

L'utilizzo di mezzi UAS (Unmanned Aircraft System) nella Geomatica

Marco Dubbini
Università di Bologna – sez. Geografia

marco.dubbini@unibo.it

Acronimi

UAV

Unmanned Aerial Vehicle

RPA

Remotely Piloted Aircraft

RPV

Remotely Piloted Vehicle

ROA

Remotely Operated Aircraft

APR

Aeromobile a Pilotaggio Remoto

UVS

Unmanned Vehicle System

UAS

Unmanned Aerial System

Principali Sensori per la Geomatica

Fotogrammetrici	Camera Reflex; Camera Mirrorless
LIDAR	Range < 100m
Termici	Camere termiche (Fiyrr; Optris; ecc)
Multispettrali	Sensori da 3 a n bande
Iperspettrali	500-900 nm con Spectral Step < 1 nm

Tipologia di UAV

MULTIROTORE	Quadricottero	Elettrico	10 – 20 min
	Esacottero	Elettrico	10 – 20 min
	Ottocottero	Elettrico	10 – 20 min
	Elicottero	Elettrico/Scoppio/Turbina	10 – 60 min
ALA FISSA	Monoala	Elettrico	max 45 min
	Aeroplano	Elettrico	max 60 min
	Aeroplano	Scoppio	1 – 5 ore

Multirotores

Quadricottero



SAL engineering S.r.l. - Viale Vittorio Veneto, 2 - 41124 Modena - info@salengineering.it

Multirotores

Esacottero



Multirotores

Ottocottero



Multirotores

Elicottero



Multirotores

Monoala



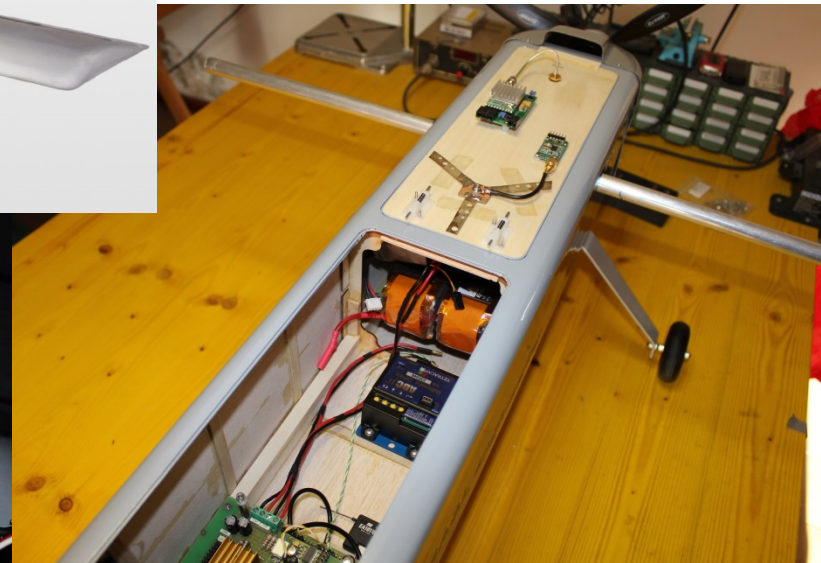
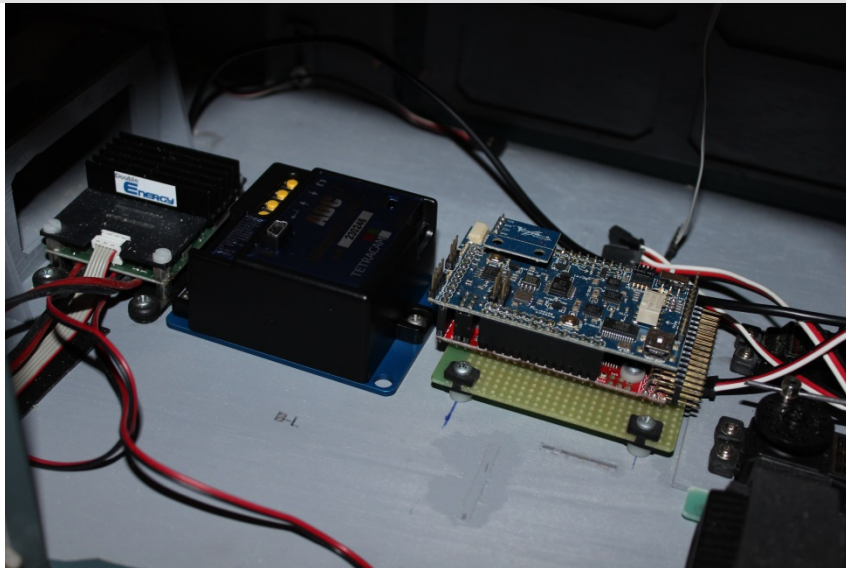
Multirotores

Monoala



Multirotores

Aereo



Multirotores

Aereo



Beni Culturali

Complesso di Santo Stefano - Bologna

*Ricostruzione tridimensionale di elementi architettonici
difficilmente raggiungibili*



*Ricostruzione
tridimensionale della
sommità del
campanile della
Basilica di Santo
Stefano in Bologna
(complesso delle
sette chiese)*

Metodologia (I)

Acquisizione di un numero elevato di immagini da diverse angolature

Tramite fotocamera Canon 550D calibrata

Trasportata in quota mediante UAV - Esacopter

Metodologia (II)

Applicazione di algoritmi Structure from Motion

Software Open Source – Mic Mac e Apero

Creazione nuvola di punti

Applicazione fattore di scala uniforme

Applicazione textur

UAS



ESAFLY A2500
SAL Engineering - Modena

SIFET / DICAM – Università di Palermo

Caratteristiche Tecniche (I)

ESAFLY A2500

- Dimensioni: diametro 100cm, altezza 30cm
- Peso: totale con batterie 3,3kg
- Max payload: 2,5Kg (gimbal stabilizzato, sincronizzatore, fotocamera reflex calibrata)
- Max peso al decollo 5,8kg
- Propulsione: 6 motori brushless 24 poli di ultima generazione

Caratteristiche Tecniche (II)

ESAFLY A2500

- Meccanica: completamente in carbonio con inserti in derlin
- Autonomia: da 12 a 20 minuti in funzione delle batterie usate e del peso al decollo
- Volo: completamente automatico attraverso waypoint con possibilità di decollo e atterraggio robotizzato

Caratteristiche Tecniche (III)

ESAFLY A2500

- Gimbal movimentazione fotocamera professionale realizzato su 2 assi con ammortizzazione cardanica meccanica e magnetica con riferimento inerziale ad alta velocità per ottenere una inquadratura perfetta e immobile
- Sistema di scatto automatico sincronizzato con gps e piattaforma inerziale professionale
- Sistema remoto integrato di controllo, supervisione e pianificazione voli con gestione telemetria e immagini in tempo reale

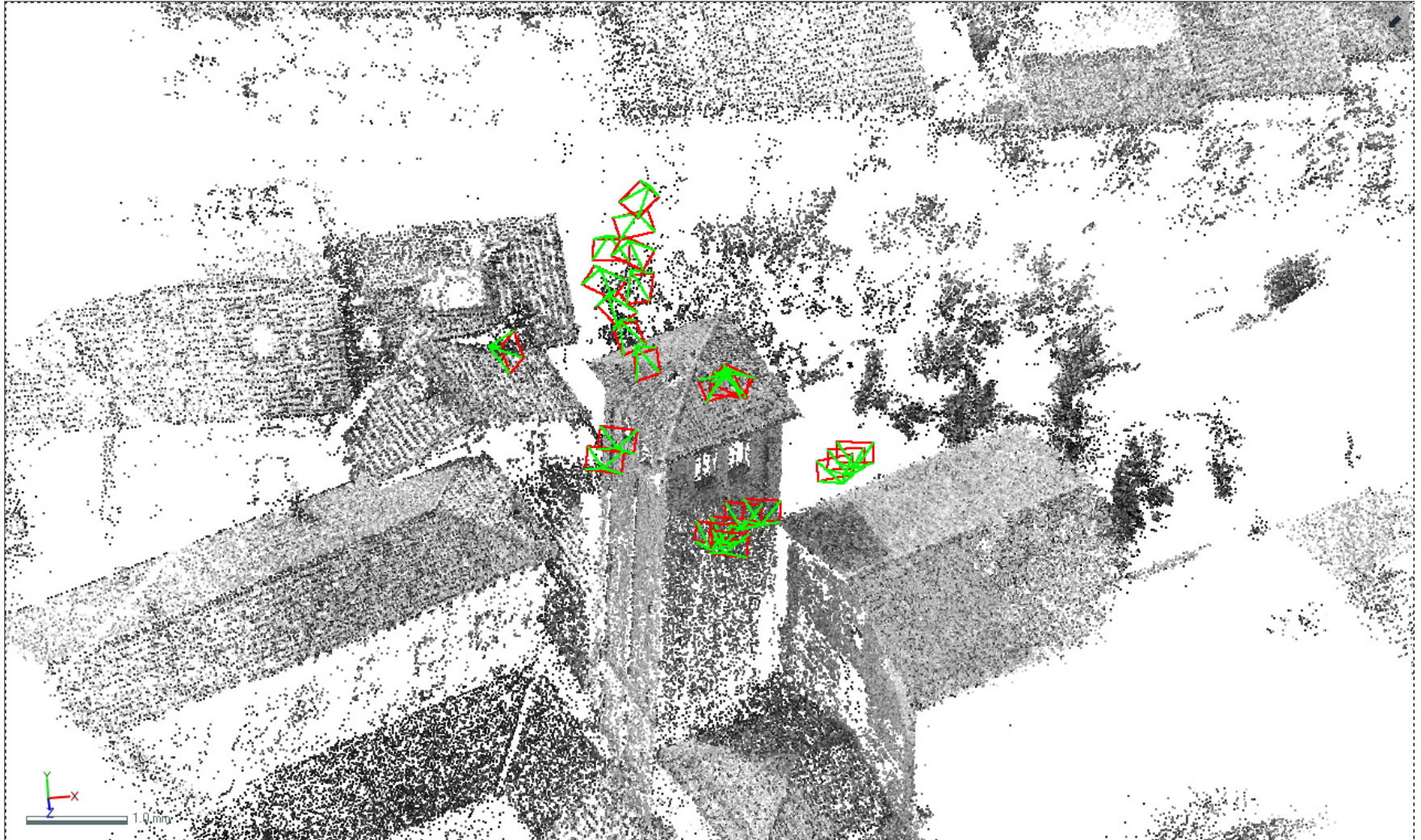
Sistema di Controllo



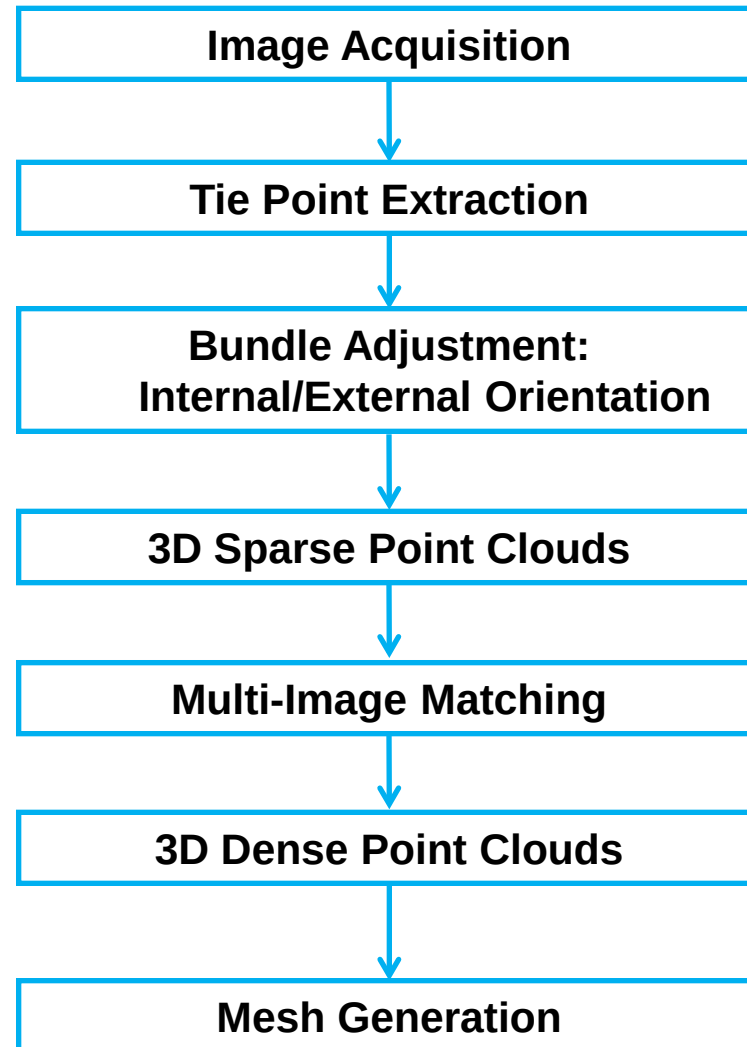
Complesso di Santo Stefano



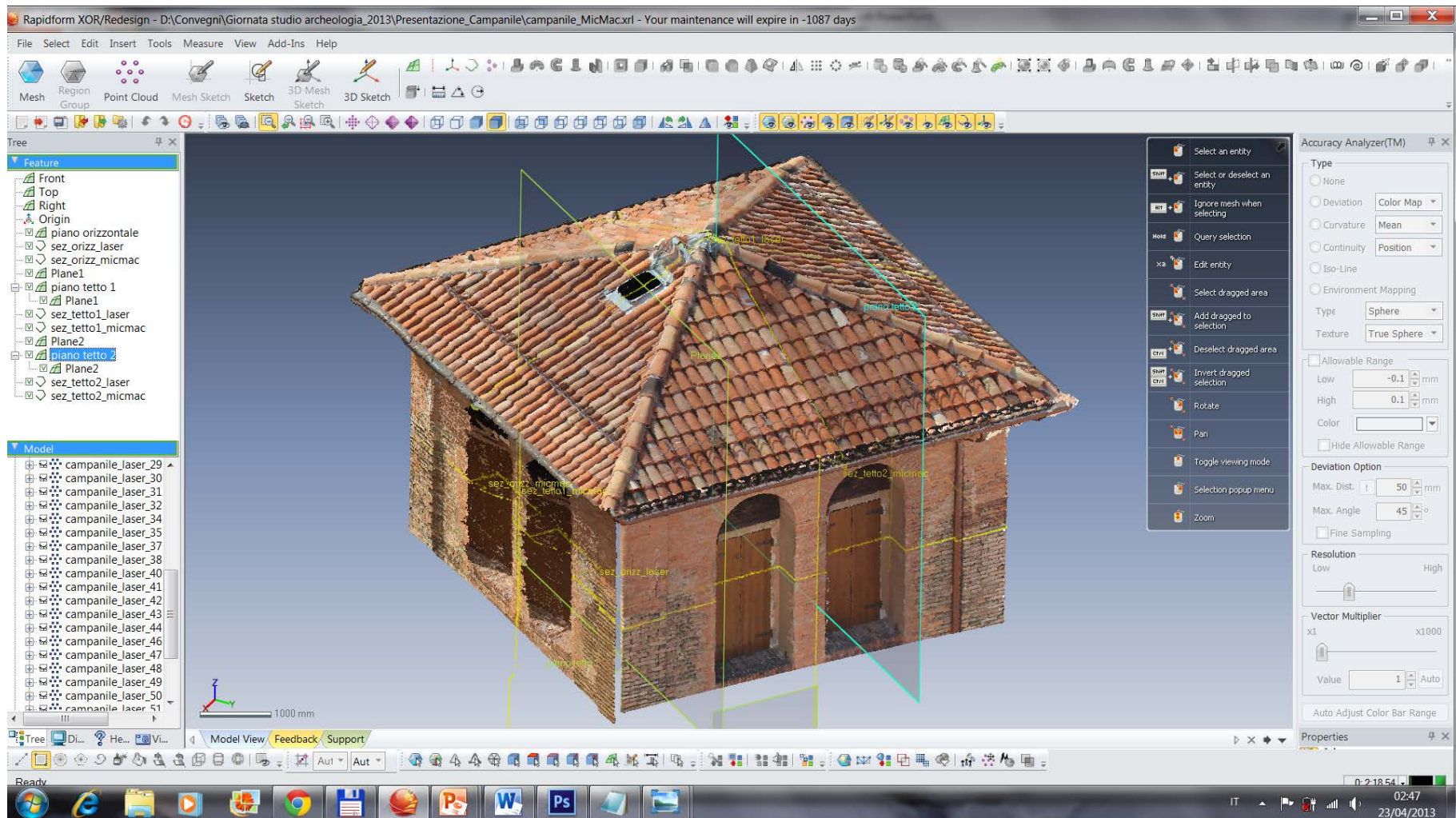
Schema di acquisizione



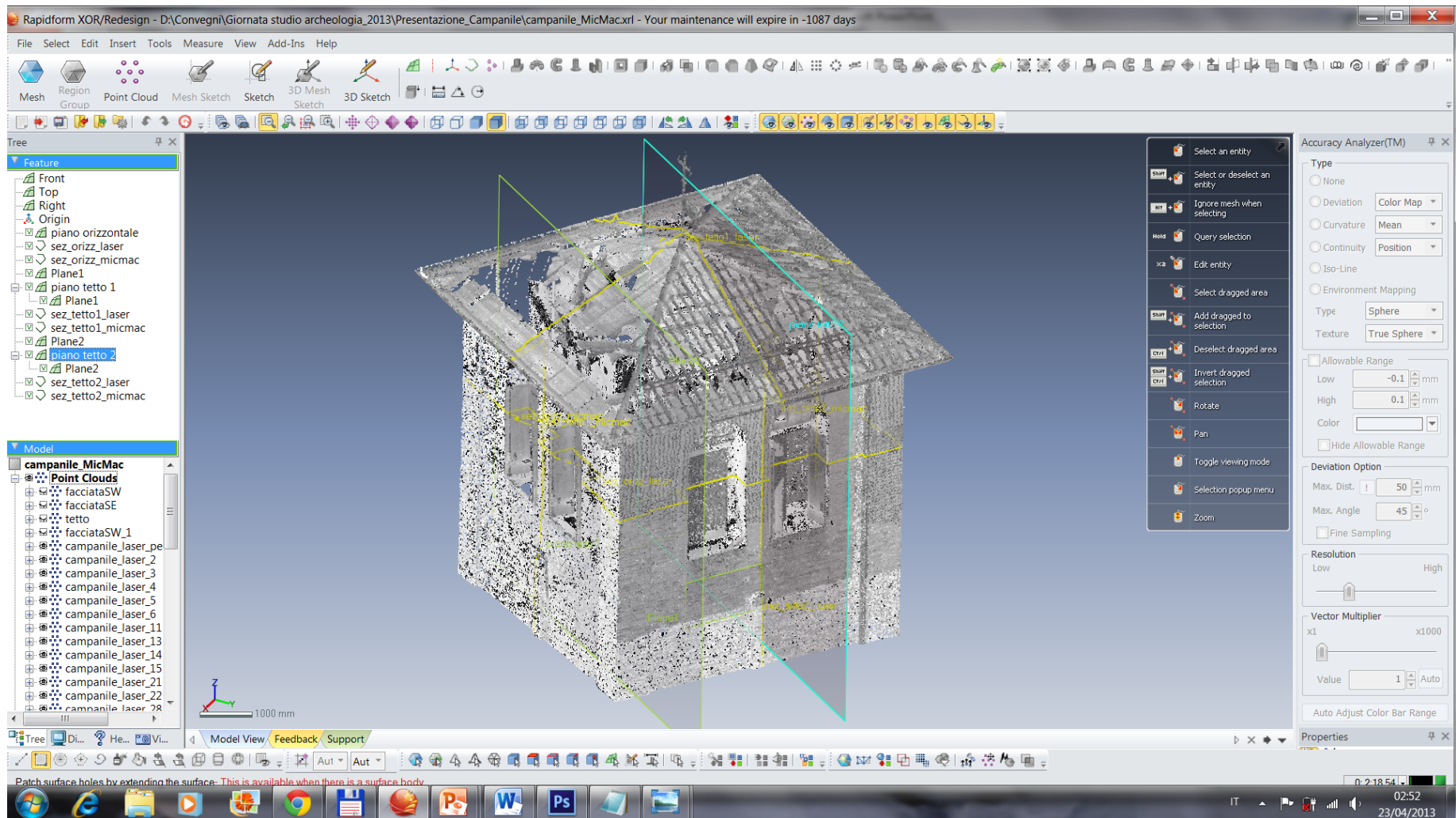
APERO / MicMac: workflow



3D Model Image Based

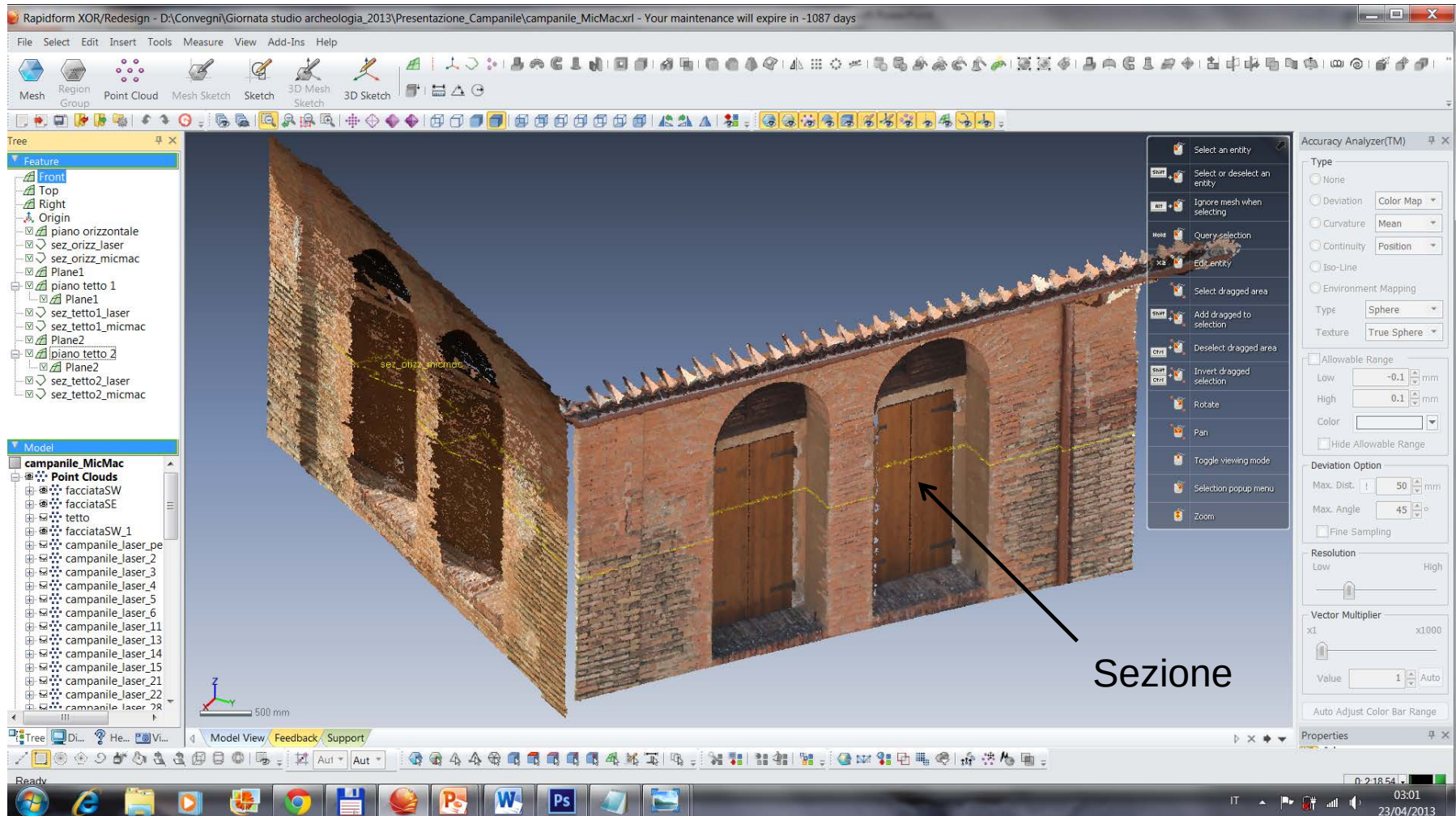


3D Model Range Based



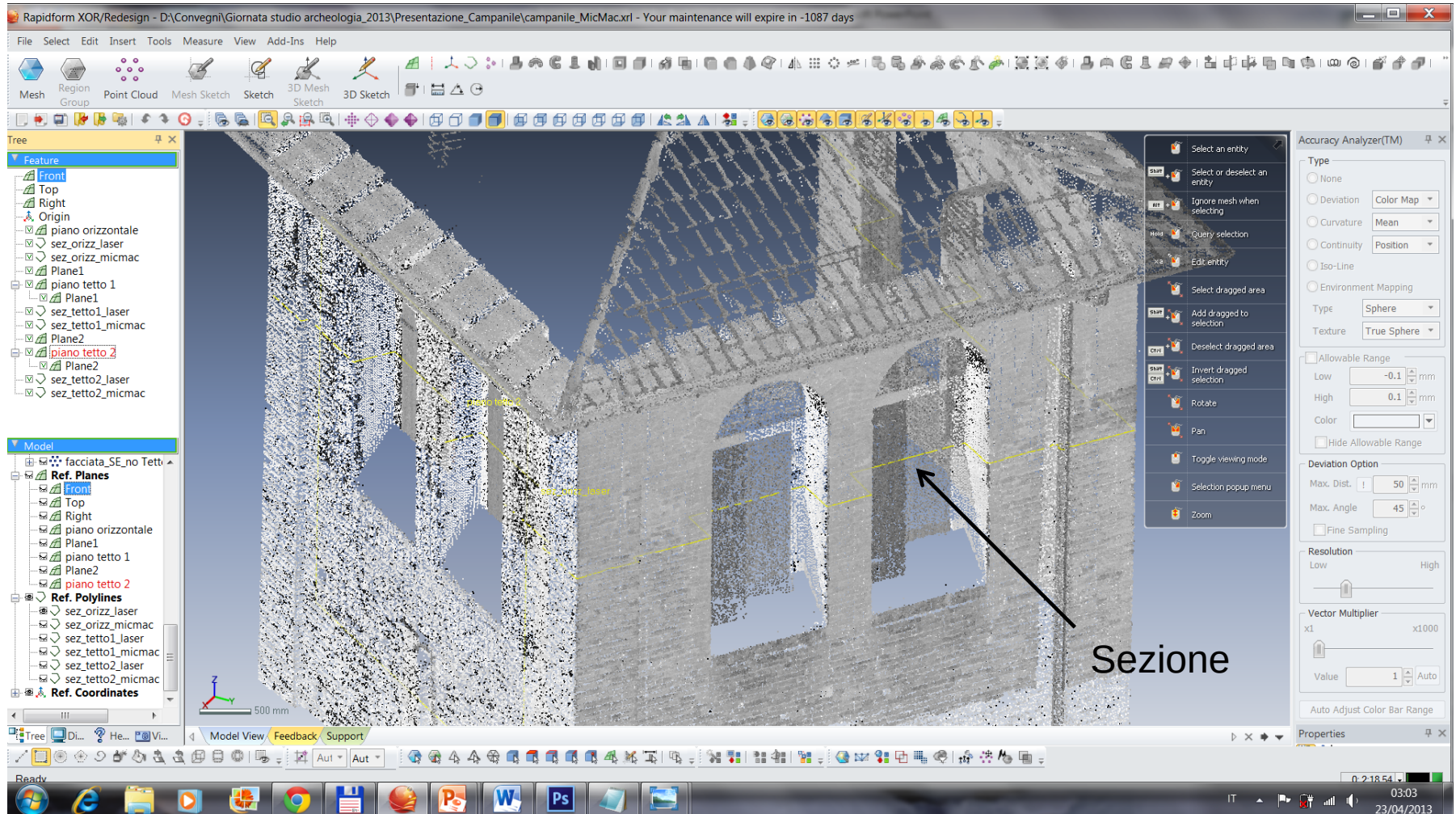
Validazione (I)

Sezione orizzontale modello Image Based



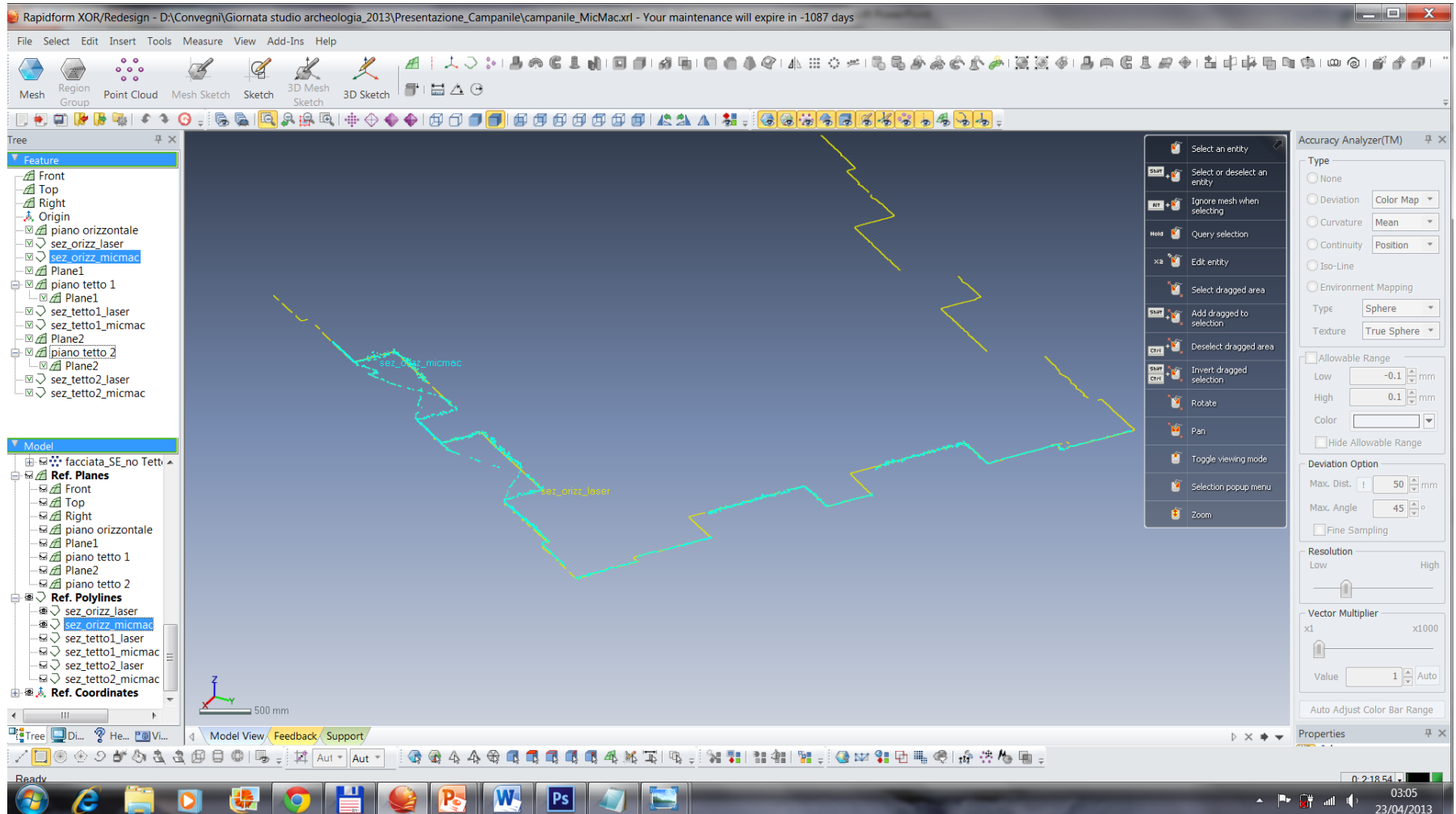
Validazione (II)

Sezione orizzontale modello Range Based



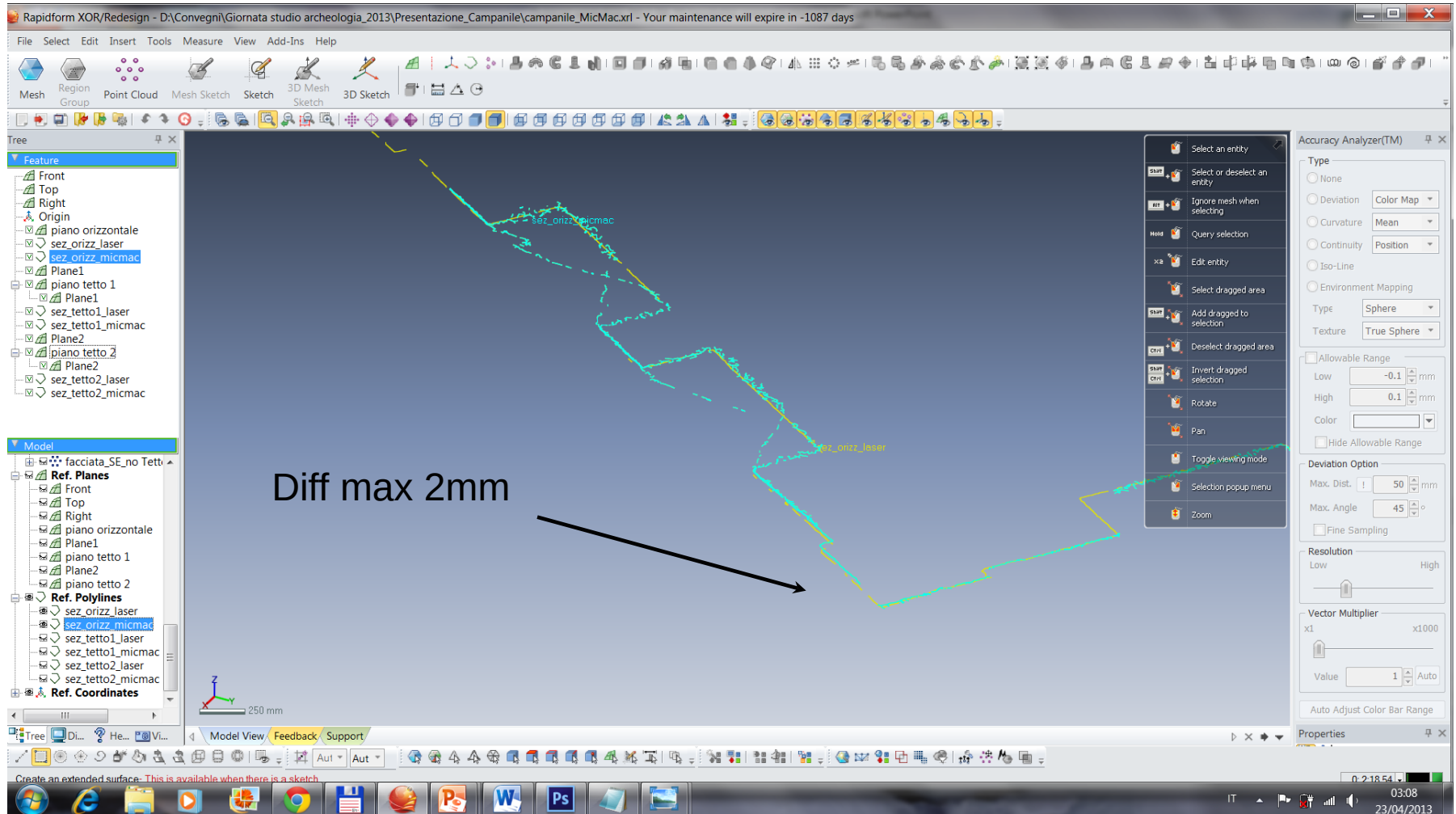
Validazione (II)

Sezioni a confronto



Validazione (IV)

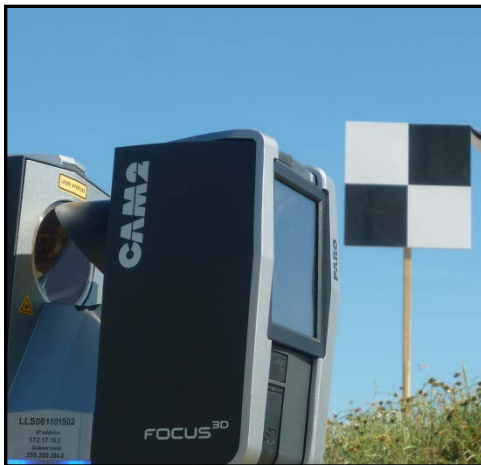
Sezioni a confronto



Validazione DEM da UAS

Rilevamento simultaneo della duna con TLS, GPS e UAS:

- ✓ **Confronto DEM-UAV con profili GPS;**
- ✓ **Confronto prestazioni di DEM-UAV e DEM-TLS;**
- ✓ **Qualità DEM-UAV con diverse soluzioni di orientamento e compensazione del modello aerofotogrammetrico**



ESACOTTERO ESAFLY A2500

Camera EOS 5500 Reflex calibrata
Produttore: SAL Engineering

Duna



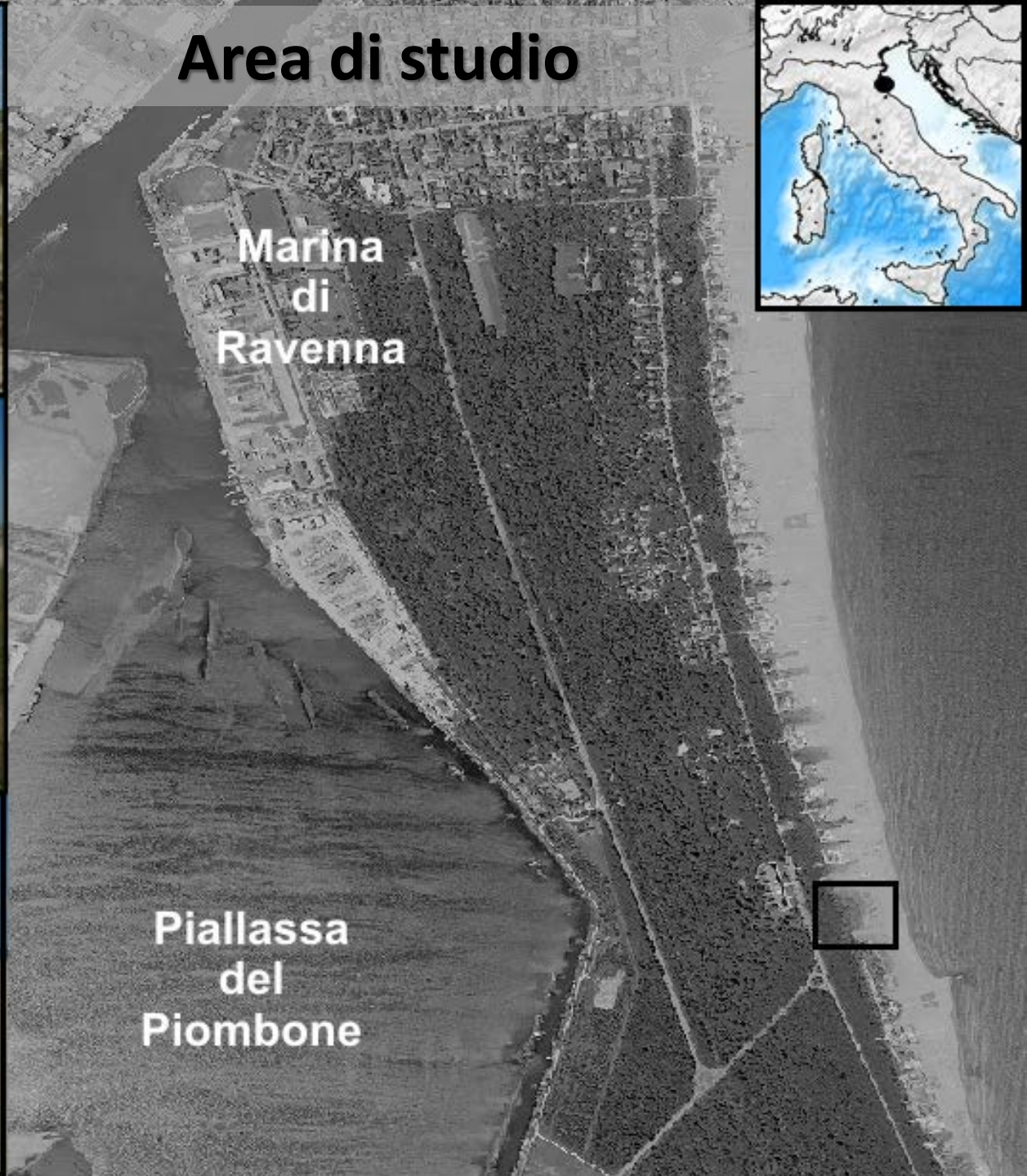
Retroduna



Avanduna



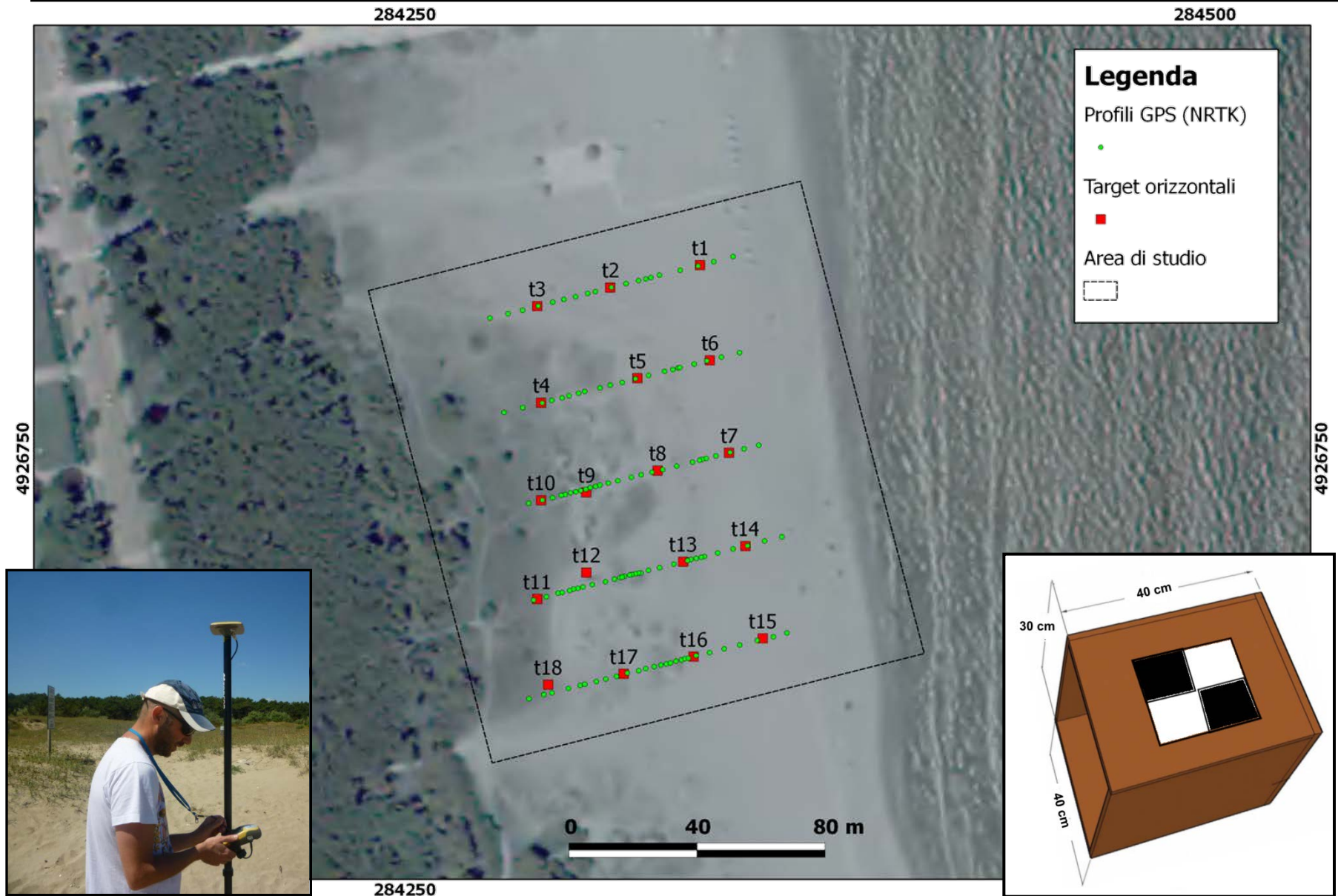
Area di studio



**Marina
di
Ravenna**

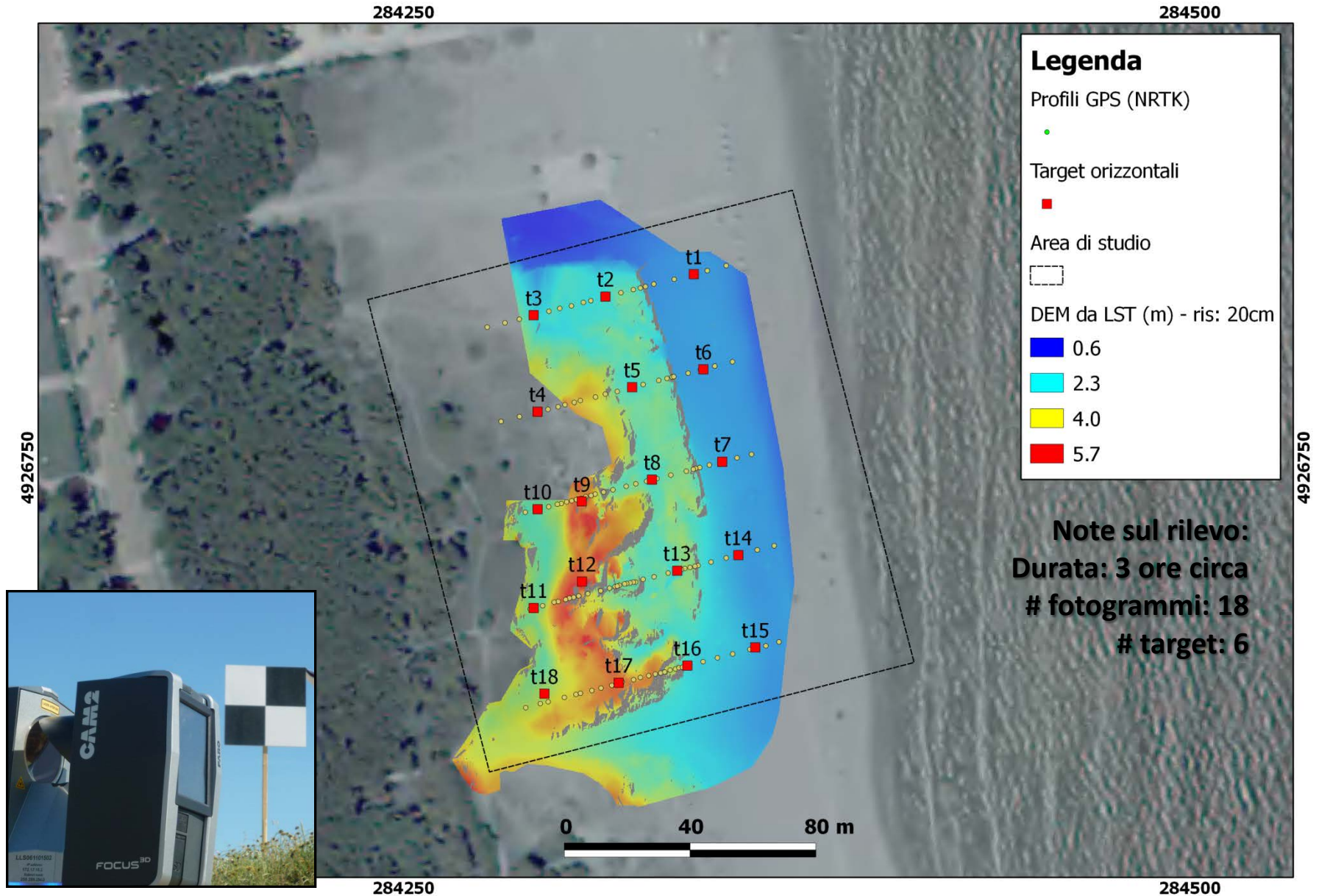
**Piassa
del
Piombone**

Misure GNSS di riferimento



DEM (0.20m) – LST

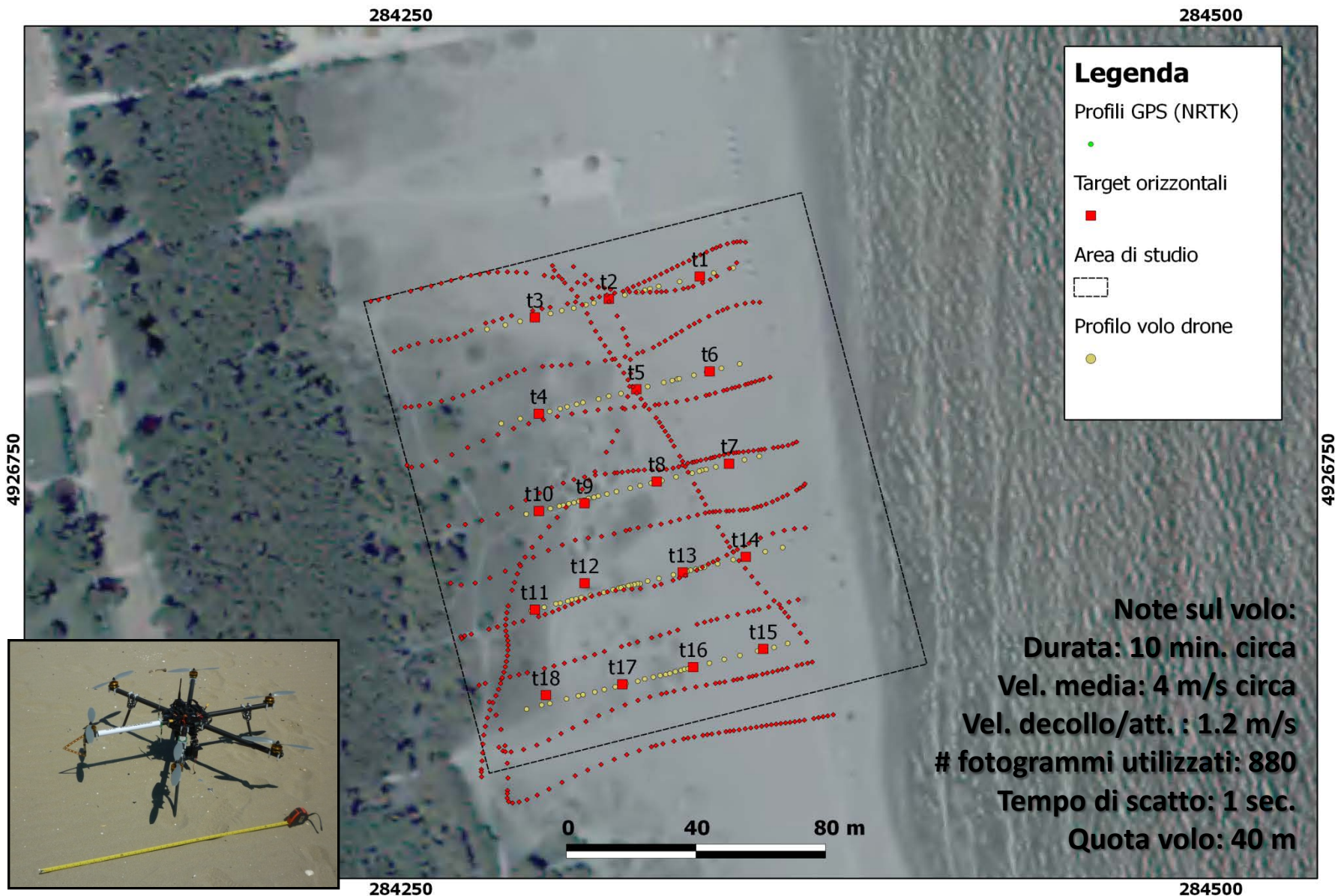
Risultati



Sistema UAS



DEM – UAS IL VOLO



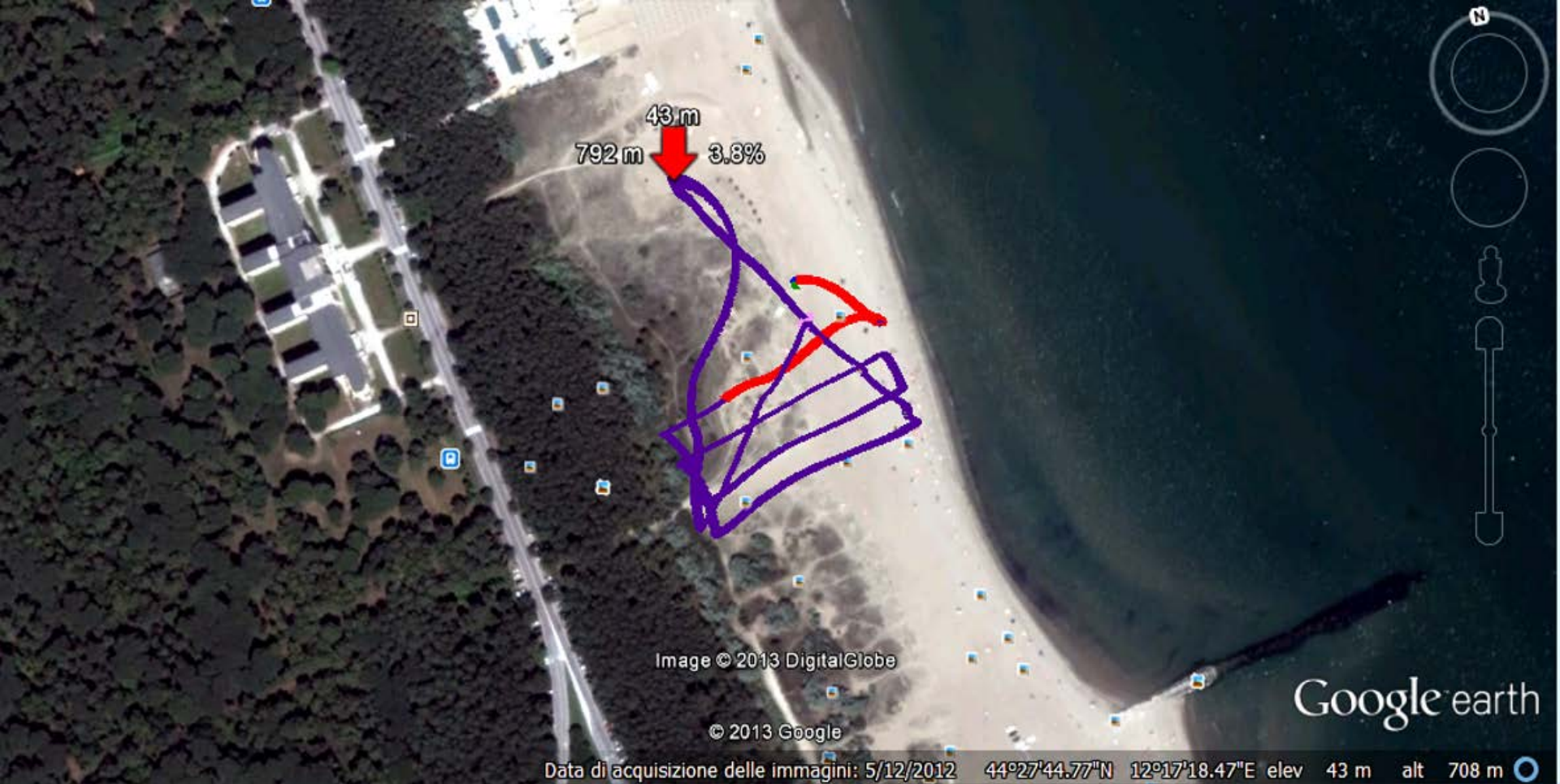


Image © 2013 DigitalGlobe

© 2013 Google

Data di acquisizione delle immagini: 5/12/2012 44°27'44.77"N 12°17'18.47"E elev 43 m alt 708 m

Grafico: min, med, max Elevazione: 9, 26, 43 m

Totali intervallo: Distanza: 147 m Guadagno/perdita in elev.: 34.6 m, 0 m Pendenza max: 55.6%, - Pendio medio: 23.3%, -

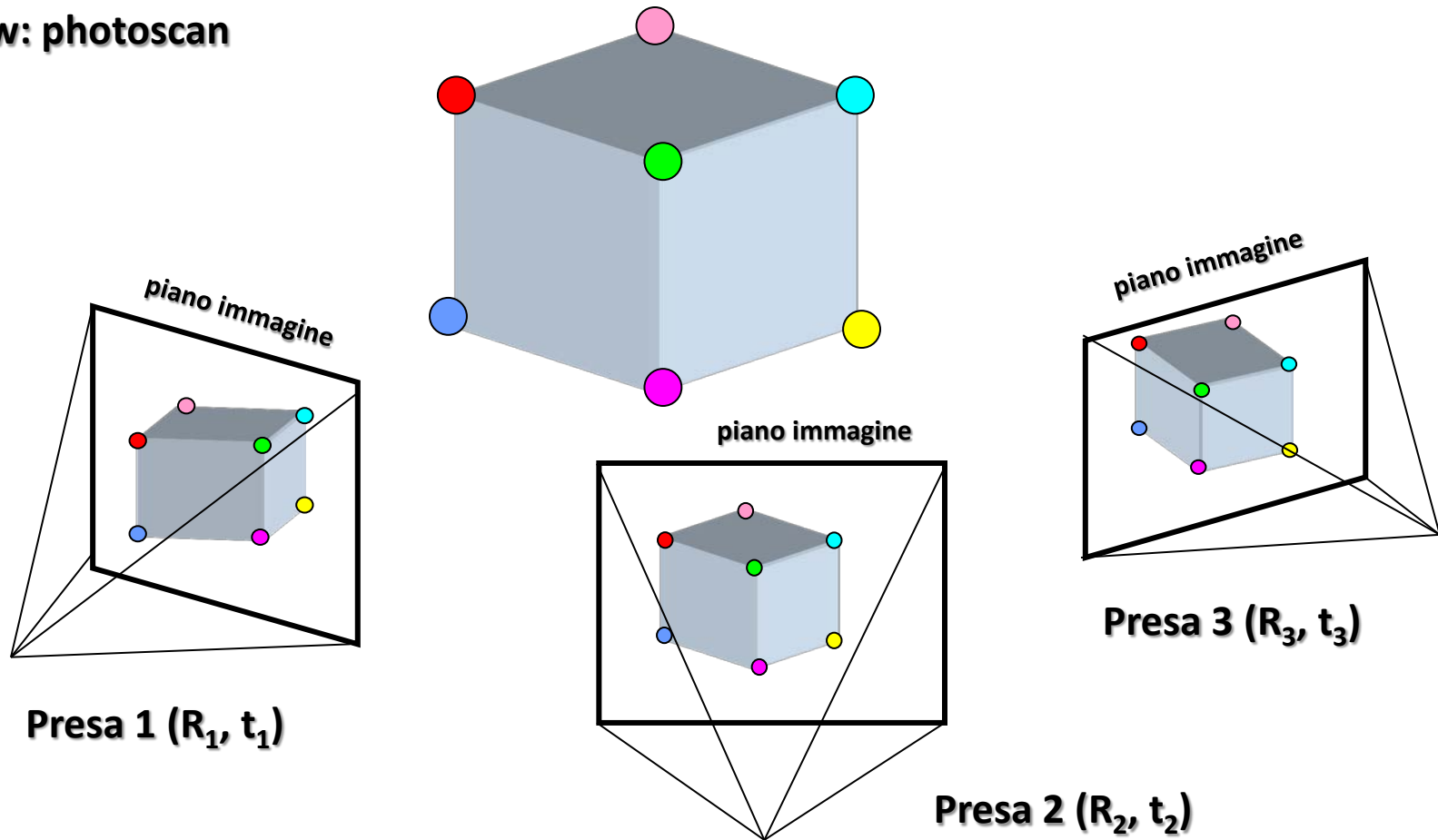


Visita guidata

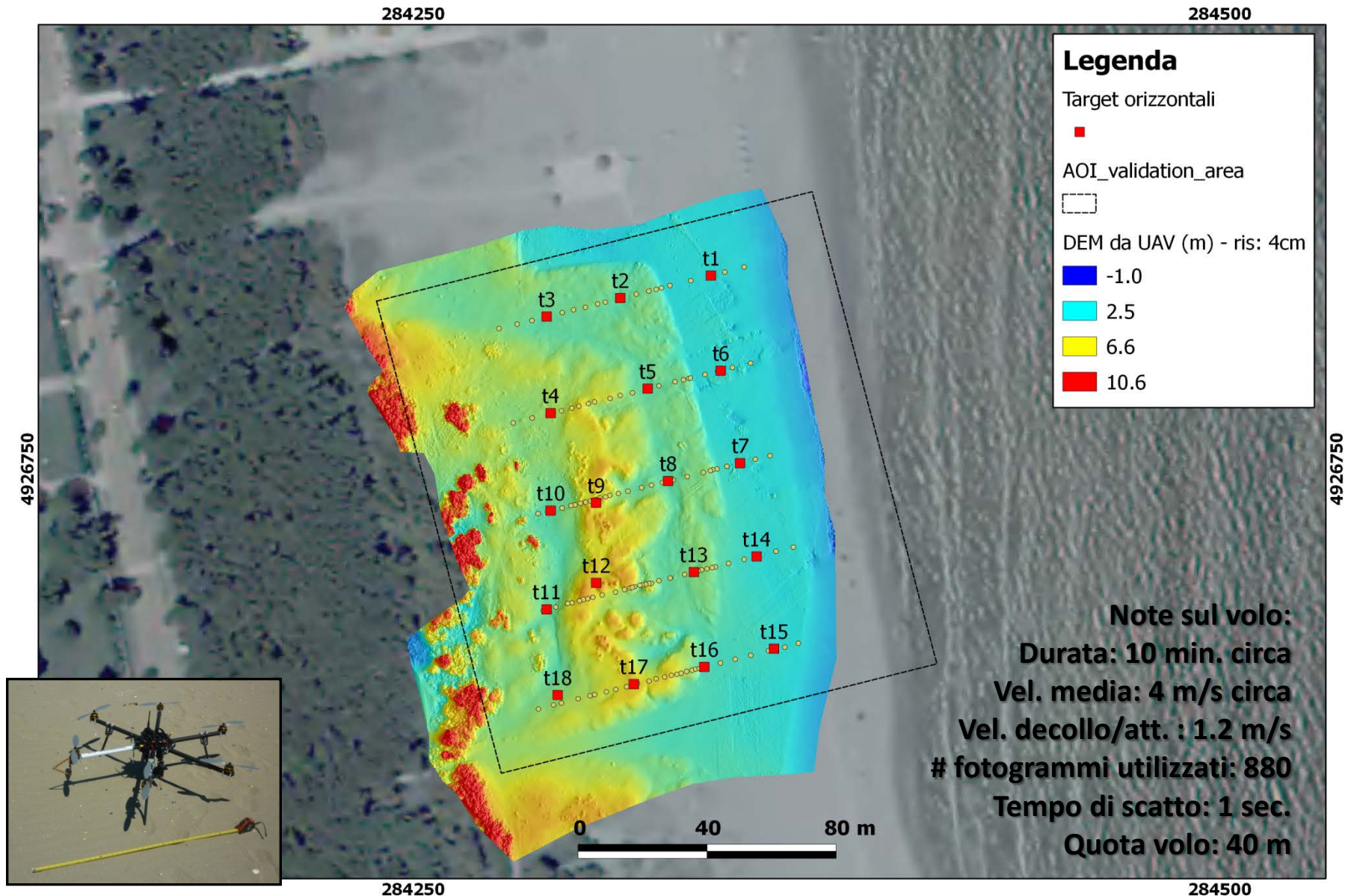
Algoritmi: *Affine Structure from Motion*

Osservato un oggetto tri-dimensionale da due, o più immagini, calcola i parametri di orientamento della camera (assetto R e posizione t) oltre alla profondità dei punti (quota nel caso di prese aeree).

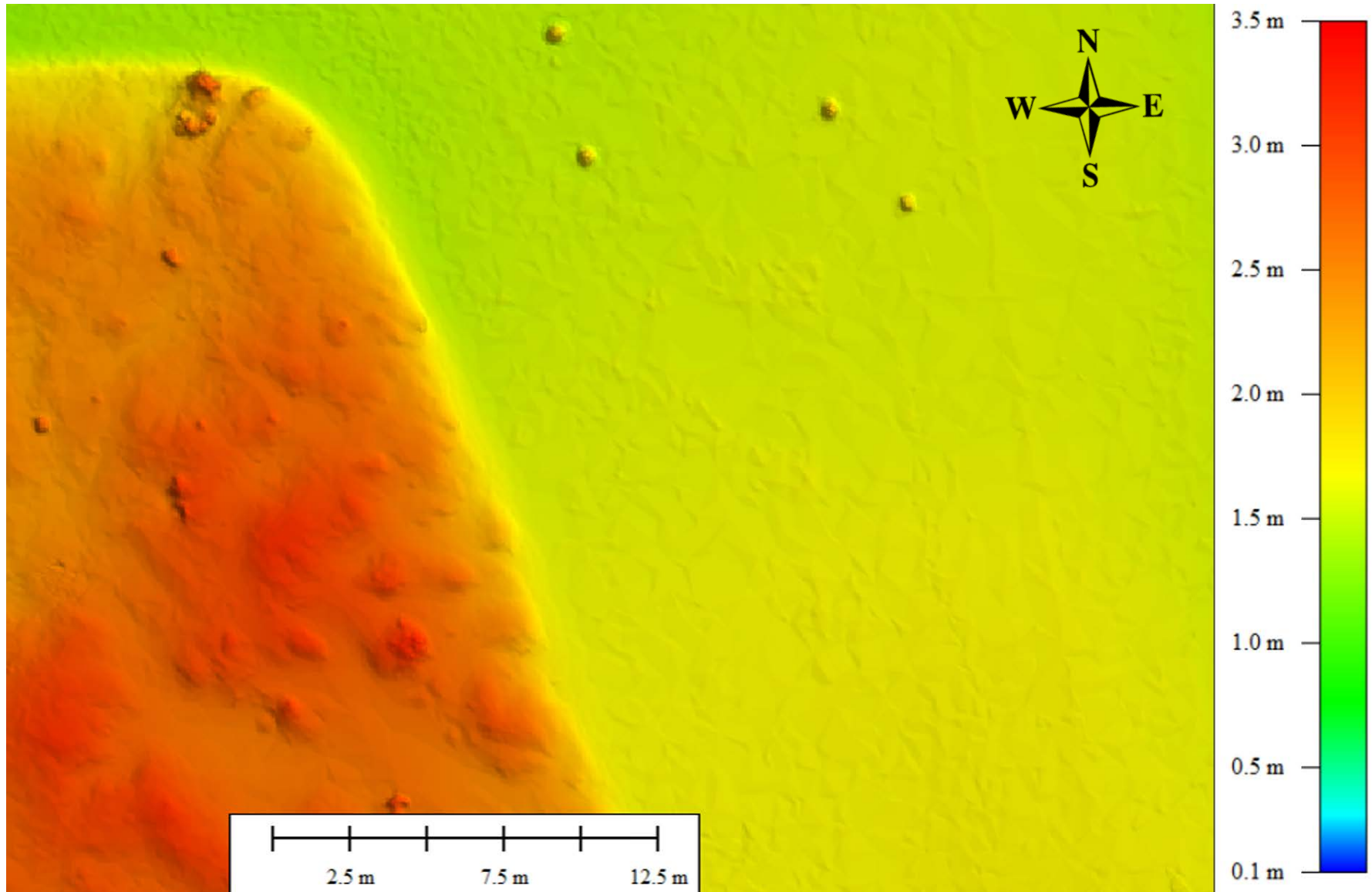
Sw: photoscan



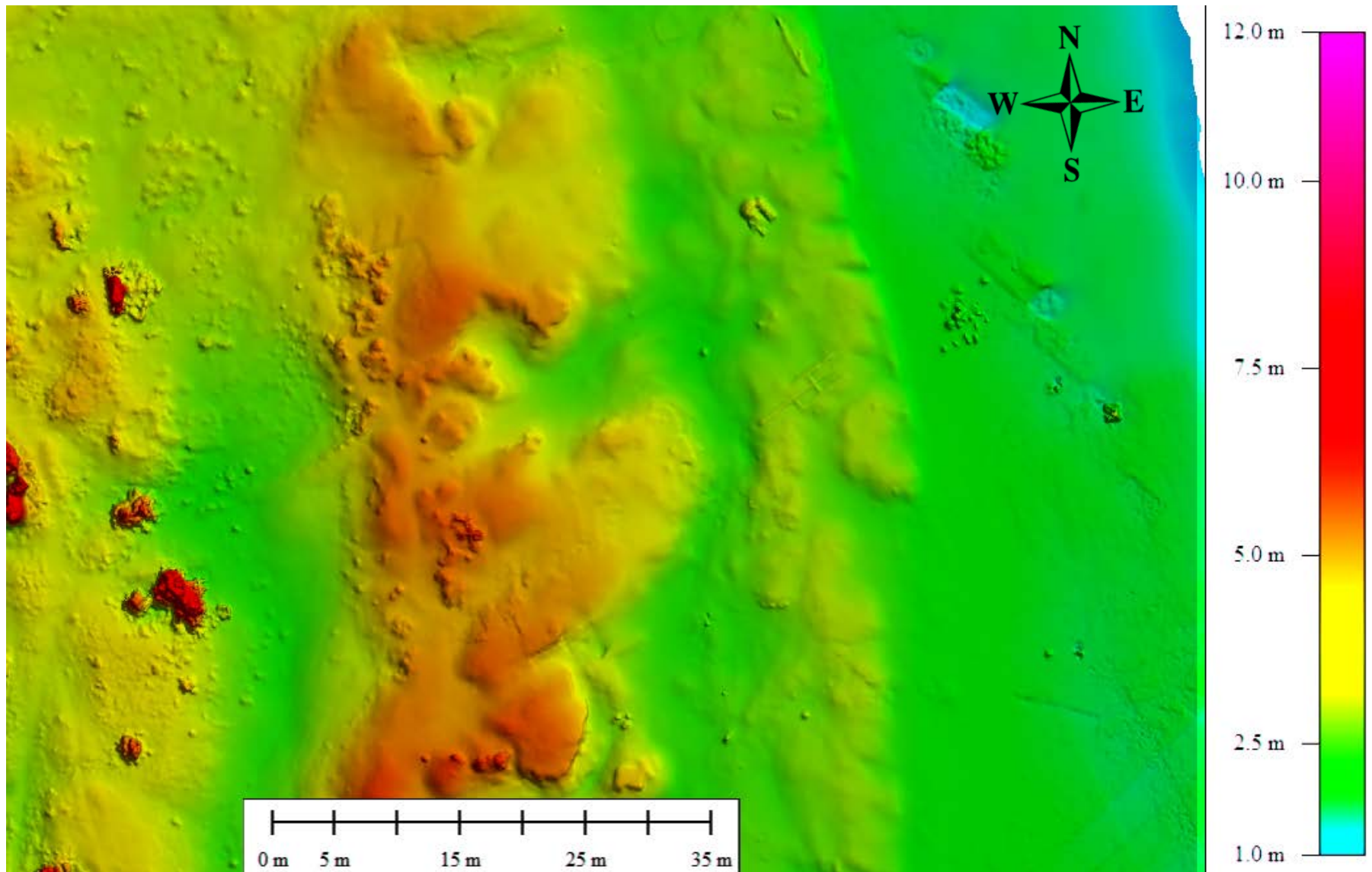
DEM (0.04m) – UAS Risultati



DEM (0.04m) – UAS Dettagli

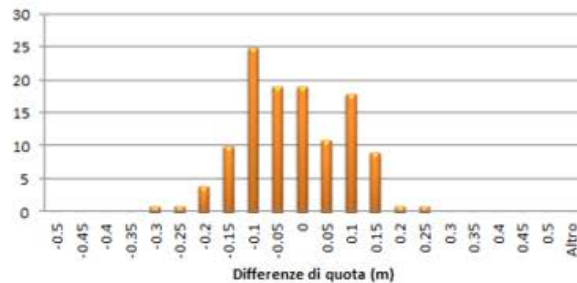


DEM (0.04m) – UAS Dettagli



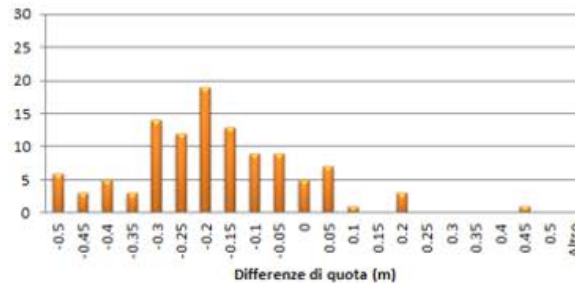
DEM-UAV (solo orientamento): validazione

DRONE-GPS



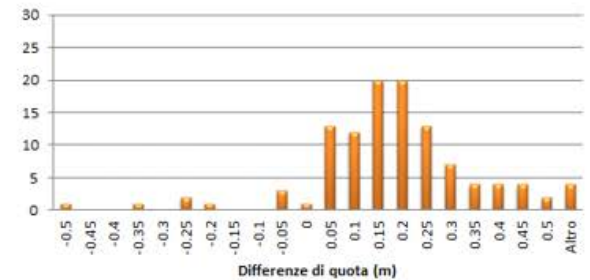
Media: -0.04 cm
Std: 0.10 cm

DRONE-LST

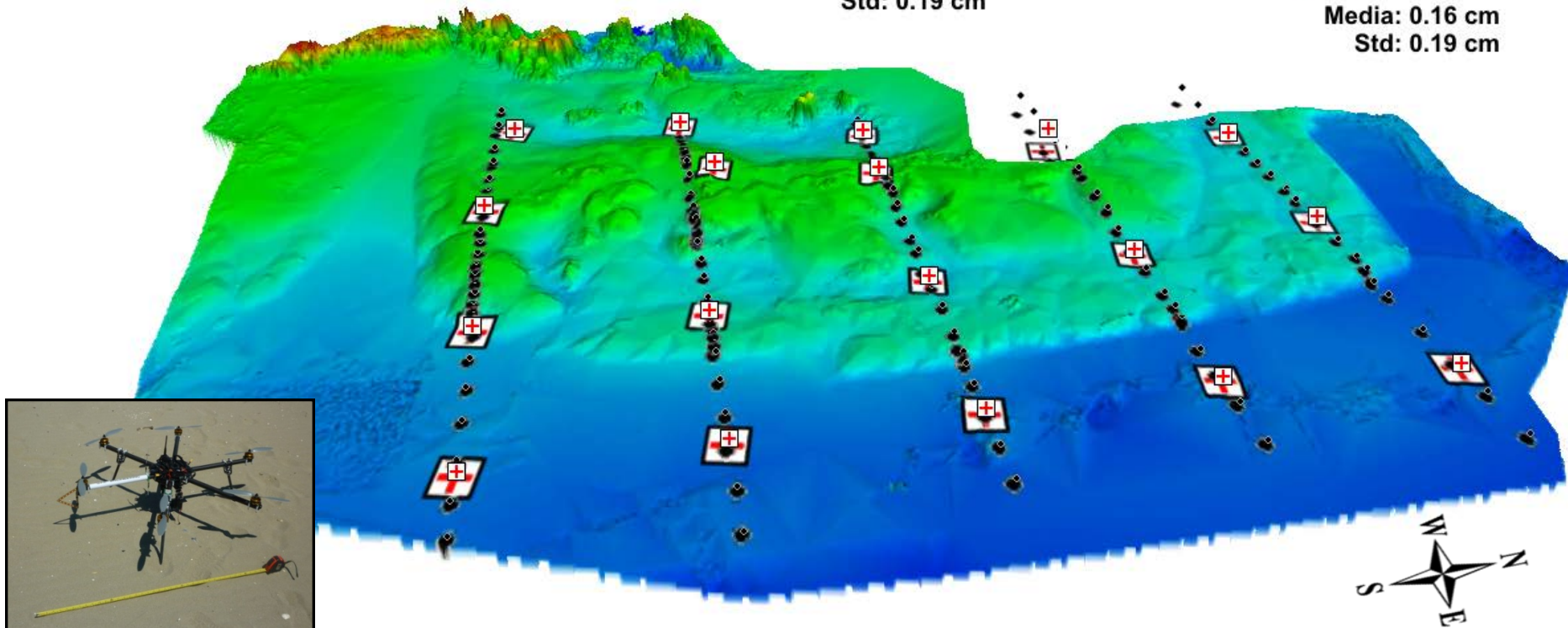


Media: -0.21 cm
Std: 0.19 cm

LST-GPS

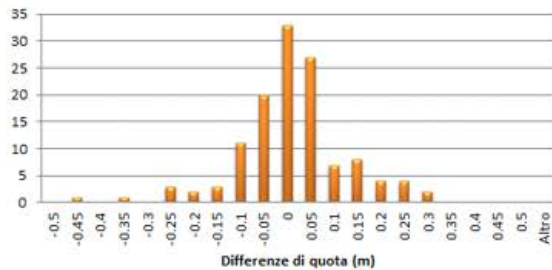


Media: 0.16 cm
Std: 0.19 cm



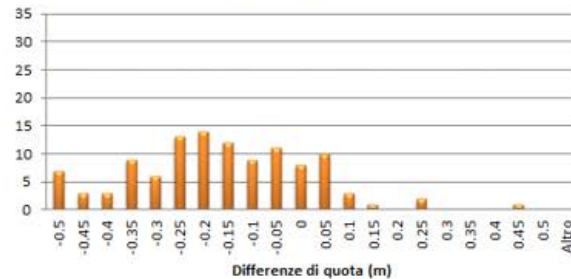
DEM-UAV (compensazione): validazione

DRONE-GPS



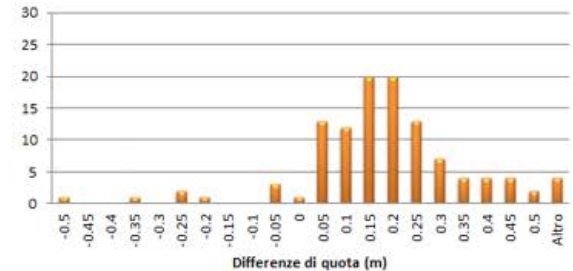
Media: -0.01 cm
Std: 0.11 cm

DRONE-LST

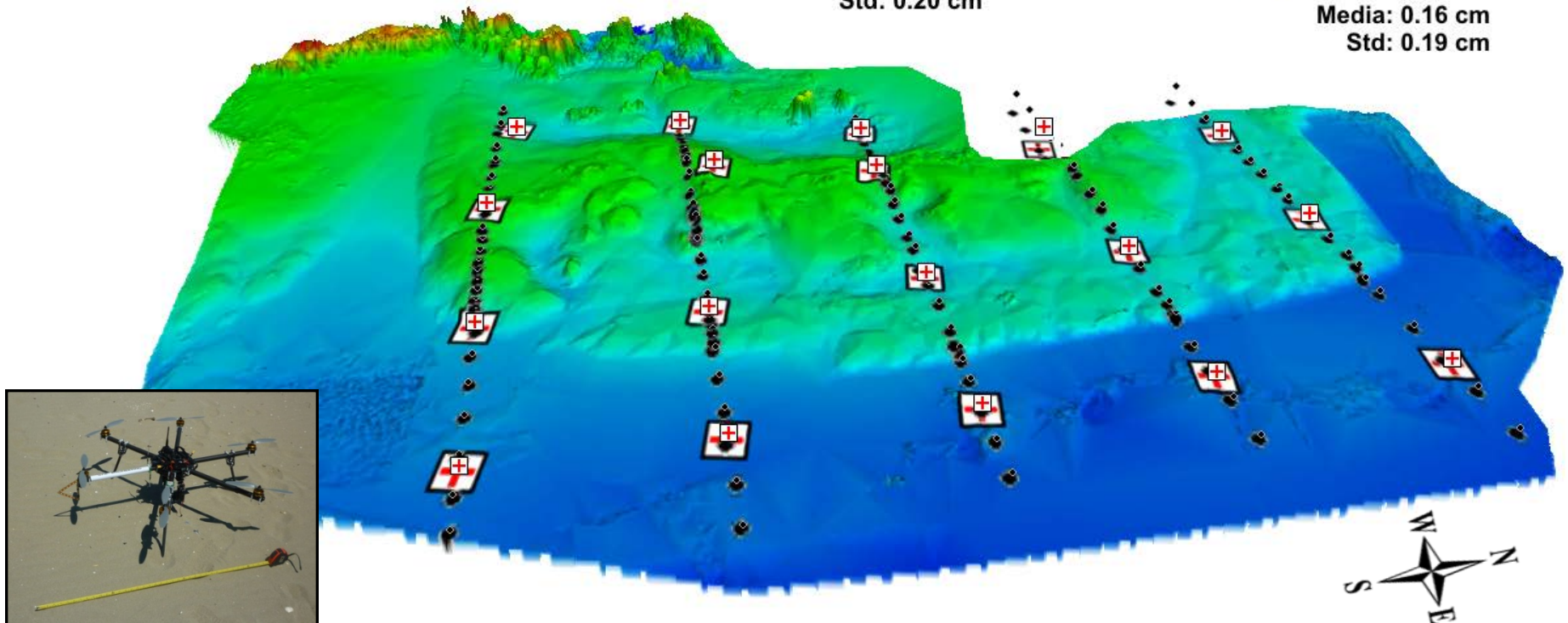


Media: -0.20 cm
Std: 0.20 cm

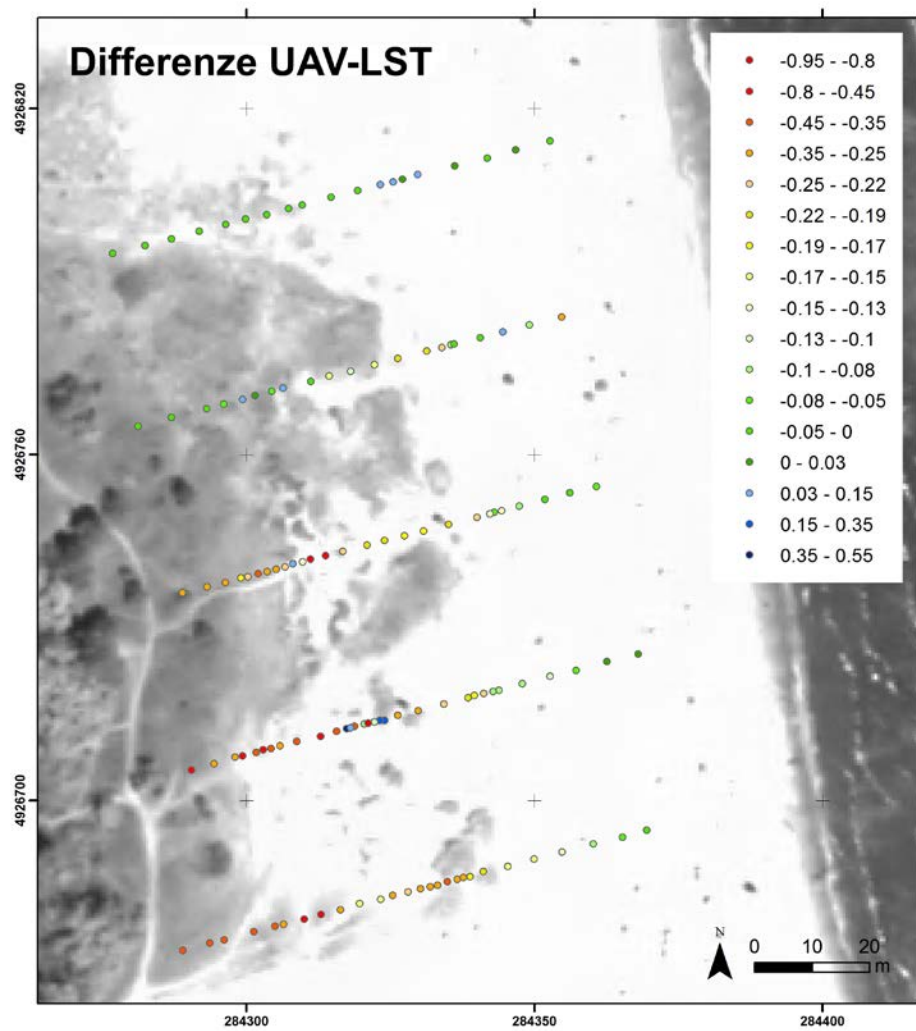
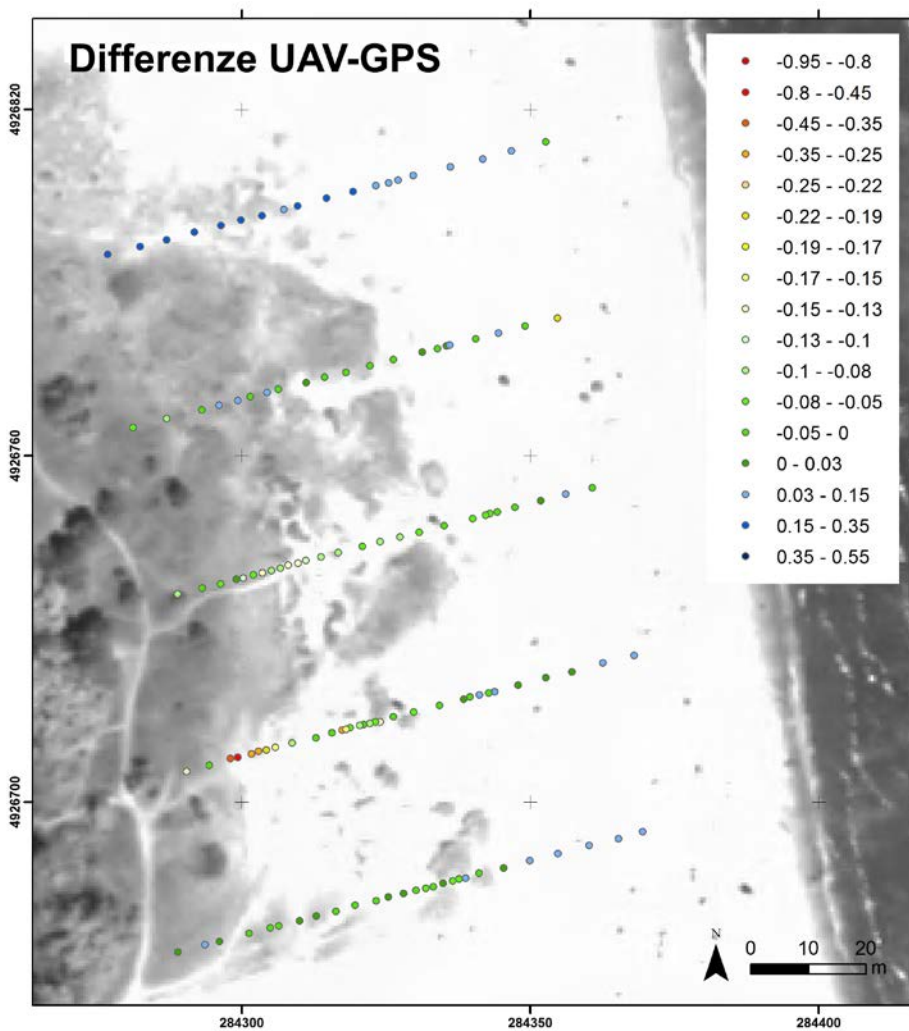
LST-GPS



Media: 0.16 cm
Std: 0.19 cm

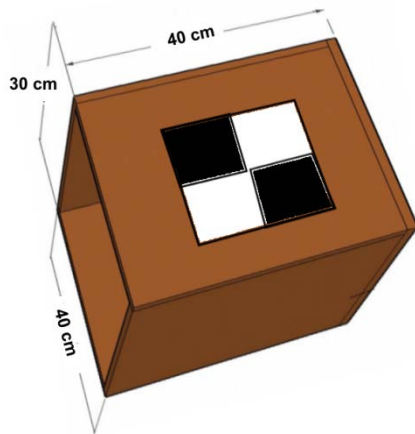


DEM-UAV (compensazione): validazione



DEM-UAV (compensazione): residui su target

Label	X/East	Y/North	Z/Altitude	Error (m)	X err	Y err	Z err
1	284342.420	4926811.730	1.900	0.024	0.005	0.000	-0.023
3	284291.510	4926798.710	2.720	0.162	0.022	0.016	0.160
4	284292.740	4926768.000	3.760	0.005	0.001	0.002	-0.004
5	284322.820	4926775.800	2.770	0.082	-0.005	0.009	-0.081
7	284351.450	4926752.100	2.020	0.012	0.001	0.007	-0.010
10	284292.760	4926737.020	2.890	0.153	-0.007	0.000	-0.153
13	284337.150	4926717.480	3.130	0.020	-0.004	0.000	-0.020
14	284356.590	4926722.440	1.970	0.005	0.001	-0.001	0.005
15	284361.990	4926693.110	2.020	0.058	0.000	0.002	0.058
18	284294.940	4926678.390	3.500	0.011	-0.004	-0.006	-0.008



Considerazioni

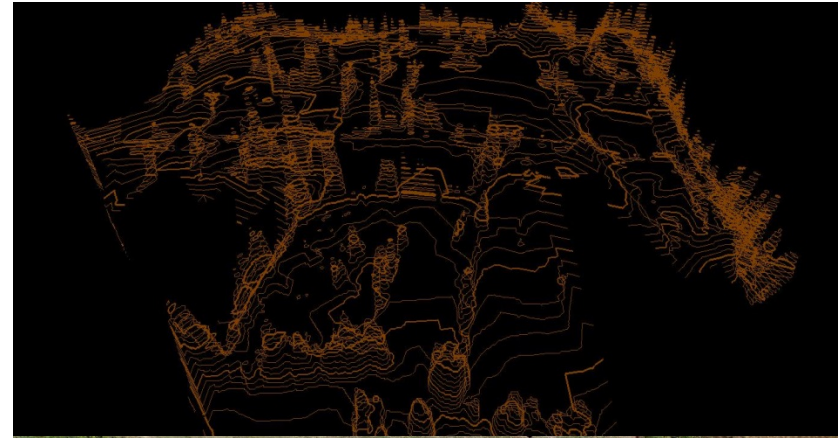
1. DEM-UAS **orientato su 4 target**: accuratezza verticale di 4 - 10 cm, continuità e definizione spaziale;
2. DEM-UAS **compensato in blocco su 10 target** con metodo SFM: accuratezza verticale di 1 - 10 cm;
3. DEM-UAS generato con tutte le prese, anche non nadirali;
4. Per aree di pochi ettari non richiede particolari accorgimenti nell'appoggio a terra;
5. Sicuramente adatto a rilevamenti in ambienti ostili;
6. Il confronto DEM-UAS e DEM-TLS presenta un bias di 20 cm (forse dovuto all'orientamento di alcune prese);
7. Idoneo a studi di geomorfologia costiera.

Mancini F., **Dubbini M.**, Gattelli M., Stecchi F., Fabbri S., Gabbianelli G., (2013)

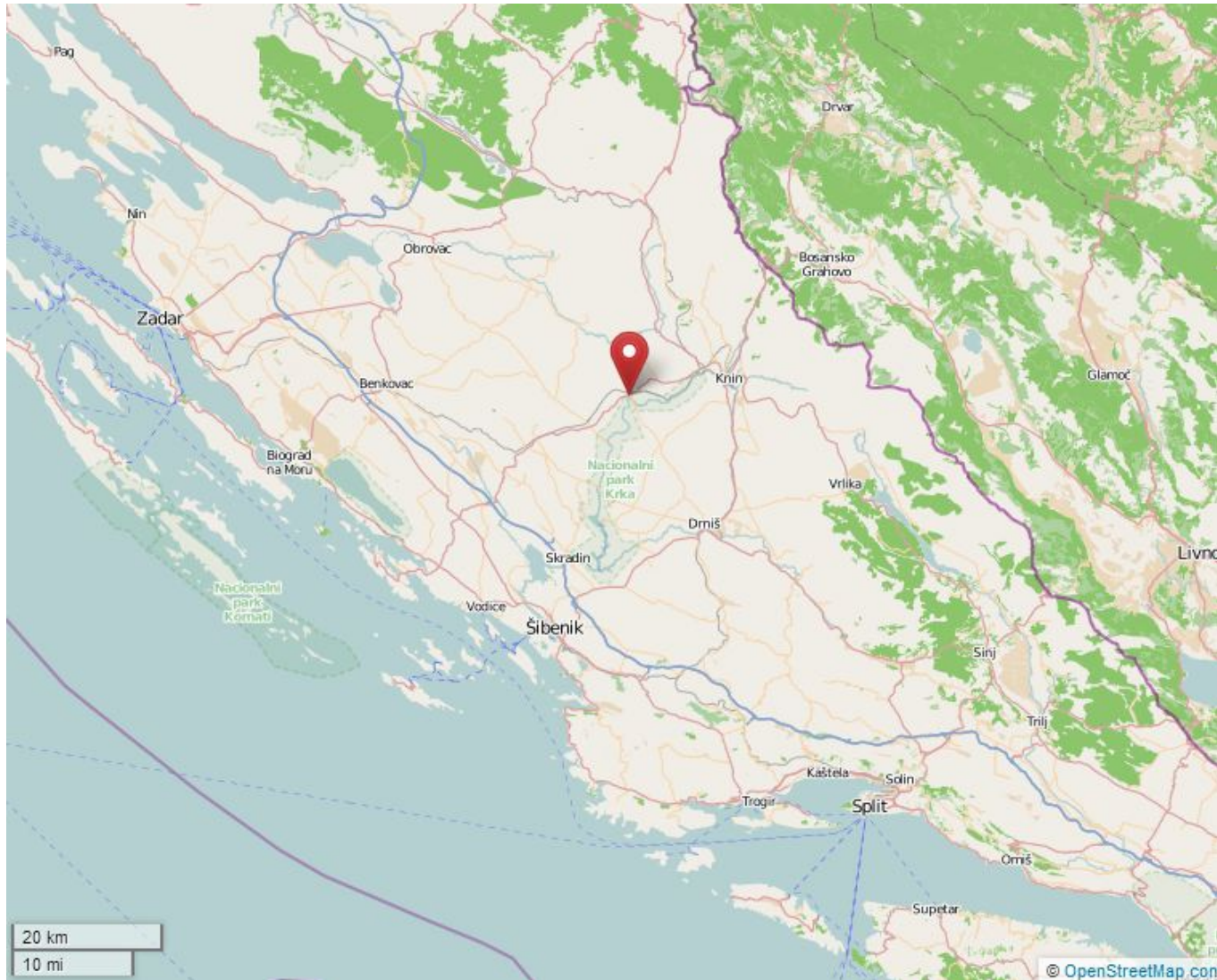
“Using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for high resolution reconstruction of topography: the Structure from Motion approach an coastal environments” (IN PRESS)

Sito Archeologico di BURNUM (Croazia)

- Produzione di un **Modello Digitale di Superficie** (DSM) dell'area del castrum di Burnum
- Produzione di un'**Ortofoto** della stessa area
- Sperimentazione di **nuove tecnologie** nell'ambito della fotogrammetria



Area di studio



Il sito archeologico di *Burnum*



Archi della Basilica forense



Anfiteatro



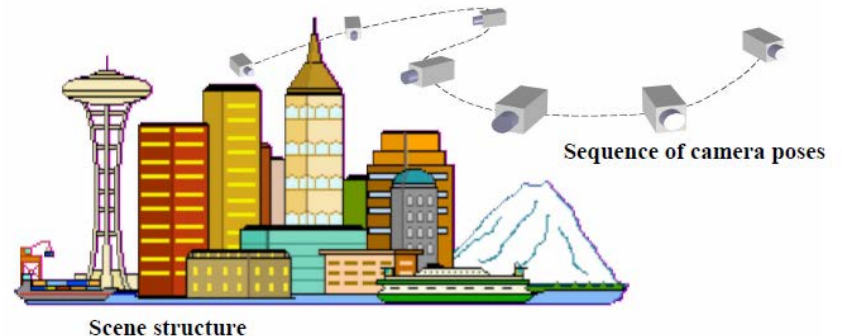
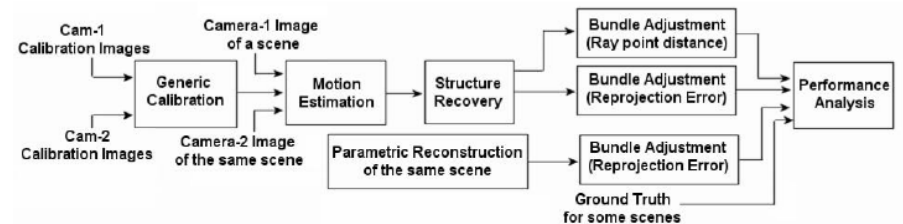
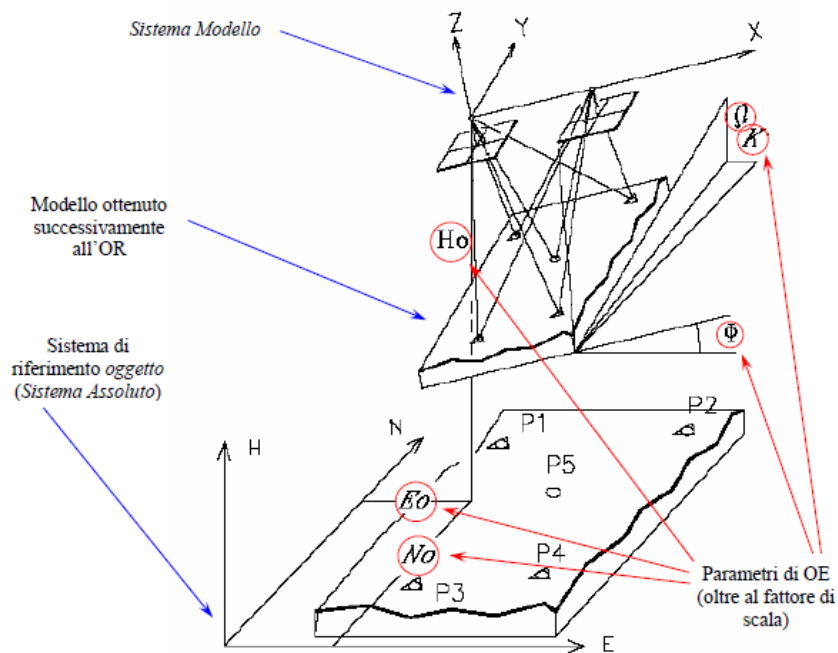
Panorama sulla Krka

La fotogrammetria

Fotogrammetria
classica

Computer Vision
e algoritmi

Structure From Motion



Il processo fotogrammetrico applicato al sito di *Burnum*

1. Fase di **Rilievo**

- i. Acquisizione delle **immagini** fotogrammetriche tramite UAV (Unmanned Aerial Vehicle)
- ii. Acquisizione dei **Punti Fotogrammetrici di Appoggio (PFA)** con strumentazione GPS

2. Fase di **Restituzione**

Acquisizione immagini fotogrammetriche

1. Disegno del **piano di volo** —————> Software: *Mission Planner*



Caratteristiche:

- **6 voli** di circa 7' l'uno
- Ogni volo costituito da **6 strisciate** da circa 160 m
- **Sidelap superiore al 60%** per non incorrere in buchi tra le immagini a causa di traiettorie non rettilinee

Acquisizione immagini fotogrammetriche



Voli svolti

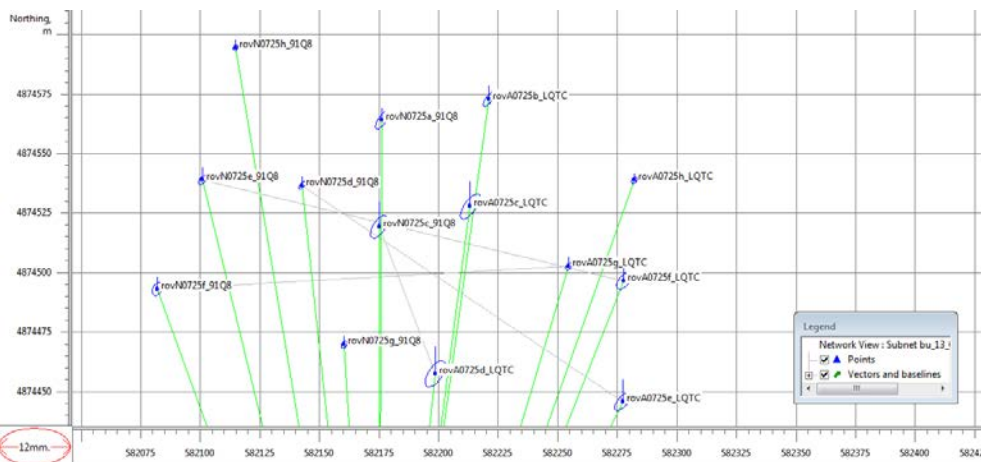
egli archi

Acquisizione PFA

1. **Acquisizione** del dato sul terreno



2. **Elaborazione** del dato —————> Software: *Pinnacle*



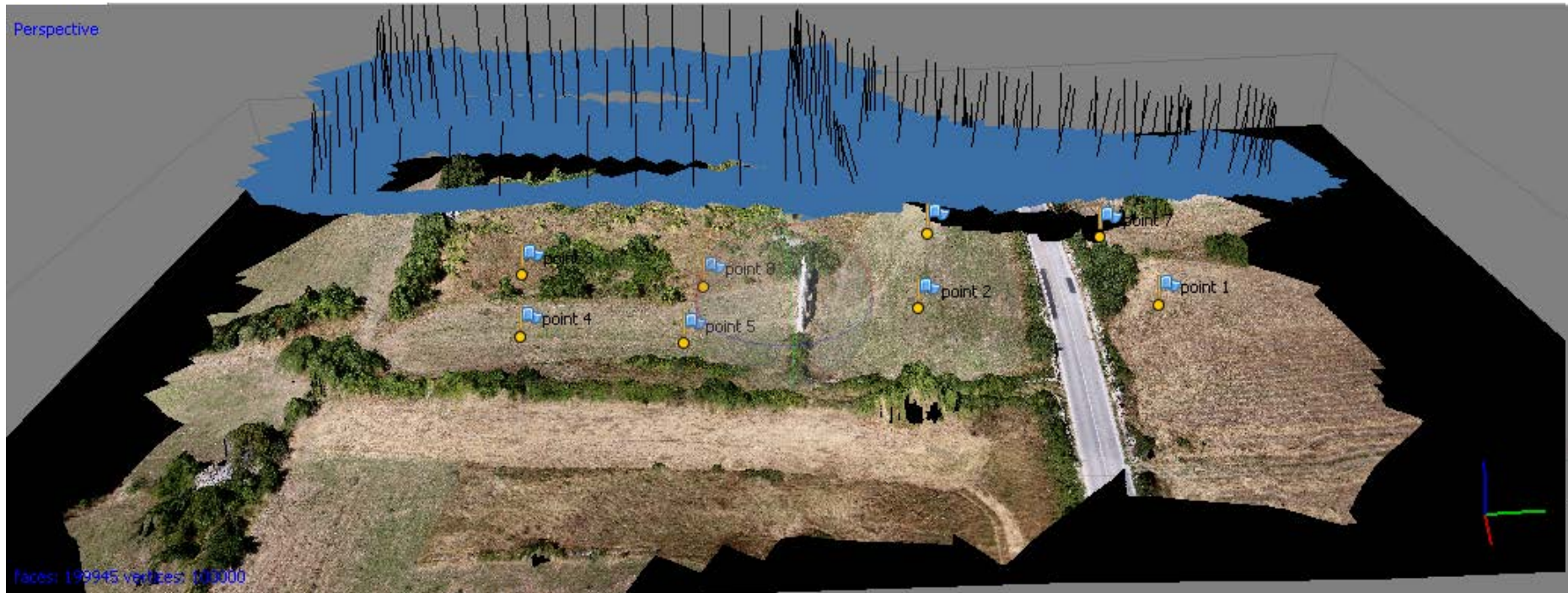
SUBNET 'Session' POINTS: ADJUSTED COORDINATES in WGS84(BLH)										
#	Point	Comment	Latitude	Longitude	height (m)	s (N)	s (E)	s (U)	Corr N-E	N
1	master0725a_XIPS		44°01'00.03048"N	16°01'30.86652"E	288.8439	0.0	0.0	0.0	0	
2	rovA0725b_LQTC		44°01'10.93485"N	16°01'33.12943"E	297.7707	1.2	1.0	2.3	76	
3	rovA0725c_LQTC		44°01'09.47714"N	16°01'32.75213"E	296.8623	2.1	1.7	4.3	72	
4	rovA0725d_LQTC		44°01'07.20269"N	16°01'32.05482"E	296.5859	2.2	1.7	4.8	62	
5	rovA0725e_LQTC		44°01'06.79315"N	16°01'35.57754"E	295.4116	1.5	1.3	3.8	67	
6	rovA0725f_LQTC		44°01'08.43585"N	16°01'35.63044"E	296.6107	1.4	1.2	2.7	57	
7	rovA0725g_LQTC		44°01'08.64391"N	16°01'34.59276"E	296.6743	0.6	0.5	1.7	50	
8	rovA0725h_LQTC		44°01'09.80573"N	16°01'35.84968"E	296.9927	0.6	0.5	1.2	39	
9	rovN0725a_91Q8		44°01'10.67143"N	16°01'31.11394"E	296.2490	1.5	1.2	2.1	73	
10	rovN0725c_91Q8		44°01'09.21678"N	16°01'31.02782"E	296.7148	1.9	1.5	4.3	63	
11	rovN0725d_91Q8		44°01'09.79066"N	16°01'29.58650"E	295.1788	0.6	0.6	1.6	72	
12	rovN0725e_91Q8		44°01'09.88247"N	16°01'27.71282"E	295.0546	0.8	0.7	2.3	62	
13	rovN0725f_91Q8		44°01'08.40666"N	16°01'26.83490"E	294.2986	1.1	0.9	2.2	37	
14	rovN0725g_91Q8		44°01'07.61805"N	16°01'30.34370"E	294.7114	0.6	0.5	1.6	39	
15	rovN0725h_91Q8		44°01'11.67927"N	16°01'28.36298"E	296.5471	0.5	0.4	1.3	28	

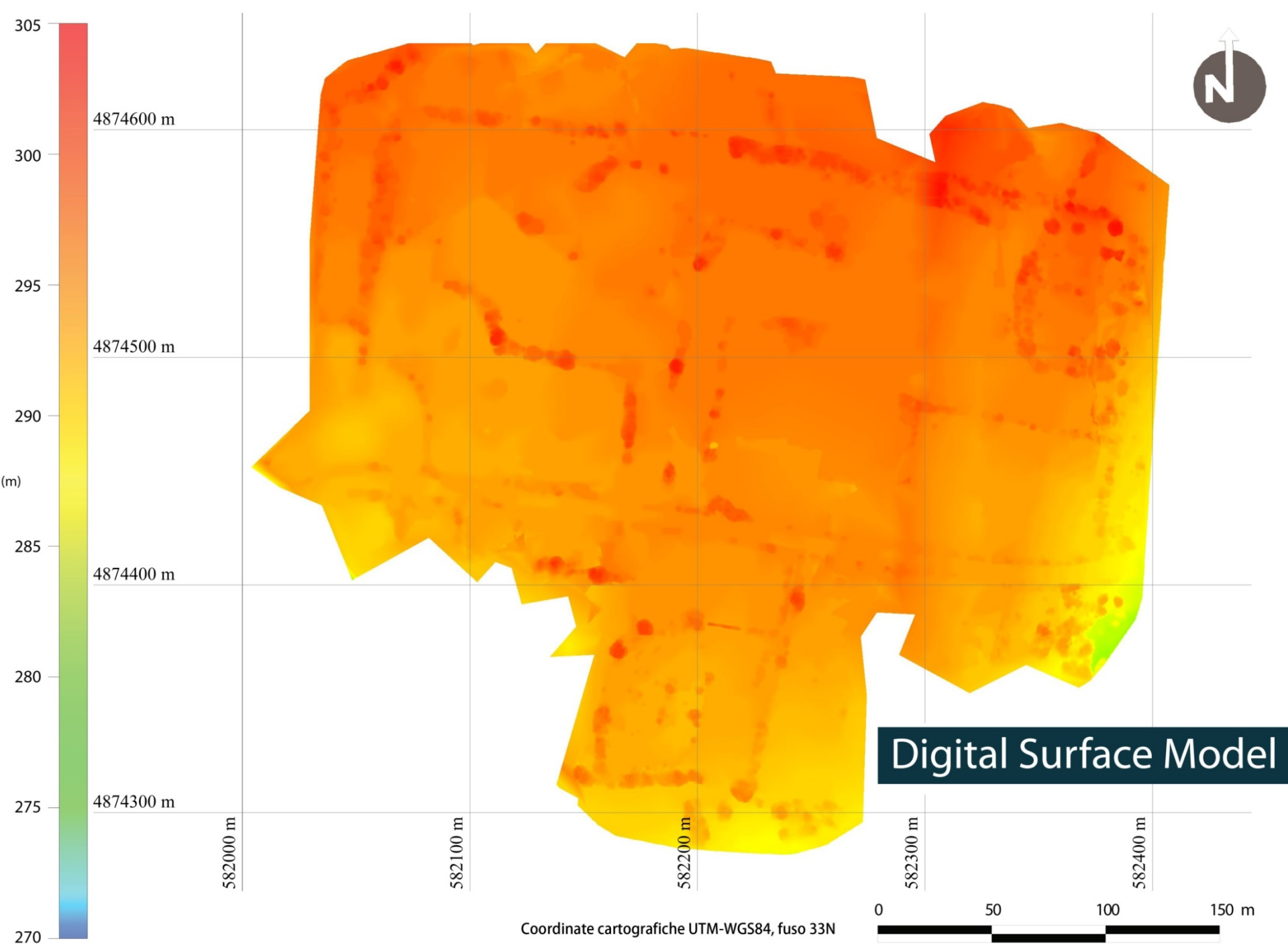
SUBNET 'Session' POINTS: ADJUSTED COORDINATES in UTMN(Grid, Zone Zone_33 : 12E to 18E)										
#	Point	Comment	Northing (m)	Easting (m)	Height (m)	s (N)	s (E)	s (U)	Corr N-E	N
Session	master0725a_XIPS		4874235.81634	582174.89459	288.84395	0.0	0.0	0.0	0	0
Session	rovA0725b_LQTC		4874572.86955	582221.09083	297.77074	1.2	1.0	2.3	76	
Session	rovA0725c_LQTC		4874527.79098	582213.25041	296.86233	2.1	1.7	4.3	72	
Session	rovA0725d_LQTC		4874457.42572	582198.59886	296.58593	2.2	1.7	4.8	62	

Fase di restituzione

Ricostruzione del **modello tridimensionale** → Software: *Photoscan*

1. **Align photos**: creazione della nuvola di punti
2. **Build geometry**: ricostruzione della geometria dell'oggetto
3. **Build texture**: texturizzazione della geometria con un mosaico di immagini
4. **Georeferenziazione del modello**: inserimento delle coordinate dei PFA







4874600 m

4874500 m

4874400 m

4874300 m

582000 m

582100 m

582200 m

582300 m

582400 m

Ortofoto

Coordinate cartografiche UTM-WGS84, fuso 33N



Analisi



DSM

Creazione curve di
livello

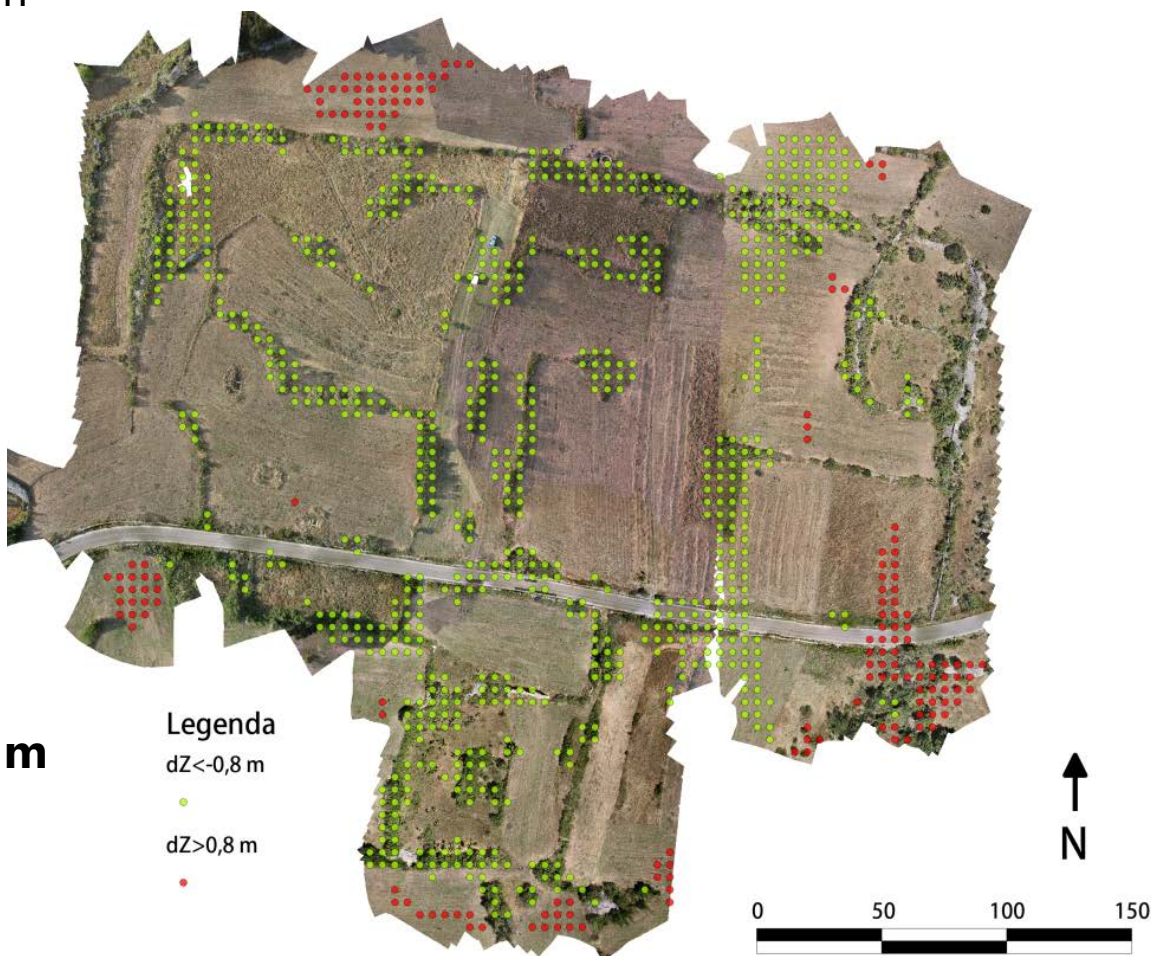
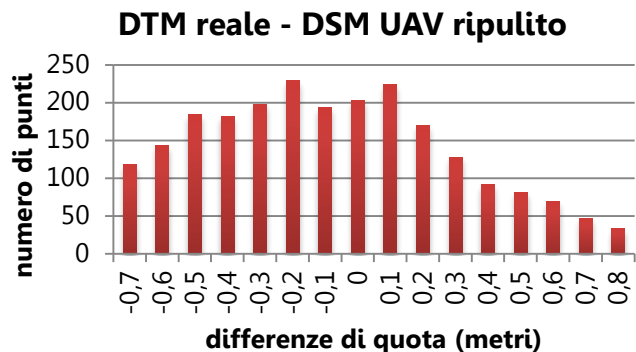
Sovrapposizione
all'ortofoto

Validazione

Confronto del DSM creato tramite UAV e il DTM definito da misure a terra e il DTM costruito mediante fotogrammetria classica da immagini aeree del 1941

Media = -0.403 m SQM = 1.042 m

Caratteristica	Punti
Totale	3207
$dZ < -0,8$	751
$-0,8 < dZ < 0,8$	2293
$dZ > 0,8$	164



Media = -0.131 m SQM = 0.375 m

DTM 1941 - DSM UAV

Media = 2.122 m SQM = 1.713 m

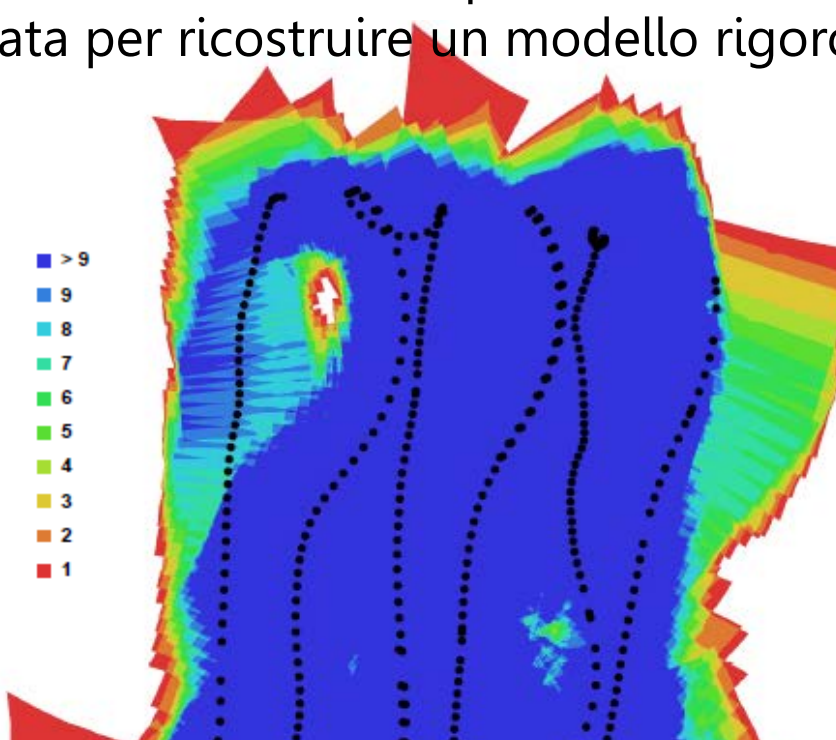
Conclusioni

Utilizzo degli UAV in ambito fotogrammetrico

- Versatilità maggiore
- Contenimento dei costi
- Accuratezza nell'ordine dei 10 centimetri

Per il futuro...

Necessità di avere una quantità di immagini di sovrapposizione molto elevata per ricostruire un modello rigoroso



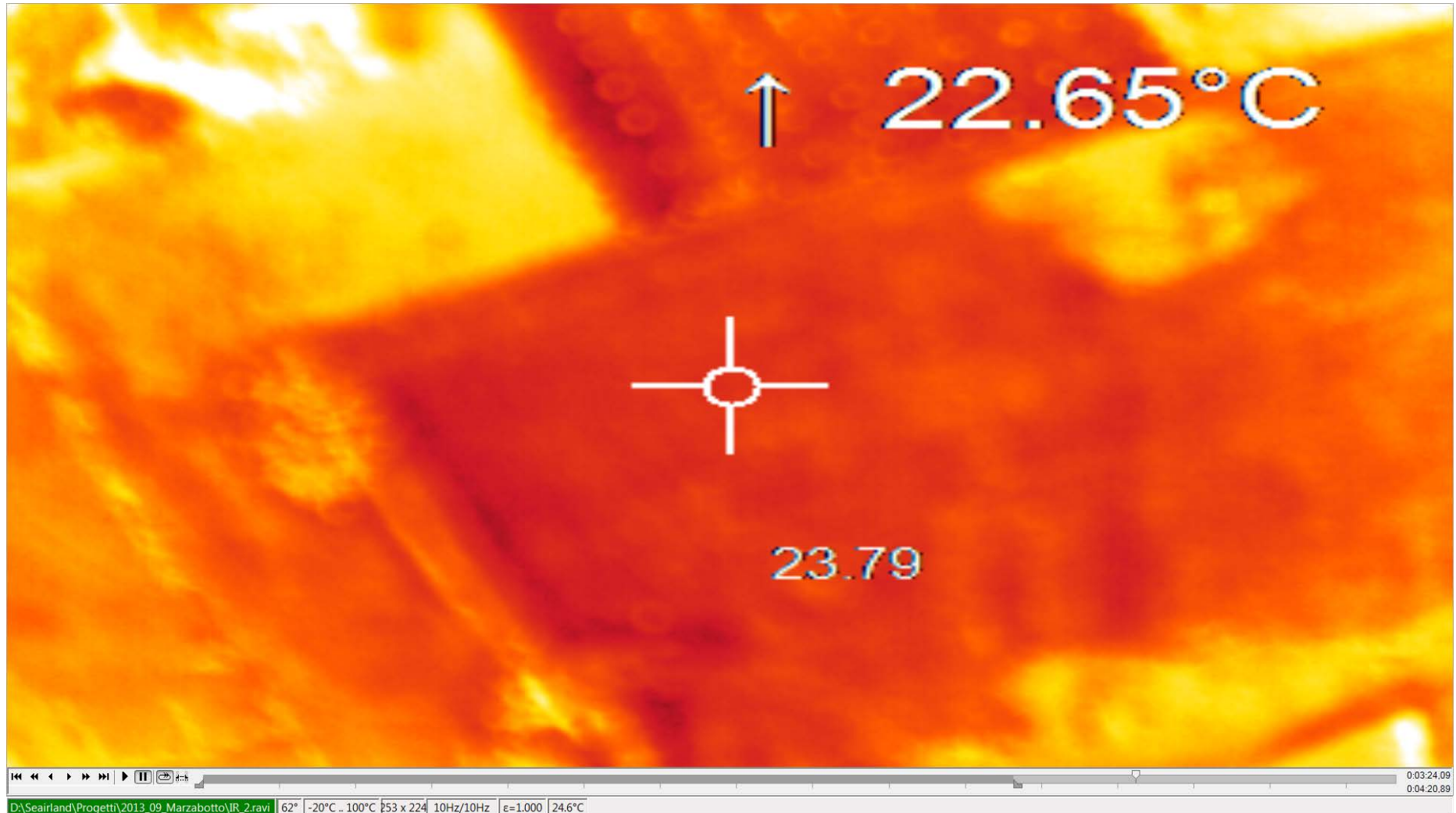
Acquisizione Termica

Sito Archeologico di Marzabotto (BO)



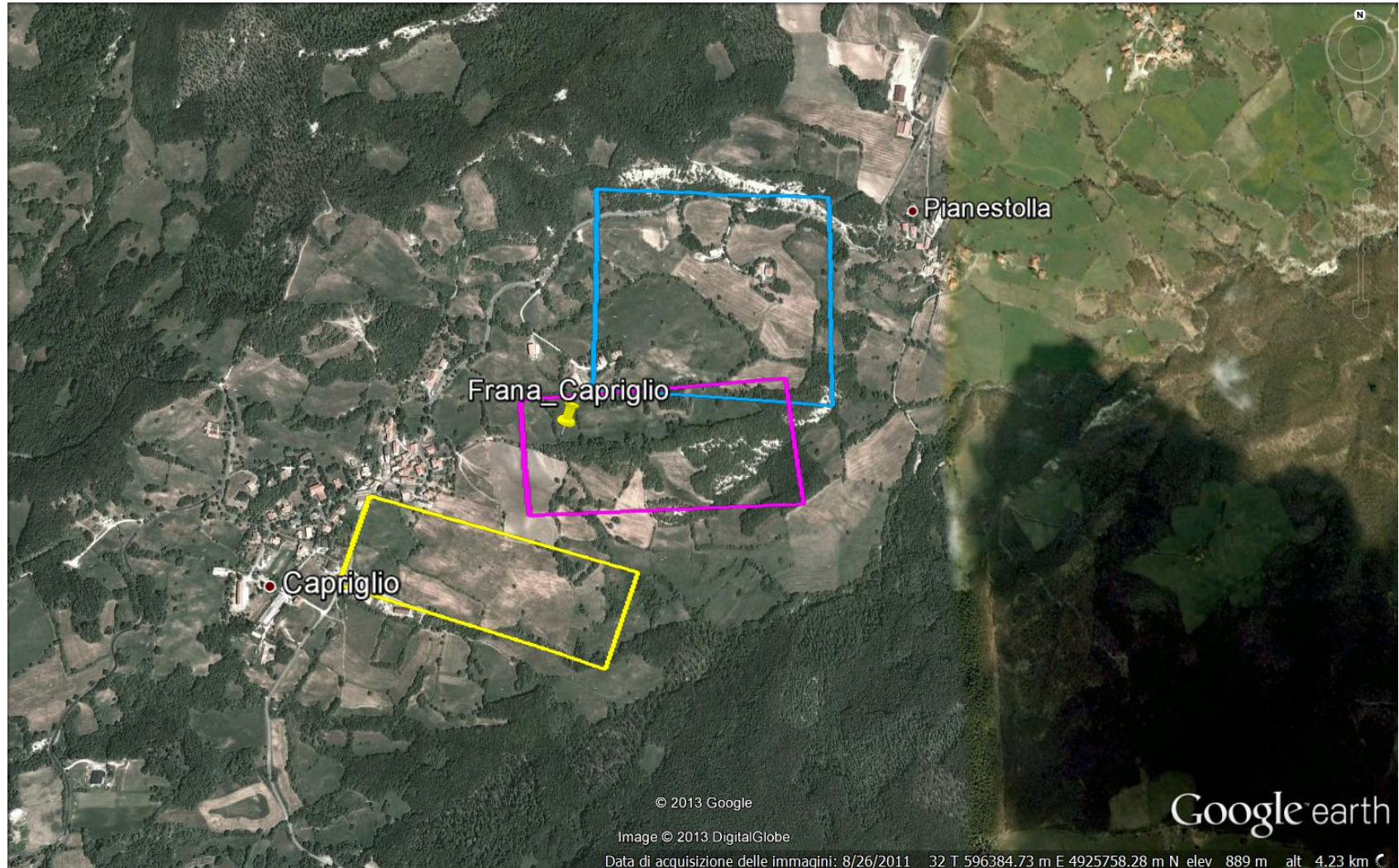
Acquisizione Termica

Sito Archeologico di Marzabotto (BO)



Dissesto Idrogeologico

Frana di Capriglio (PR)



Dissesto Idrogeologico (II)

Frana di Capriglio (PR)



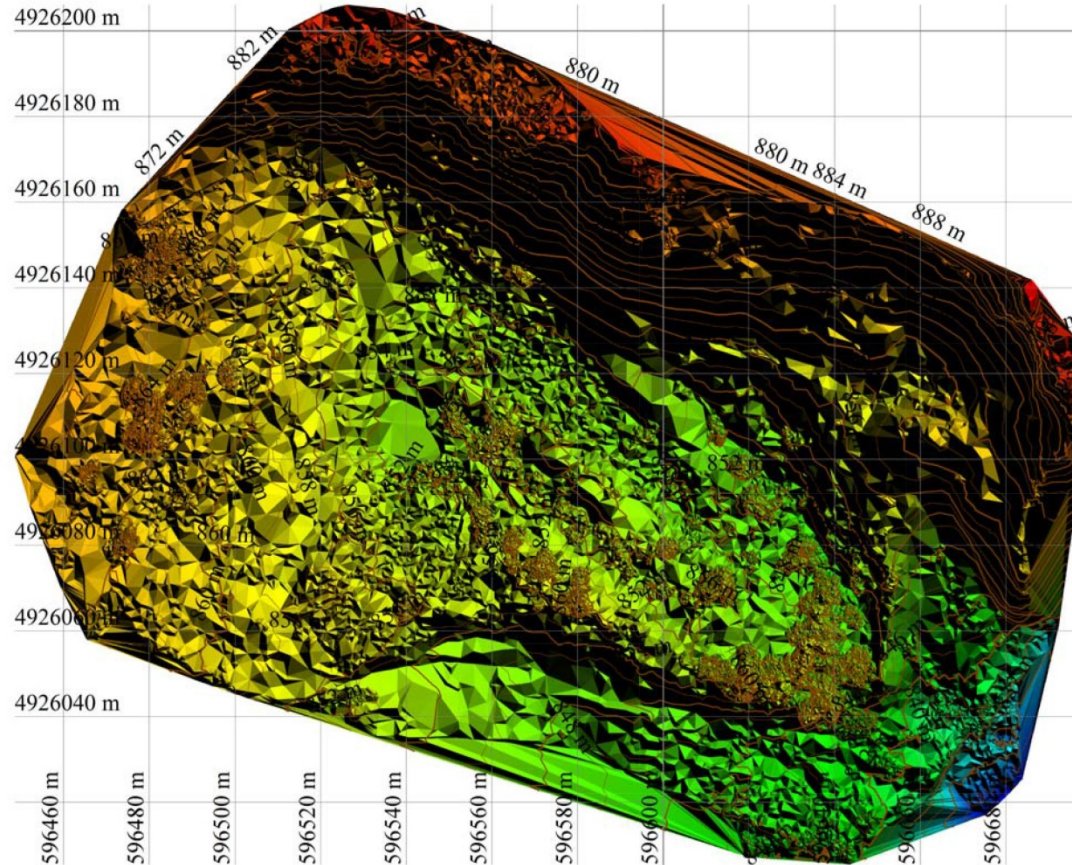
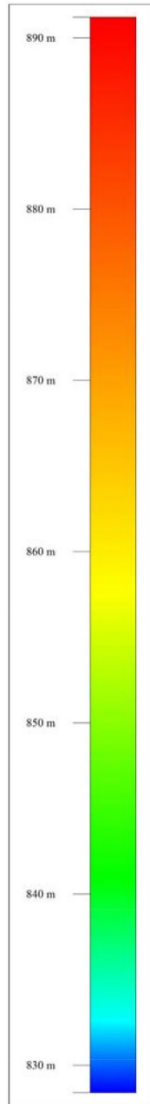
Dissesto Idrogeologico (III)

Frana di Capriglio (PR)



Dissesto Idrogeologico (IV)

Frana di Capriglio (PR)



DEM Capriglio
UTM WGS84 - Fuso 32
Datum altimetrico EGM96

SAL Engineering

Dissesto Idrogeologico (V)

Frana Monte Sorapiss (BL)



Dissesto Idrogeologico (V)

Frana Monte Sorapiss (BL)



Dissesto Idrogeologico (VI)

Frana Monte Sorapiss (BL)



Dissesto Idrogeologico (VII)

Frana Monte Sorapiss (BL)



Dissesto Idrogeologico (VII)

Frana Monte Sorapiss (BL) - Termografia



L'utilizzo di mezzi UAS (Unmanned Aircraft System) nella Geomatica

Marco Dubbini
Università di Bologna – sez. Geografia

marco.dubbini@unibo.it