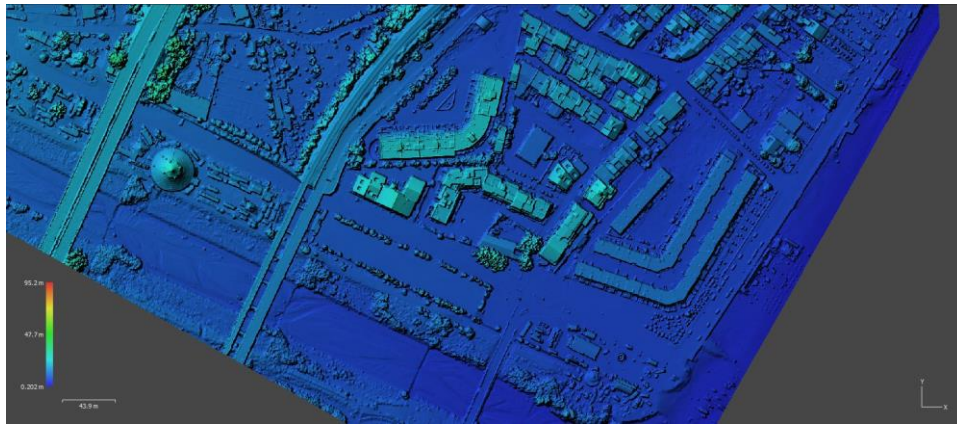


Figura 26– DSM.

5.7 GENERAZIONE DELL'ORTOMOSAICO



Figura 27– Ortomosaico



Figura 28– Ortomosaico



Figura 29– Ortomosaico

5.8 GENERAZIONE DELLE SEZIONI

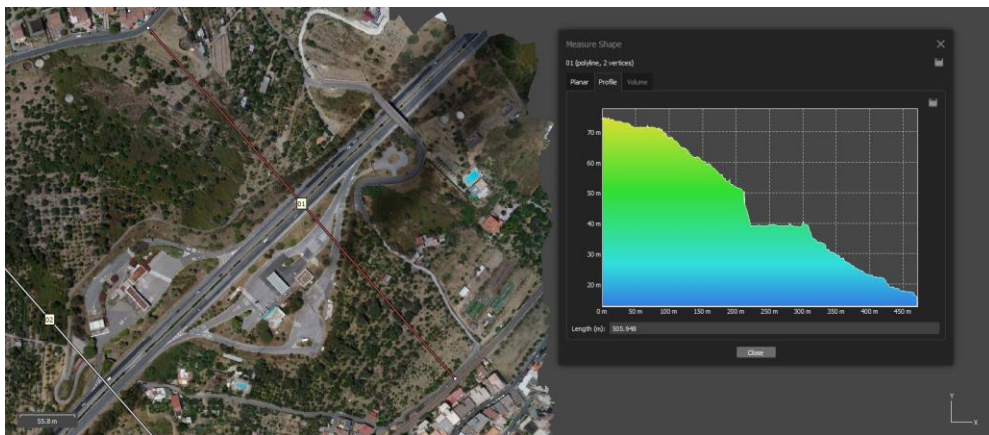


Figura 30- Sezione a nord-est della stazione di servizio presente sull'A18

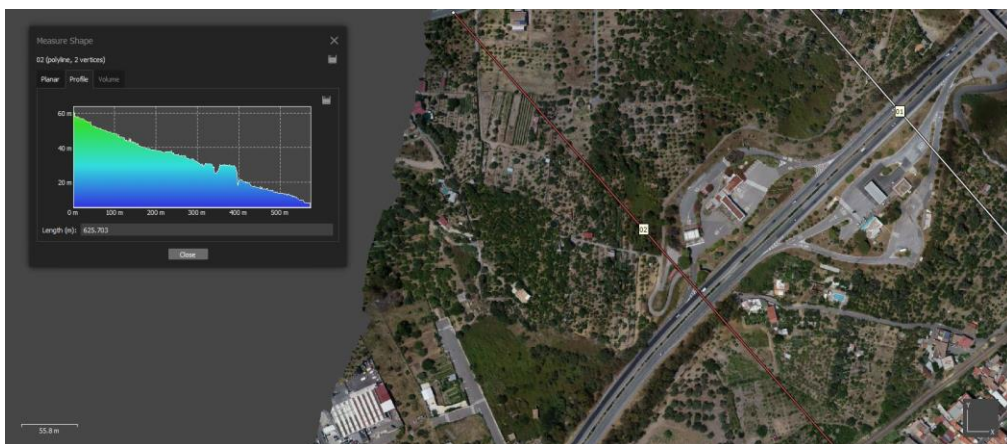


Figura 31- Sezione a sud-ovest della stazione di servizio sull'A18

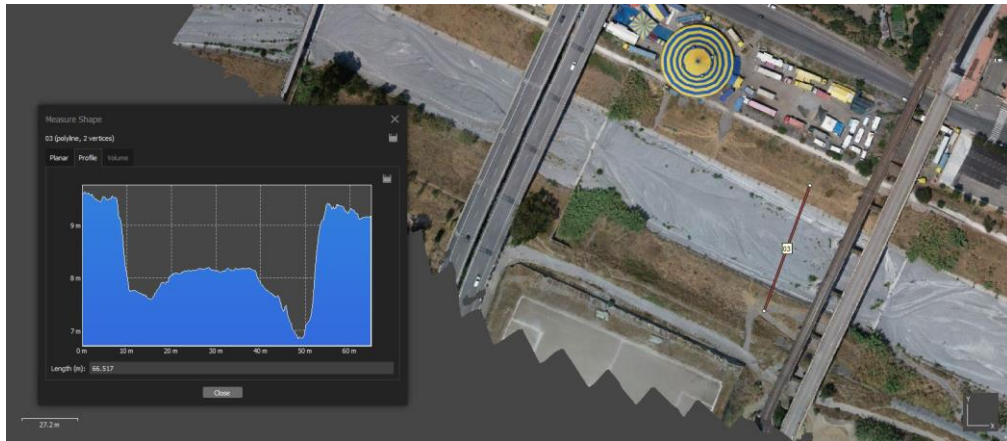


Figura 32– Sezione della fiumara d’Agrò