

# POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale  
in Ingegneria Edile

Tesi di Laurea Magistrale

*Utilizzo di tecniche innovative della geomatica  
per l'acquisizione di dati in ambito archeologico*



**Relatore**

prof. Andrea Maria Lingua

**Corelatore**

prof.ssa Antonia Spanò

**Candidato**

Elena Salvatore

Marzo 2018





*"Non esiste nulla fino a che non viene misurato"*

*Niels Bohr (1885-1962)*



---

## Abstract

---

Il progetto di tesi si basa su un'attività esterna promossa dal gruppo di Geomatica afferente sia il dipartimento di Ingegneria dell'ambiente del territorio e delle infrastrutture (DIATI) sia il dipartimento di Architettura e Design (DAD). Il gruppo di Geomatica ha fondato alcuni anni fa il team studentesco DIRECT (Disaster RECOVERY Team) il cui progetto formativo consiste nell'insegnamento e sviluppo di tecniche geomatiche applicate a livello ambientale e archeologico per la tutela del territorio e dei beni culturali che possono essere a rischio di deterioramento o che necessitano l'ordinaria manutenzione. Il team si è prefissato l'obiettivo di rilevare ed elaborare dati significativi rilevati nel parco archeologico di Baratti e Populonia e del parco archeominerario di San Silvestro; si tratta quindi di beni inseriti in un contesto di valenza culturale e storica. Lo scopo di questo lavoro è stato quindi quello di capire come questi dati potessero essere sfruttati

*The thesis project is based on an external activity promoted by the Geomatica group, that involves both the Department of Environmental and Infrastructure Engineering (DIATI) and the Department of Architecture and Design (DAD).*

*The Geomatics group founded a student team DIRECT (Disaster RECOVERY Team) few years ago. The training project, of the DIRECT team is about teaching and developing geomatically applied environmental and archaeological techniques for the protection of the territory and cultural heritage that may be at risk of deterioration or requiring routine maintenance.*

*The team has set itself the aim of detecting and processing significant data collected in the archaeological park of Baratti and Populonia and the archaeological park of San Silvestro.*

*So We are talking about goods placed in a context of cultural and historical value. The purpose of this work was therefore to understand how these data could be exploited to provide an innovative contribution to the managers of the cultural heritage and*

per fornire un contributo innovativo ai gestori del bene culturale e agli utenti che volessero fruirne. Il punto di partenza sono stati i dati forniti dal sito della regione Toscana, che una volta ottenuti e categorizzati, hanno reso possibile analisi sulle variazioni di utilizzo del suolo e sullo sviluppo dell'edificato negli anni. Al termine delle analisi di base e importato un primo prototipo di GIS (Geographical Information System), ci si è posti quindi l'obiettivo di progettare un sviluppo del GIS a livello territoriale, un sistema informativo in grado di gestire i dati acquisiti e renderli disponibili agli utenti.

Il sistema che ci si è prefissati di progettare ha lo scopo di dare maggiore visibilità al parco, ottenuta tramite l'inserimento di informazioni relative alle necropoli di San Cerbone e delle Grotte e alla acropoli di Populonia, agli avanzamenti e le scoperte degli scavi negli anni, ai sentieri percorribili nel parco, alla cava etrusca presente all'interno del bosco.

Al termine di questo percorso si è riusciti quindi a creare un prototipo di base, in 3 dimensioni, importabile sul web a una scala 1:1000.

*to the visitors.*

*The starting point was the data provided by the site of the Tuscany region, once we had obtained and categorized, we was able to analyze the variations in land use and the development of the buildings over the years.*

*At the end of the basic analysis and after we have imported a first prototype of GIS (Geographical Information System), We fixed the aim of designing a GIS development at a territorial level, wich is an information system able to manage data acquired and make them available to users.*

*We set ourselves to design a system wich has the aim of giving greater visibility to the park, we obtained this goal through the insertion of information data related to the necropolis of San Cerbone and the Caves and to the acropolis of Populonia, to the advances and discoveries of the excavations operated during the years, to the paths that can be walked across the park, to the Etruscan quarry situated inside in the wood.*

*At the end of this work, We was manage to create a basic prototype, in 3 dimensions, that can be imported on the web at a scale of 1: 1000.*

È inoltre possibile visionare delle viste 3D nella zona della cava delle Grotte ottenute tramite scansioni Lidar seppur non direttamente visionabili sul web.

*It is also possible to see 3D views in the area of the quarry of the Caves obtained by Lidar scans, although It is not directly viewable on the web.*

## **Indice**

<b>ABSTRACT .....</b>	<b>5</b>
<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>15</b>
1.1 Il team DIRECT .....	15
1.1.1 Geomatica .....	15
1.2 Il caso studio .....	17
<b>2. APPROCCIO INTEGRATO AL RILIEVO.....</b>	<b>18</b>
2.1 <b>Acquisizione dati.....</b>	<b>19</b>
2.1.1 Reti di inquadramento.....	19
2.1.2 Reti di raffittimento.....	23
2.1.3 Rete di dettaglio.....	24
2.1.3.1 Scansioni Lidar .....	24
2.1.3.2 GeoSLAM ZEB-REVO .....	27
2.1.3.3 Droni utilizzati dal team DIRECT.....	29
2.2 <b>UAV e fotogrammetria aerea .....</b>	<b>31</b>
2.2.1 Principi della fotogrammetria .....	31
2.2.1.1 Distorsioni della camera.....	36
2.2.2 Fasi processo fotogrammetrico .....	38
2.2.2.1 Orientamento .....	39
2.2.2.2 Nuovi algoritmi della fotogrammetria digitale .....	40
2.2.2.3 Structure from Motion (SfM).....	42
<b>3. IL PARCO ARCHEOLOGICO DI BARATTI E POPULONIA.....</b>	<b>44</b>
3.1 <b>Caratteristiche del territorio .....</b>	<b>44</b>
3.2 <b>Storia del territorio e del parco.....</b>	<b>45</b>
3.3 <b>Aree di interesse.....</b>	<b>47</b>
3.3.1 Necropoli di San Cerbone .....	47
3.3.2 Cava delle Grotte.....	48
3.3.3 Acropoli di Populonia.....	48
<b>4. ACQUISIZIONE DEI DATI.....</b>	<b>49</b>
4.1 <b>Rete di inquadramento .....</b>	<b>49</b>
4.2 <b>Rete di raffittimento .....</b>	<b>52</b>
4.3 <b>Rete di dettaglio.....</b>	<b>53</b>
4.3.1 Il volo fotogrammetrico nell'area di Baratti e Populonia.....	53
4.3.2 Scansioni terrestri tramite tecnica Lidar .....	55
4.3.2.1 Un esempio di applicazione di rilievo Lidar alla cava delle Grotte .....	56

-	Definizione degli eidotipi .....	56
<b>5.</b>	<b>ELABORAZIONE DEI DATI.....</b>	<b>58</b>
<b>5.1</b>	<b>Calcoli osservazioni GNSS mediante Leica Geo Office .....</b>	<b>58</b>
5.1.1	Rete di inquadramento .....	58
5.1.2	Rete di raffittimento.....	60
<b>5.2</b>	<b>Compensazione della rete topografica e utilizzo del software Starnet .....</b>	<b>61</b>
<b>5.3</b>	<b>Calcolo del modello altimetrico e ortofoto tramite software Agisoft Photoscan..</b>	<b>64</b>
5.3.1	Scala di riferimento. ....	65
5.3.2	Elaborazione dei voli realizzati mediante drone ad ala fissa Ebee .....	67
<b>5.4</b>	<b>Elaborazione delle nuvole LIDAR.....</b>	<b>74</b>
5.4.1	Confronto tra i risultati ottenuti nei blocchi di scansioni.....	75
<b>6.</b>	<b>PROGETTAZIONE DI UN GIS PER IL PARCO ARCHEOLOGICO .....</b>	<b>76</b>
<b>6.1</b>	<b>Normativa di riferimento per la realizzazione e condivisione di dati spaziali .....</b>	<b>79</b>
6.1.1	Direttiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio.....	80
6.1.2	Decreto Legislativo 27 gennaio 2010, n.32.....	82
6.1.2.1	Geoportale nazionale .....	83
6.1.2.2	Istituto Superiore per la Produzione e la Ricerca Ambientale (ISPRA).....	83
<b>6.2</b>	<b>GIS a livello territoriale .....</b>	<b>84</b>
6.2.1	Modello della realtà per l'applicazione.....	84
6.2.2	Elaborazione delle mappe tramite dati CTR 10K.....	87
6.2.2.1	Dati regionali .....	88
-	Dati regionali categorizzati .....	90
6.2.2.2	Nuovi dati.....	91
-	Nuovi shapefile .....	91
-	Tabella di aggregazione (dizionario).....	92
6.2.3	Conversione del sistema di riferimento .....	93
6.2.4	Risultato delle analisi di base.....	94
<b>6.3</b>	<b>Sviluppo del prototipo GIS per pubblicazione su web .....</b>	<b>96</b>
6.3.1	Modello concettuale .....	97
6.3.2	Modello logico.....	99
6.3.3	Entità 2D.....	101
6.3.4	Entità 3D.....	102
6.3.5	ArcScene .....	106
6.3.5.1	File LAS.....	108
<b>7.</b>	<b>IMPLEMENTAZIONE DEL PROGETTO PER LA VISUALIZZAZIONE</b>	
<b>WEB.....</b>		<b>111</b>
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONI E OBIETTIVI FUTURI .....</b>	<b>117</b>
<b>9.</b>	<b>RIFERIMENTI.....</b>	<b>120</b>

<b>9.1 Manuali di software utilizzati.....</b>	<b>120</b>
<b>9.2 Bibliografia.....</b>	<b>120</b>
9.2.1 Legislazioni e regolamenti .....	122
<b>9.3 Sitografia .....</b>	<b>122</b>
<b>ALLEGATI.....</b>	<b>125</b>
<b>Allegato 1: Coordinate rilevate con riferimento al geoide .....</b>	<b>125</b>
<b>Allegato 2: Monografie dei vertici .....</b>	<b>130</b>
<b>Allegato 3: Entità ricavate dal sito della regione Toscana.....</b>	<b>136</b>
<b>Allegato 4: Entità ricavate dal sito della regione Toscana e categorizzate .....</b>	<b>138</b>
<b>Allegato 5: Nuove entità .....</b>	<b>139</b>
<b>Allegato 6: Tabelle degli attributi.....</b>	<b>141</b>
<b>Allegato 7: Report di calcolo delle baseline per i vertici 1000 e 2000 e compensazione della rete .....</b>	<b>144</b>
<b>Allegato 8: Report di calcolo della compensazione della rete topografica .....</b>	<b>186</b>
<b>Allegato 9: Report delle elaborazioni da software Agisoft Photoscan.....</b>	<b>209</b>
<b>Allegato 10: Report delle elaborazioni tramite software Scene .....</b>	<b>224</b>

## *Indice delle figure*

Figura 1_Procedura operativa.....	19
Figura 2_Qualità di distribuzione dei satelliti, l'immagine di sinistra mostra una distribuzione troppo compatta e con presenza di ostacoli, in quella di destra i satelliti sono ben distribuiti e il volume racchiuso dai punti che comprendono i quattro satelliti e il ricevitore è maggiore rispetto al caso precedente.....	23
Figura 3_Preview scansione numero 007, cava delle Grotte.....	27
Figura 4_Preview scansione numero 004, cava delle Grotte.....	27
Figura 5_Laser scanner 3DGeoSLAM ZEB-REVO.....	27
Figura 6_L'immagine di sinistra rappresenta l'intersezione spaziale di un punto tramite due prospettive centrali, l'immagine di destra invece l'orientamento interno della camera da presa.....	32
Figura 7_Parametri di orientamento esterno.....	33
Figura 8_Relazione fra le coordinate di un punto immagine e quelle di un punto oggetto.....	34
Figura 9_Distorsioni dell'obiettivo.....	36
Figura 10_Distorsioni tangenziali.....	37
Figura 11_Struttura di un volo fotogrammetrico.....	39
Figura 12_Inquadramento dell'area del parco.....	44
Figura 13_Acropoli di Populonia, vista assonometrica parzialmente ricostruttiva degli edifici (elaborazione C. Mascione, E. Vattimo, Università di Siena): .....	46
Figura 14_Cava, vista dall'alto (immagine sinistra), Basamento del tempio di Populonia (immagine destra).....	48
Figura 15_Vista da Google Maps del parco archeominerario di Baratti e Populonia, vertici della rete di inquadramento. [a: rappresentazione vertice 600; b: rappresentazione vertici 100, 200, 300; c: rappresentazione vertici 400, 500; c: rappresentazione vertici 1000, 2000; c: rappresentazione vertici 3000, 4000.].....	49
Figura 16_Scelta delle stazioni permanenti da Italpos .....	50
Figura 17_Posizionamento dei marker nella zona di Populonia.....	52
Figura 18_Materializzazione dei punti tramite metodo RTK.....	53
Figura 19_In alto a sinistra la figura rappresenta il modello Ebee, tutte le altre immagini raffigurano alcune delle acquisizioni durante un volo.....	54
Figura 20_Operazione di laser scanning, riferimento ai luoghi.....	55
Figura 21_Marker terrestri applicati su una parte della parete di cava.....	56
Figura 22_Pianificazione del lavoro, rappresentazione degli eidotipi.....	57
Figura 23_Schema di posizionamento del laser scanner di una delle pareti di cava.....	57
Figura 24_Calcolo delle baseline (punti statico-stazioni permanenti), vista di dettaglio della rete.....	59
Figura 25_Calcolo delle baseline (punti statico-stazioni permanenti), rete completa.....	59

Figura 26_Calcolo delle baseline e ellissi di errore (punti RTK-punti statico), rete completa.....	61
Figura 27_Poligonalali calcolate presso la cava delle Grotte.....	62
Figura 28_Software Star*Net, poligonale presso cava delle Grotte.....	63
Figura 29_Procedura operativa elaborazione dati tramite software Photoscan. ....	67
Figura 30_Posizione della camera e sovrapposizioni delle immagini.....	68
Figura 31_Area dei riferimenti alle coordinate dei target e agli errori associati. ....	69
Figura 32_Regione riferita al posizionamento dei marker sull'immagine aerea. ....	70
Figura 33_Nuvola densa di punti generata tramite software Agisoft Photoscan. ....	71
Figura 34_Photoscan: modelli uniti. ....	72
Figura 35_Ricostruzione del digital elevation model.....	73
Figura 36_Riclassificazione del DDSM con quote corrette. ....	73
Figura 37_Fase di allineamento delle scansioni, eseguito tramite software Scene.....	74
Figura 38_Elaborazione di una nuvola densa di punti tramite software Scene. ....	75
Figura 39_Esempio di associazione tra entità. ....	78
Figura 40_Estratto del sito ISPRA, <a href="http://www.sinanet.isprambiente.it">www.sinanet.isprambiente.it</a> .....	84
Figura 41_Categorizzazione di utilizzo del suolo (Sinistra analisi del 1978, destra analisi del 2013).....	86
Figura 42_Geoportale regione Toscana.....	88
Figura 43_Carta tecnica regionale 1:10 000.....	89
Figura 44_Esempio di utilizzo della tabella di aggregazione.....	92
Figura 45_Estratto del programma ConveRgo .....	93
Figura 46_Prima elaborazione di un prototipo GIS. ....	95
Figura 47_Legenda delle entità.....	96
Figura 48_Estratto del programma StaeUML.....	97
Figura 49_Modello concettuale, prototipo GIS per web.....	99
Figura 50_Modello logico, prototipo GIS per web.....	100
Figura 51_Nuova entità in 2D.....	101
Figura 52_Software ENVILiDAR estrazione nuvola di punti solo per la categoria coperture.....	103
Figura 53_Accoppiamento DDSM e ortofoto.....	104
Figura 54_Metodo di restituzione grafica dei vertici delle coperture. ....	104
Figura 55_Estratto edifici 3D.....	105
Figura 56_Rappresentazione della tomba dei Carri, Necropoli di San Cerbone. ....	105
Figura 57_Visualizzazione 2D, interrogazione reperto.....	106
Figura 58_Visualizzazione 2D, interrogazione cava.....	107
Figura 59_Visualizzazione 3D, interrogazione reperto.....	108
Figura 60_Importazione nuvole di punti in ArcGIS. ....	109

Figura 61_Esportazione progetto in CityEngine.....	113
Figura 62_Visualizzazione di apertura del progetto nel web viewer.....	114
Figura 63_Modalità del web viewer- confronto tra DTM e DDSM.....	114
Figura 64_Modalità del web viewer- confronto tra DDSM e ortofoto.....	115
Figura 65_Modalità del web viewer-mettere in evidenza un'entità.....	115
Figura 66_Modalità web viewer- interrogazione di un'entità.....	116

### ***Indice delle tabelle***

Tabella 1_Caratteristiche Faro Focus3D s 120.....	26
Tabella 2_Caratteristiche Phantom 4 Pro.....	29
Tabella 3_Caratteristiche Ebee.....	29
Tabella 4_Caratteristiche Inspire 2.....	29
Tabella 5_Caratteristiche Mavic Pro.....	30
Tabella 6_Monografia vertice 1000, Centro sperimentale .....	51
Tabella 7_Tabella riassuntiva delle caratteristiche dei vari livelli di modelli altimetrici (in Parte III.Modelli altimetrici a grande e grandissima scala). ....	66
Tabella 8_Relazione tra scala della cartografia e i livelli di modello altimetrico (in Parte III.Modelli altimetrici a grande e grandissima scala).....	66
Tabella 9_Esempio dato regione Toscana di tipo areale. ....	89
Tabella 10_Esempio dato regione Toscana di tipo lineare.....	90
Tabella 11_Esempio dato regione Toscana di tipo puntuale.....	90
Tabella 12_Esempio dato regione Toscana categorizzato.....	91
Tabella 13_Esempio dato misurato. ....	92
Tabella 14_Legenda delle cardinalità. ....	98
Tabella 15_Significato degli attributi delle entità_areali.....	102
Tabella 16_Caratteristiche di CityEngine Web viewer e paragone con ArcScene.....	112



---

## 1. INTRODUZIONE

---

### 1.1 Il team DIRECT

---

Il progetto DIRECT (Disaster RECOVERY Team) opera a livello ambientale su tutte le fasi del Disaster Management (DM), passando attraverso la fase di Capacity Building (CB). Il Disaster Management può essere definito come l'organizzazione e la gestione delle risorse e delle responsabilità per affrontare tutti gli aspetti delle emergenze, quali la preparazione, la risposta e il recupero al fine di ridurre l'impatto dei disastri. La parte riferita alla Capacity Building vuole rappresentare il concetto di costruire delle capacità, ossia la formazione degli operatori per l'intervento diretto. Il progetto ha dunque il fine di tutelare il territorio, il patrimonio edilizio e i beni culturali in occasioni di emergenze, oppure in caso di beni architettonici e archeologici per la tutela dal deterioramento ordinario. Il progetto coinvolge anche team studenteschi che partecipano su tematiche riguardanti la Geomatica. L'intenzione di questo lavoro di tesi si basa dunque su un'attività del team svolta presso il parco archeologico di Baratti e Populonia e il parco archeominerario di San Silvestro. Il team studentesco è stato attivamente coinvolto nel progetto su tutte le fasi di acquisizione e di elaborazione dei dati. Nei paragrafi successivi ci si soffermerà sulle elaborazioni della sola zona di Baratti e Populonia essendo questa oggetto di studio e di sviluppo dell'elaborazione dei dati.

#### 1.1.1 Geomatica

“La geomatica è definita [...] come un approccio sistemico, integrato e multidisciplinare per selezionare gli strumenti e le tecniche appropriate per acquisire in modo metrico e tematico, integrare, trattare, analizzare, archiviare e distribuire dati spaziali georiferiti con continuità in formato digitale.”<sup>1</sup> La geomatica rappresenta quindi la scienza dell'acquisizione, modellazione, analisi e rappresentazione spaziale

---

<sup>1</sup> Fea M., Gomasasca M.A., *Enciclopedia della Scienza e della Tecnica*, 2008.

di dati georeferenziati. Essa nasce trenta anni fa in Francia per indicare l'insieme delle tecniche di acquisizione di dati spaziali riguardanti il territorio, sviluppando in seguito un nuovo concetto, quello dell'acquisizione (attraverso fotogrammi) di modelli georeferenziati collocati nello spazio. Questa scienza comprende discipline quali:

- . *Fotogrammetria*: permette di determinare la posizione e la forma degli oggetti a partire da immagini fotografiche;
- . *Topografia*: studia gli strumenti e i metodi di calcolo e disegno al fine di ottenere le posizioni relative di un insieme di punti appartenenti al terreno, così da permettere la rappresentazione di esso in una certa scala;
- . *Geodesia*: individua la superficie fisica e matematica della terra e del suo campo gravitazionale;
- . *Cartografia*: ha l'obiettivo di rappresentare la superficie terrestre o comunque una parte di essa in diverse scale e gradi di proiezione;
- . *Telerilevamento*: una disciplina che permette di ottenere informazioni di un oggetto basandosi sulla raccolta e l'analisi di dati senza che lo strumento utilizzato per raccogliere gli stessi sia in diretto contatto con l'oggetto analisi di studio;
- . *Tecniche di posizionamento satellitare (GNSS)<sup>2</sup>*: tecniche di georeferenziazione di punti in un sistema assoluto di coordinate ottenute tramite informazioni scambiate tra satelliti e ricevitori terrestri;
- . *Tecniche LiDAR<sup>3</sup>*: tecnica di rilevamento che permette l'esecuzione di rilievi topografici a elevata risoluzione. Il rilievo è compiuto tramite l'utilizzo di un laser scanner composto da un trasmettitore, un ricevitore e un sistema di acquisizione di dati. La particolarità del metodo è riposta nell'altissima velocità di acquisizione abbinata a un'elevata risoluzione dei dati estratti;
- . *Sistemi Informativi Territoriali*: insieme di strumenti informatici con la capacità di raccogliere, memorizzare, gestire e rendere disponibili informazioni, localizzate nello spazio, utili per l'organizzazione territoriale a cui è legato.

---

<sup>2</sup> GNSS: Global Navigation Satellite System.

<sup>3</sup> LiDAR: Light Detection and Ranging

## 1.2 Il caso studio

---

L'oggetto di studio di questo lavoro di tesi è il parco archeologico di Baratti e Populonia, luogo di sviluppo della civiltà etrusca e sede di numerosi resti di questa civiltà. Si tratta di un bene inserito in un contesto di valenza culturale e storica. La missione del team ha avuto l'obiettivo di contribuire in modo attivo alla valorizzazione dei beni architettonici e culturali presenti all'interno del bene.

Il progetto ha incluso tutte le fasi dell'attività di rilievo, partendo da quella di acquisizione, proseguendo con quella di elaborazione dei dati e concludendo con quella di elaborazione dei prodotti finali.

La prima operazione è stata di prefissarsi l'obiettivo a cui l'attività di rilievo avrebbe condotto.

Si è deciso in questa fase di acquisire ed elaborare dati al fine di produrre un prototipo GIS dell'area di interesse pubblicato sul *web* e visibile agli utenti. Questa operazione è stata resa possibile grazie all'utilizzo di software per la gestione di dati quali *ArcGIS* e *CityEngine*. Una volta visualizzato il prodotto sul *web* si è definita un'analisi che mostrasse le differenze tra i due tipi di visualizzazione con i vantaggi e le criticità che caratterizzavano le due modalità.

Sulla base di questi obiettivi si è definita una scala di riferimento che di conseguenza ha condizionato tutte le fasi del rilievo. Avendo deciso di elaborare un GIS su scala territoriale la buona condotta ha portato a definire una scala di 1:1000, questa decisione comporta che i dati elaborati dovranno rispettare una precisione di 20 cm e una tolleranza di 40 cm.

Come detto precedentemente questo progetto ha abbracciato tutte le fasi del rilievo, tutto il team è stato quindi attivamente coinvolto nella fase di acquisizione, che ha compreso: operazione di rilievo statico e di rilievo cinematico, per la successiva elaborazione delle reti di inquadramento e raffittimento, operazione di acquisizione di dettaglio tramite tecniche innovative quali utilizzo di droni, scansioni lidar e scansioni geoSLAM che hanno permesso di ottenere i dati di base per la progettazione del prototipo GIS.

---

## 2. APPROCCIO INTEGRATO AL RILIEVO

---

Come già indicato il progetto ha incluso tutte le fasi dell'attività di rilievo, l'approccio integrato ha permesso, utilizzando diverse tecniche e metodi, di ottimizzare i tempi e i costi, grazie all'impiego di questi strumenti nel momento opportuno e più efficace del processo. Di seguito viene presentato uno schema delle modalità operative che comprendono tutte gli stadi che hanno coinvolto il lavoro di tesi (Figura 1).

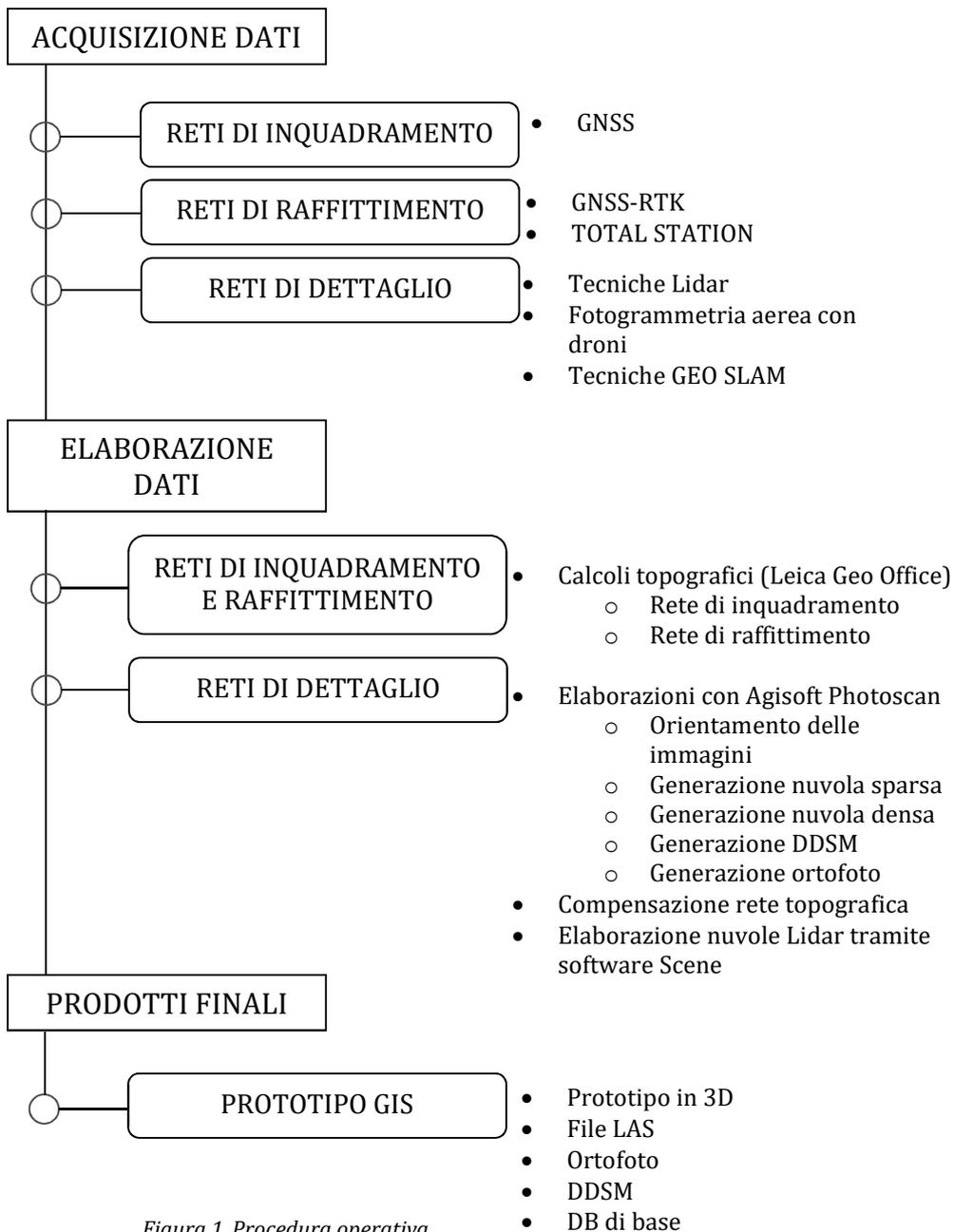


Figura 1\_Procedura operativa.

## 2.1 Acquisizione dati

---

Questo capito ha come scopo quello di presentare l'approccio integrato al rilievo eseguito durante la missione del team e riferito alla parte di acquisizione dei dati.

### 2.1.1 Reti di inquadramento

Le reti di inquadramento sono costituite da un numero limitato di punti, costituenti i vertici della rete, che vengono calcolati nelle tre dimensioni in posizioni statiche attraverso l'utilizzo dei GNSS, acronimo utilizzato per indicare il sistema di misurazione che fa uso di satelliti che forniscono segnali dallo spazio e trasmettono un segnale al ricevitore sulla superficie terrestre; una serie di più misure di distanza tra i satelliti di posizione nota e il punto incognito sulla superficie terrestre consente di determinare la posizione di tale punto in un sistema assoluto di coordinate.

Questi sistemi impiegano i segnali acquisiti dalle costellazioni globali operanti e future, oltre ad essere dotati di orologi ad altissima precisione. I dispositivi garantiscono il loro funzionamento solo "outdoor", essendo necessaria la visibilità e quindi il tracciamento dei satelliti. I sistemi GNSS si possono differenziare a seconda del "paese di nascita" dello stesso:

- . Il GPS il quale nasce dal sistema americano che fornisce agli utenti servizi di posizionamento navigazione e temporizzazione. L'Air Force statunitense sviluppa, mantiene e gestisce i segmenti di spazio e controllo;
- . GLONASS sistema russo che opera nel sistema militare;
- . GALILEO è un sistema di satelliti nato per scopi civili composto da una costellazione di 8 satelliti, si prevede una fornitura di 24 satelliti nel 2024;
- . BEIDOU sviluppato dal governo cinese, costituito da una scala temporale interna e continua, evita in questo modo il calcolo della correzione temporale (*leap seconds*);
- . QZSS sistema satellitare giapponese, questo sistema presenta una particolare orbita a forma di infinito e ha come scopo quello di incrementare il numero di satelliti nella zona oceanica.

Per ogni costellazione si ha un segmento spaziale, posto a 20 000 km “sopra di noi”, un segmento di controllo e uno di utilizzo. Il segmento spaziale comunica con quello di controllo il quale può cambiare l’orbita del satellite, detta efemeride, e controllare l’orologio a bordo. Il satellite invece trasmette, al segmento di utilizzo, il segnale a una certa frequenza. Quest’ultimo risulta composto da un’antenna e un ricevitore.

Il ricevitore del segmento di utilizzo può quindi calcolare le coordinate in modo *istantaneo*, garantendo in questo modo una qualità del dato dell’ordine del metro, oppure i dati acquisiti possono essere processati, in questo modo si passa da una precisione metrica a una millimetrica.

Tutte le misure GNSS inoltre hanno una scala di tempo detto *tempo GPS* dove lo zero viene convenzionalmente definito il 6 gennaio 1980.

Va inoltre precisato che la durata del giorno GPS è di 24 ore, anche se il tempo di rotazione della terra ha una durata leggermente inferiore, si accumula quindi un  $\Delta t$ , per correggere questo errore sarà quindi necessario aggiungere un secondo al tempo GPS (*leap seconds*), attualmente il  $\Delta t$  cumulato risulta essere pari a 18 secondi.

$$\text{tempo GPS} + \Delta t \text{ (17 s) di UTC}^4 \quad (2.1.1)$$

Per definire la posizione di un punto sarà necessario risolvere un sistema di tre incognite (x,y,z), calcolando quindi 3 equazioni di distanza tra il ricevitore e tre satelliti, con l’aggiunta di una quarta equazione, e quindi un quarto satellite, necessaria per calcolare, come consueto nel trattamento delle misure, la qualità (scarto quadratico medio) della misura eseguita. Il calcolo quindi prevede la conoscenza della posizione del satellite e della distanza tra questo e il ricevitore.

Le coordinate del satellite possono essere ricavate in tempo reale, in questo caso si avrà una precisione di circa un metro oppure è possibile ottenere il dato tramite siti che forniscono in modo continuo la posizione delle stazioni permanenti distribuite sul territorio, in questo caso si arriva a una precisione di un paio di centimetri, ma il dato è disponibile una quindicina di giorni successivi al rilevamento.

Il segnale dei satelliti risulta essere combinazione di un messaggio di frequenza fondamentale (componente di fase), dalla quale vengono generate due onde

---

<sup>4</sup> **UTC:** Coordinated Universal Time, detto anche tempo civile, rappresenta il tempo nel fuso orario di riferimento da cui vengono calcolati i rispettivi tempi negli altri fusi del mondo.

sinusoidali (L1 e L2 con lunghezza d'onda  $\lambda$  di circa 20 cm), dette anche portanti, di due codici binari C/A<sup>5</sup> e P<sup>6</sup> (spesso sostituito dal codice Y) caratterizzati da un'onda quadra e infine da una componente di messaggio contenente le efemeridi e i parametri di offset di navigazione. Il messaggio del satellite viene mandato come combinazione di segnali, modulando la portante con un codice binario e ottenendo in questo modo un segnale modulato. L'osservazione tra ricevitore e satellite può avvenire tramite letture di codice o di fase.

Utilizzando la misura di codice il ricevitore replica il messaggio trasmesso dal satellite, dunque l'osservazione di tempo moltiplicata per la velocità di propagazione del segnale nel vuoto fornirà la distanza tra i due elementi; il valore ottenuto risulta comunque essere affetto da *bias*<sup>7</sup> in quanto i due orologi (del satellite e del ricevitore) non raggiungeranno una sincronizzazione perfetta, è necessario, come detto precedentemente un quarto satellite per correggere l'errore del ricevitore (anche se operativamente si tende ad aumentare l'esuberanza delle misure, per controllare meglio l'influenza degli errori sistematici e accidentali).

Le misure di fase invece, rispetto a quelle di codice, sono effettuate su sinusoidi ad alta frequenza, sono più complesse da acquisire e da elaborare, questo comporta l'utilizzo di ricevitori più costosi e software più specialistici, ma i dati risultano molto più accurati (errori millimetrici).

La misura della distanza viene calcolata rispetto a quante volte la lunghezza d'onda viene replicata per arrivare al satellite, si calcola quindi un intero di lunghezza d'onda più una parte frazionaria, ed è proprio su quest'ultima che il ricevitore può lavorare. Le misure di fase sono soggette ad alcuni disturbi, tra i più comuni riscontriamo:

- . *Ambiguità di fase*: incognita relativa al numero intero di cicli compresi tra satellite e ricevitore, se stimata permette di arrivare al risultato corretto in tempo reale e non a posteriori;
- . *Ritardi dovuti all'atmosfera*: il segnale non percorre perciò un tragitto diretto ma subisce una deviazione ionosferica più una rifrazione troposferica;

---

<sup>5</sup> **C/A**: Coarse Acquisition Code,  $\lambda = 300$  m precisione 10m.

<sup>6</sup> **P**: Precise Code,  $\lambda = 30$  m precisione 1m.

<sup>7</sup> **Biases**: il termine fa riferimento a un errore sistematico.

- . *Riflessioni multipath*: disturbo dovuto alla riflessione del segnale per la presenza di specchi, vetrate, cartelloni o altro più una variazione del centro di fase dell'antenna.

I dati possono essere elaborati utilizzando il posizionamento assoluto o *stand alone*, in caso contrario si parla di posizionamento relativo.

Questo ultimo metodo consente, utilizzando due ricevitori, di calcolare la posizione riferita al ricevitore noto. Il secondo ricevitore, quello noto, può essere rappresentato da una stazione permanente GNSS fissa e appartenete a qualche rete di stazioni permanenti (ITALPOS, reti regionali, RDN<sup>8</sup>).

Tra la stazione permanente e il ricevitore utilizzato per il rilievo viene calcolato un vettore, detto *baseline*<sup>9</sup>, che permette di eliminare le componenti di errore comuni ai due ricevitori, a condizione che venga rispettata una distanza massima tra questi di circa 80 km. Perché questa correzione possa essere applicata i dati collezionati dovranno essere simultanei, lavorando quindi con satelliti comuni ai due ricevitori. Inoltre i rilievi eseguiti per definire la rete di inquadramento sono di tipo statico, effettuati quindi con uno stazionamento prolungato sul punto e un calcolo di più epoche<sup>10</sup> (nel nostro caso 50 epoche), la memorizzazione del risultato avviene dunque dopo che venga accumulato il numero di epoche prefissato dall'operatore, mentre la stima finale viene ottenuta come media delle stesse epoche precedentemente impostate.

Come ogni attività ingegneristica, anche il rilievo della rete d'inquadramento dovrà essere progettato mediante una pianificazione del rilievo, operabile tramite software quali *Trimble planning*, utili a capire la bontà della configurazione satellitare. La programmazione dell'attività dovrà essere svolta valutando il periodo migliore della giornata e la presenza di ostacoli definiti in base all'angolo di inclinazione di intercettazione del ricevitore. Inoltre sarà necessario valutare la GDOP<sup>11</sup>, che ci permette di classificare il tipo di distribuzione dei satelliti.

---

<sup>8</sup> La **Rete Dinamica Nazionale** (RDN) gestisce un network di stazioni permanenti stabilmente materializzate, che osservano continuamente i segnali satellitari GNSS trasmettono i dati a un centro di calcolo e rendono disponibili i risultati.

<sup>9</sup> **Baseline**: componente tridimensionale che unisce due punti.

<sup>10</sup> L'**epoca** viene definita come il periodo di tempo durante il quale vengono collezionati i dati osservabili.

<sup>11</sup> **GDOP**: Geometric Dilution Of Precision.

La diluizione di precisione geometrica è un calcolo concepito per valutare come gli errori di una misura incideranno nella stima finale della stessa.

La GDOP è strettamente correlata con il volume del tetraedo formato dai 4 satelliti e il ricevitore usato, migliore è la distribuzione minore sarà il valore del GDOP (sono consigliabili valori minori di 6), di seguito viene mostrato un esempio di configurazione di una distribuzione (Figura 2).



*Figura 2\_Qualità di distribuzione dei satelliti, l'immagine di sinistra mostra una distribuzione troppo compatta e con presenza di ostacoli, in quella di destra i satelliti sono ben distribuiti e il volume racchiuso dai punti che comprendono i quattro satelliti e il ricevitore è maggiore rispetto al caso precedente.*

### **2.1.2 Reti di raffittimento**

La rete di raffittimento è stata realizzata utilizzando il metodo di rilievo RTK (Real Time Kinematic).

Il metodo RTK consente di rilevare punti, attraverso l'utilizzo delle informazioni satellitari, in tempo reale.

Per questa operazione di rilievo sono necessari due ricevitori, il *master* e il *rover*, connessi tramite un collegamento radio.

Il primo viene posizionato in statico per registrare in modo continuo le informazioni ottenute dai satelliti, il secondo ricevitore invece viene installato su una palina, e utilizzato per misurare punti di dettaglio e annotare i codici identificativi, facendo stazione solo per alcuni secondi, in questo modo vengono classificati uno dopo l'altro i *marker* posizionati in precedenza nel sito.

Il ricevitore mobile per ottenere il dato, riceve le informazioni dai satelliti visibili nel punto di stazione e definisce una correzione dalla base (*master*), che mantenendo una

distanza limite con il *rover* (30 - 40 km) permette di eliminare gli errori ionosferici, troposferici e di orbita dei satelliti, comuni ai due ricevitori.

Il vantaggio di questo metodo si riscontra nel fatto che, oltre ad avere una rapida assimilazione dei dati, i due strumenti possono comunicare tra di loro anche se non sono reciprocamente visibili.

Va inoltre precisato che la palina su cui viene montata la base mobile fornisce all'utente informazioni sull'altezza strumentale fissa e di verticalità rispetto alla superficie del terreno grazie alla presenza di una livella sferica.

### **2.1.3 Rete di dettaglio**

Per definire le reti di dettaglio nel caso studio oggetto di questo lavoro di tesi sono stati utilizzati strumenti quali: scanner Lidar (*Light Detection And Ranging*), droni ad ala fissa e quadricopteri, strumenti di scansione geo-SLAM.

Di seguito vengono illustrati in dettaglio le caratteristiche e i metodi di acquisizione degli strumenti appena elencati.

#### **2.1.3.1 Scansioni Lidar**

La tecnica Lidar (*Light Detection and Ranging*) permette di misurare la geometria e quindi forma e dimensioni di un oggetto generando un modello tridimensionale dello stesso, sotto forma di nuvola di punti e in tempi decisamente ridotti, attraverso la rilevazione di un elevato numero di punti al secondo.

I dispositivi di laser scanner terrestri si basano proprio sull'emissione e la ricezione di un raggio. “[...] il raggio laser, deflesso da uno specchio rotante montato su un supporto anch'esso rotante, illumina, con il variare dell'angolo azimutale e zenitale, la scena e gli oggetti in punti contigui [...]].

*La conoscenza della posizione angolare dello specchio deflettente, insieme all'intensità del raggio laser riflesso, consentono di misurare una distanza e di rappresentare ciascun punto riflettente con specifiche coordinate 3D e uno specifico valore di riflettanza. La rappresentazione 3D che ne deriva è la cosiddetta “nuvola di punti [...]”*<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> Duce P., Ferrara R., Arca B., Applicazione dei laser scanner terrestri in campo agro-forestale e ambientale, Atti 15a Conferenza Nazionale ASITA, Reggio di Colorno, 2011, p. 952.

*“Le tecniche multi-eco e quelle di analisi della forma completa dell’onda riflessa consentono di discriminare, ove possibile, oggetti posti a diversi livelli rispetto al terreno lungo la direzione di misura della distanza.”<sup>13</sup>*

Attraverso questa tecnica sarà possibile generare dei modelli tridimensionali della realtà utilizzando due diverse modalità, la prima definita *a scansione singola* ottenuta tramite un solo posizionamento dello strumento, permette un rilievo sul campo e una successiva elaborazione operati in tempi molto brevi; la seconda detta *a scansioni multiple*, quella utilizzata dal team, viene effettuata andando a localizzare in diversi punti la strumentazione, generando delle elaborazioni ridondanti ma che garantiscono una qualità più alta del modello definito dalla nuvola di punti; in quanto l'unione delle scansioni multiple è possibile grazie all'inserimento di target.

Le scansioni saranno quindi allineate in un'unica nuvola di punti utilizzando proprio i *marker* posizionati sulla scena di ripresa.

Va inoltre sottolineata un'ulteriore precisazione sui sistemi di scansione laser terrestri che si differenziano in base al metodo di misura della distanza.

Vi sono le tecnologie *phase-shift*, a differenza di fase, in cui la distanza viene calcolata come differenza tra le fasi dell'onda emessa e quella ricevuta e che garantiscono tempi di acquisizione molto rapidi e un dettaglio della scena rilevata alto quando si lavora con distanze ravvicinate (non oltre i 100 metri); e vi è il metodo *pulsed time of flight* (sistemi a tempo di volo), il quale stima il tempo intercorso nell'andata e ritorno dell'onda emessa.; in questo caso i tempi di acquisizione si allungano ma viene garantito un raggio di utilizzo molto più ampio (superiore ai 100 metri).

A prescindere dal metodo di calcolo della distanza gli strumenti vengono comunque classificati in base alla portata, per i dispositivi a differenza di fase possiamo infatti fare un'ulteriore caratterizzazione: a piccola e a media portata.

I primi raggiungono una distanza di acquisizione massima di solito inferiore ai 100 metri, mentre i secondi possono raggiungere portate di 1km o più; per le tecnologie a tempo di volo si parla quindi di strumenti a lunga portata.

Infine un'ultima differenziazione può essere conteggiata in base al livello di dettaglio che viene determinato dalla portata (definita preliminarmente in base al tipo di strumento utilizzato).

---

<sup>13</sup> Rinaudo F., Nex F., LIDAR e Fotogrammetria Digitale verso una nuova integrazione, GEOmedia, 2011, p.32.

Prima di posizionare lo strumento viene infatti decisa la distanza che questo deve mantenere dall'oggetto o dalla scena di ripresa che si vuole elaborare) dall'ampiezza del raggio laser (caratteristica propria dello strumento) e dall'intervallo di campionamento (elaborato in fase di progetto, che rappresenta la distanza tra punti della nuvola sulla superficie da rilevare), quest'ultimo rappresenta l'elemento che più fortemente incide sulla qualità del lavoro e che quindi deve essere definito consciamente andando ad equilibrare tempistiche e livello di dettaglio dell'elaborazione.

- *Laser utilizzato durante la campagna di rilievo:*

<b>Faro Focus3D S 120</b>		
<b><i>TLS distanziometro</i></b>	Funzionamento a misura di fase	
<b><i>range</i></b>	120 metri	
<b><i>Errore di distanza lineare</i></b>	± 2 mm	
<b><i>Risoluzione angolare verticale</i></b>	0.009°	
<b><i>Risoluzione angolare orizzontale</i></b>	0.009°	

Tabella 1\_Caratteristiche Faro Focus3D s 120.

Di seguito si riportano alcune anteprime riferite a scansioni attuate presso la cava delle Grotte (Figura 3 e Figura 4).



Figura 3\_Preview scansione numero 007, cava delle Grotte.



Figura 4\_Preview scansione numero 004, cava delle Grotte.

### 2.1.3.2 GeoSLAM ZEB-REVO

Questo strumento fa parte della famiglia dei sistemi di rilievo *mobile mapping* che consentono di rilevare dati 3D ad alta risoluzione (ma con risoluzione molto minore rispetto alla tecnologia LiDAR) e in tempi ridotti anche in luoghi poco accessibili rispetto ai tradizionali metodi di indagine.

Lo ZEB-REVO si basa sul sistema SLAM (*Simultaneous Localization And Mapping*), il termine riassume la capacità dello strumento di poter ottenere dati e costruire una realtà acquisita muovendosi all'interno di essa.

Il dispositivo, come si può osservare dalla Figura 5, è manuale ed è utilizzabile da un solo operatore, permette di seguire i movimenti dell'utilizzatore catturando 43200 punti al secondo, la portata massima è di 30 metri mentre all'aperto si riduce del 50% e infine il campo visivo angolare è di 270 x 360 gradi.

Il metodo di funzionamento come accennato in precedenza deriva dall'algoritmo GeoSLAM, il quale utilizza i dati da un sensore Lidar e da unità di misurazione



Figura 5\_Laser scanner 3DGeoSLAM ZEB-REVO.

inerziale MEMS<sup>14</sup>, quest'ultima viene impiegata per stimare la posizione dello strumento e creare una nuvola di punti da cui vengono estratti gli elementi di superficie (*Surfel*)<sup>15</sup>.

La traiettoria del dispositivo viene quindi calcolata dal successivo afflusso di dati, utilizzando l'IMU e i *surfel* nuovamente estratti.

Nella fase successiva le due serie di *surfel* vengono utilizzate per abbinare insieme le nuvole acquisite lungo il percorso e conseguentemente correggere la traiettoria stimata.

Questo processo verrà ripercorso in modo iterativo fino a ricreare la nuvola di punti in base alla traiettoria di stima ottimizzata.

Una stima più rigorosa viene ottenuta percorrendo un anello chiuso per abbinare gli ambienti di partenza e arrivo.

Il grande vantaggio è quindi che la scansione può essere effettuata in movimento e senza l'utilizzo dei GNSS, nel caso di studio la tecnica è stata sfruttata nei percorsi di visita delle tombe a camera presenti all'interno dell'area boschiva (Necropoli delle Grotte).

Questo ha permesso di generare un modello tridimensionale dei percorsi, i quali trovano impiego nei servizi educativi offerti ai visitatori del parco archeologico, garantendo un livello di informazione più corretto.<sup>16</sup>

### 2.1.3.3 Droni utilizzati dal team DIRECT

I droni utilizzati dal team DIRECT durante la missione sono della famiglia degli UAV (Unmanned Aerial Vehicle). Questa terminologia vuole indicare quei veicoli senza pilota a bordo; i droni in questo caso possono essere telecomandati da un pilota da una stazione di controllo a terra oppure possono volare automaticamente pre-programmando i piani di volo via *device*.

---

<sup>14</sup> I **sensori di unità di misurazione inerziale** (IMU) rappresentano un'integrazione di tecnologie quali combinazioni multiassiali di giroscopi di precisione, accelerometri, magnetometri e sensori di pressioni, che permettono di fornire una posizione e un giudizio di movimento affidabile. Gli IMU di precisione MEMS offrono i livelli di precisione richiesti anche in ambienti complessi e per acquisizione in movimento estremamente dinamico.

<sup>15</sup> **Surfels**: Abbreviazione per indicare elementi di superficie (SURFace ELeMent), va ad indicare un elemento rappresentato da un insieme denso di punti, gli attributi dei Surfels comprendono profondità, colore della trama, normale ecc.

<sup>16</sup> Geospatial SLAM sito web: <https://geoslam.com/slam/>

Di seguito viene inserito un elenco dei droni utilizzati per le operazioni di fotogrammetria aerea.

#### **PHANTOM 4 PRO - DJI**

<b>Range di controllo</b>	7 km	
<b>Tempo di volo</b>	30 minuti	
<b>Velocità massima</b>	72 km/h	
<b>Camera integrata</b>	20 Mp con lente FOV 84° 8.8 mm/24 mm (35 mm format equivalent) f/2.8-f/11 auto focus a 1 m-∞	
<b>Stabilizzatore</b>	Gimbal 3 assi	
<b>Peso massimo al decollo</b>	1.388 kg	

Tabella 2\_Caratteristiche Phantom 4 Pro.

#### **EBEE - SENSEFLY**

<b>Range di controllo</b>	8 km	
<b>Tempo di volo</b>	50 minuti	
<b>Velocità massima</b>	90 km/h	
<b>Camera integrata</b>	WX (18.2 MP)	
<b>Peso massimo al decollo</b>	0.69 kg	

Tabella 3\_Caratteristiche Ebee..

#### **INSPIRE 2 - DJI**

<b>Range di controllo</b>	7 km	
<b>Tempo di volo con Payload massimo</b>	27 minuti	
<b>Velocità massima</b>	108 km/h	
<b>Camera integrata</b>	Fpv 2 assi	
<b>Stabilizzatore</b>	Gimbal 3 assi	
<b>Peso massimo al decollo</b>	4 kg	

Tabella 4\_Caratteristiche Inspire 2.

#### **MAVIC PRO - DJI**

<b>Range di controllo</b>	7 km	
<b>Tempo di volo con Payload massimo</b>	27 minuti	
<b>Velocità massima</b>	65 km/h	
<b>Camera integrata</b>	(12Mp)	
<b>Stabilizzatore</b>	Gimbal 3 assi	
<b>Peso massimo al decollo</b>	4 kg	

Tabella 5\_Caratteristiche Mavic Pro.

## 2.2 UAV<sup>17</sup> e fotogrammetria aerea

---

La realtà complessa necessita di essere modellata attraverso la definizione di un sistema di riferimento e il posizionamento di una serie di punti tramite coordinate e opportune misurazioni, calcoli di coordinate e definizioni di accuratezza; proiettando i punti significativi sul sistema di riferimento e rappresentandoli sul piano, o nello spazio, si può passare quindi ad una rappresentazione cartografica.

Esistono tre tipi di rappresentazione quella tradizionale, automatica e numerica, quest'ultima permette una riproduzione del territorio molto più raffinata.

In funzione della generazione del dato esistono diverse tecniche di produzione di una cartografia numerica.

Per lo sviluppo di questo lavoro sono stati utilizzati dati di prima e seconda generazione, che rispettivamente richiedono l'utilizzo di tecniche quali metodi tradizionali e rilievi a terra con strumenti topografici (stazioni totali) o GNSS e metodi di restituzione fotogrammetrica.

La Fotogrammetria permette di conoscere un oggetto dell'intervento di rilievo in modo corretto, in termini di precisione e livello di dettaglio, completo, chiaro e geometricamente ben definito, e sostenibile economicamente.

Queste informazioni vengono acquisite in modo rapido e relativamente autonomo.

In altri termini *“la fotogrammetria è la scienza che consente di ottenere informazioni affidabili di oggetti fisici e dell'ambiente circostante mediante processi di registrazione, misura e interpretazione delle immagini fotografiche e digitali formate dall'energia.”*<sup>18</sup>

### 2.2.1 Principi della fotogrammetria

Questo metodo nasce dall'utilizzo di immagini considerate come prospettiva centrale<sup>19</sup> della realtà, attraverso una sola immagine è possibile mettere in relazione un qualsiasi punto nello spazio e la sua proiezione considerando la loro appartenenza ad un unico vettore direzione, utilizzando invece due fotogrammi che visualizzano

---

<sup>17</sup> UAV: Unmanned aerial vehicle.

<sup>18</sup> Manual of Photogrammetry, ASPRS, 1980.

<sup>19</sup> Si ha una **prospettiva centrale** quando tutte le linee prospettiche convergono verso il punto focale centrale situato sulla linea di orizzonte.

uno stesso punto è possibile definire la posizione spaziale del punto stesso, la fotogrammetria necessita dunque di due o più immagini con centri di proiezione diversi.

Il processo fotogrammetrico risulta particolarmente competitivo quando si ha la necessità di estrarre ed elaborare un numero elevato di punti per descrivere l'oggetto. Di seguito viene mostrata una figura rappresentante un'intersezione spaziale, utilizzando due prospettive centrali della stessa immagine ma da due punti di vista diversi (Figura 6).

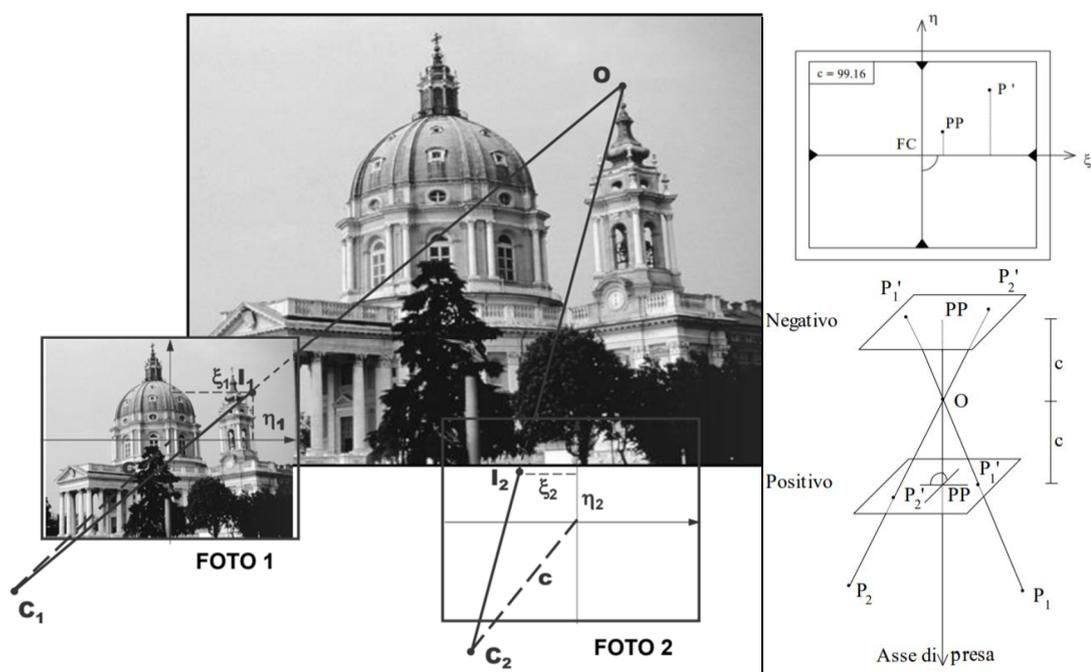


Figura 6\_L'immagine di sinistra rappresenta l'intersezione spaziale di un punto tramite due prospettive centrali, l'immagine di destra invece l'orientamento interno della camera da presa.

Per poter rappresentare l'oggetto devono essere note le condizioni al contorno che costituiscono le caratteristiche principali della prospettiva centrale e sono la distanza focale ( $c$ ) o principale e la posizione del centro di proiezione ( $O$ ), se questo viene proiettato sul piano, si ottiene il punto principale ( $PP$ ), infine  $\xi_0$  e  $\eta_0$  rappresentano i parametri di orientamento interno, ovvero le coordinate del punto principale nel sistema immagine ( $\xi, \eta, \zeta$ ).

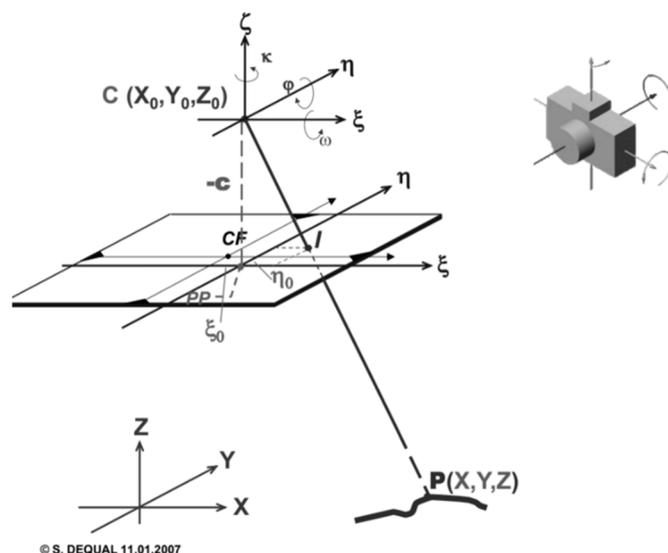


Figura 7\_Parametri di orientamento esterno.

Se i parametri di orientamento interno (Figura 7) definiscono la geometria interna della camera da presa, quelli di orientamento esterno fissano la posizione della camera fotografica come corpo rigido nello spazio, definendo quindi per un punto (il centro di proiezione) le coordinate  $X_0, Y_0, Z_0$ , attorno al punto si definisce anche l'assetto angolare dell'immagine, si fissano quindi tre angoli ( $\omega, \varphi, \kappa$ ), attorno agli assi ( $\xi, \eta, \zeta$ ).

Considerando quindi due fotografie (coppia stereoscopica) che riprendono lo stesso oggetto, è possibile creare un modello stereoscopico, ottenuto attraverso l'insieme dei punti di intersezione tra le infinite coppie di raggi che riprendono gli stessi punti sul terreno, detti raggi omologhi.

Quando si applica la fotogrammetria sul territorio, si utilizzerà un sistema di coordinate cartesiane  $(X, Y, Z)$ , come sistema di coordinate convenzionali, in quanto le foto vengono scattate perpendicolarmente al piano  $(X, Y)$  e verso contrario all'asse  $Z$ .

Nel momento in cui viene scattata l'immagine fotografica, il punto oggetto ( $P$ ), il centro di presa ( $O$ ) e il punto immagine ( $P'$ ), interponendo un ulteriore sistema terreno  $(X', Y', Z')$  parallelo al sistema immagine, giacciono sulla stessa retta, è quindi possibile tracciare due vettori paralleli ( $P'-O$ ) e ( $P-O$ ) (Figura 8).

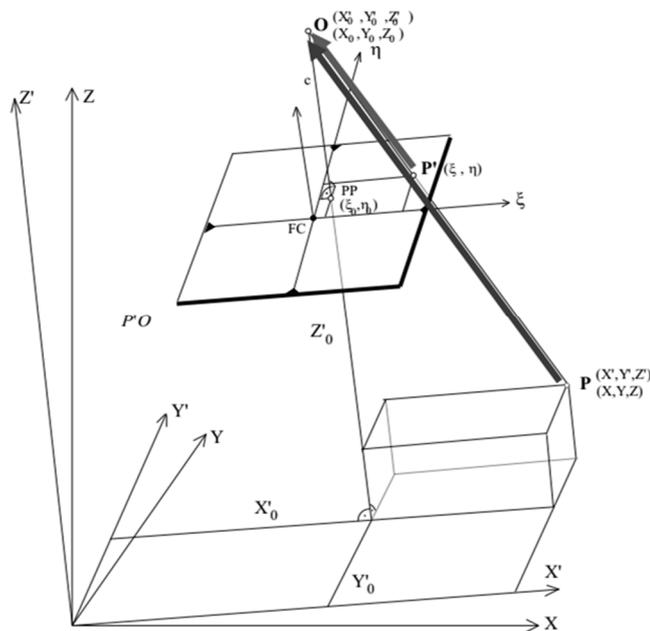


Figura 8\_Relazione fra le coordinate di un punto immagine e quelle di un punto oggetto.

Il vettore nel piano collega il punto immagine ( $P'$ ) con il centro di proiezione, mentre il vettore nello spazio collega il punto oggetto ( $P$ ) con il centro di proiezione.

I due vettori vengono quindi scritti come differenza di coordinate del punto di testa e di quello di coda.

Per la condizione di parallelismo possiamo quindi scrivere:

$$\frac{\xi - \xi_0}{X' - X'_0} = \frac{\eta - \eta_0}{Y' - Y'_0} = \frac{-c}{Z' - Z'_0}$$

Ricordando che  $\xi_0$  e  $\eta_0$  rappresentano le coordinate della proiezione sul piano del fotogramma del centro di proiezione.

Possiamo quindi esplicitare le coordinate immagine ( $\xi, \eta$ ) in funzione degli altri parametri e scrivere:

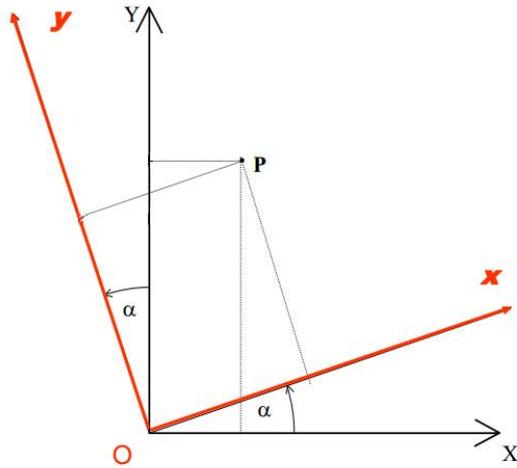
$$\xi = \xi_0 - c \frac{X' - X'_0}{Z' - Z'_0} \quad (2.2.1)$$

$$\eta = \eta_0 - c \frac{Y' - Y'_0}{Z' - Z'_0} \quad (2.2.2)$$

È inoltre possibile, attraverso l'utilizzo della matrice di rotazione nello spazio ( $R$ ), trasformare le coordinate del punto oggetto e del centro di presa nel sistema di riferimento terreno ( $X, Y, Z$ ).

#### Rotazione nel piano

Consideriamo un punto ( $P$ ) in un sistema di coordinate ( $x, y$ ) e ruotato di un angolo  $\alpha$  rispetto al sistema di coordinate ( $X, Y$ ). I due sistemi risultano essere ortonormali tra di loro e hanno la stessa origine, mentre l'angolo di rotazione viene considerato antiorario.



Determinando quindi P nel sistema (X, Y) otteniamo:

$$X = x \cos \alpha - y \sin \alpha$$

$$Y = x \sin \alpha + y \cos \alpha$$

Scrivendo le due equazioni in forma matriciale e introducendo i coseni direttori di x e y rispetto a X e Y si ottiene:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(xX) & \cos(yX) \\ \cos(xY) & \cos(yY) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (2.2.3)$$

$$\text{Dove } i = \begin{pmatrix} \cos(xX) \\ \cos(xY) \end{pmatrix} \text{ e } j = \begin{pmatrix} \cos(yX) \\ \cos(yY) \end{pmatrix} \quad (2.2.4)$$

I e j costituiscono la base del sistema di coordinate, sono ortogonali e con modulo unitario. La matrice di rotazione del piano permette quindi di passare dal sistema (x, y) a quello (X, Y). Utilizzando la notazione matriciale compatta si può scrivere infine:

$$X = R x.$$

Avendo introdotto il concetto di matrice di rotazione è possibile ora trasformare le coordinate del punto oggetto (X', Y', Z') e le coordinate del centro di presa (X'\_0, Y'\_0, Z'\_0) nel sistema di riferimento (X, Y, Z).

$$\begin{pmatrix} X' - X'_0 \\ Y' - Y'_0 \\ Z' - Z'_0 \end{pmatrix} = R \cdot \begin{pmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{pmatrix} \quad (2.2.5)$$

Inserendo quindi l'equazione 2.5.5 nella 2.5.1 e nella 2.5.2 si ottengono le seguenti equazioni di collinearità:

$$\xi = \xi_0 - c \frac{r_{11}(X - X_0) + r_{21}(Y - Y_0) + r_{31}(Z - Z_0)}{r_{13}(X - X_0) + r_{23}(Y - Y_0) + r_{33}(Z - Z_0)} \quad (2.2.6)$$

$$\eta = \eta_0 - c \frac{r_{12}(X - X_0) + r_{22}(Y - Y_0) + r_{32}(Z - Z_0)}{r_{13}(X - X_0) + r_{23}(Y - Y_0) + r_{33}(Z - Z_0)} \quad (2.2.7)$$

Dove  $r_{11}$ ,  $r_{12}$ ,  $r_{13}$ ,  $r_{21}$ , ecc. rappresentano i valori delle colonne della matrice di rotazione originaria.

Le equazioni di collinearità rappresentano quindi le relazioni fra le coordinate del punto immagine  $P'$  ( $\xi$ ,  $\eta$ ), del punto oggetto  $P$  ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) e del punto di presa ( $x_0$ ,  $y_0$ ,  $z_0$ ), si tratta quindi di equazioni di rette nello spazio passanti per tre punti.<sup>20</sup>

### 2.2.1.1 Distorsioni della camera<sup>21</sup>

Nelle camere l'obiettivo risulta essere formato da un sistema di lenti che risulta essere lontano dal modello teorico formato da un punto solo. Una lente spessa si può semplificare con due piani di proiezione, il centro di proiezione in questo caso si sdoppia in  $N$  e  $N'$ . Da questa considerazione ne deriva che l'angolo che forma il raggio incidente risulta diverso dall'angolo dell'obiettivo ( $\tau \neq \tau'$ ).

La distorsione dell'obiettivo si manifesta in direzione radiale secondo la seguente formula:

$$\Delta r = f(r) \quad (2.2.8)$$

$$r' = c \tan \tau + \Delta r \quad (2.2.9)$$

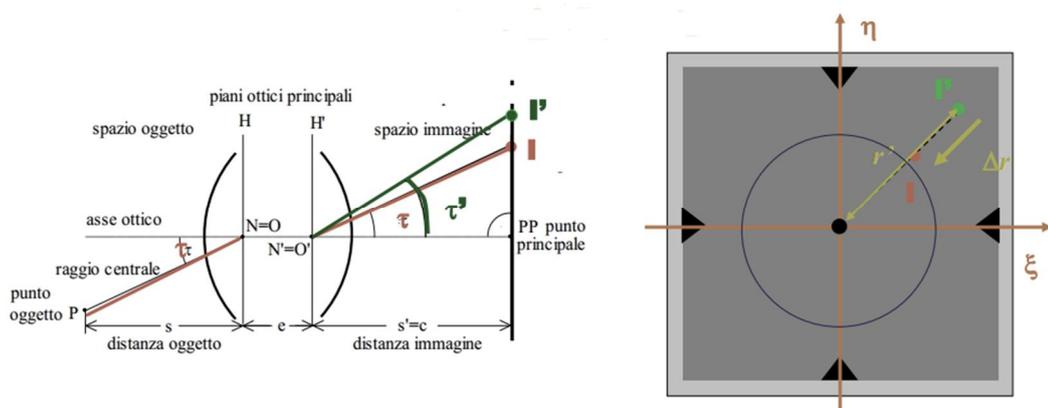


Figura 9\_Distorsioni dell'obiettivo.

<sup>20</sup> Dispense di Cartografia numerica e GIS prof. Andrea Maria Lingua a.a. 2016/2017.

<sup>21</sup> Ibidem.

Le distorsioni seguono un *trend* (deformazione omogenea della distorsione) che viene corretto con la variazione della distanza focale  $\Delta c$  (distanza principale), posso togliere quindi questo *trend* lineare andando a modificare la distanza focale, in questo caso posso esprimere le deformazioni nelle due direzioni ( $\xi, \eta$ ) come:

$$\Delta r = a_1 r^3 + a_2 r^5 + a_3 r^7 + \dots \quad (2.2.10)$$

$$\Delta \xi_1 = \Delta r \frac{\xi - \xi_0}{r} \quad (2.2.11)$$

$$\Delta \eta_1 = \Delta r \frac{\eta - \eta_0}{r} \quad (2.2.12)$$

Oltre alle distorsioni radiali sono presenti anche delle distorsioni tangenziali che dipendono dal sistema di riferimento definito in base agli spigoli dell'immagine fotografica (Figura 10).

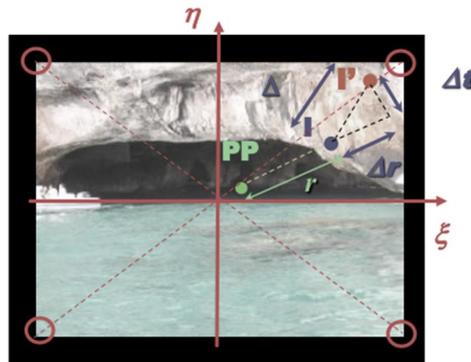


Figura 10\_Distorsioni tangenziali.

Le distorsioni tangenziali vengono calcolate come:

$$\Delta \xi_2 = [p_1(r^2 + 2\xi^2) + 2p_2\xi\eta](1 + p_3r^2) \quad (2.2.13)$$

$$\Delta \eta_2 = [p_2(r^2 + 2\eta^2) + 2p_1\xi\eta](1 + p_3r^2) \quad (2.2.14)$$

Per ultime sono presenti anche distorsioni del sensore espresse come:

$$\Delta \xi_3 = c_1(\xi - \xi_0) + c_2(\eta - \eta_0) \quad (2.2.15)$$

$$\Delta\eta_3 = 0 \quad (2.2.16)$$

Considerando le distorsioni le equazioni di collinearità quindi diventano:

$$\xi = \xi_0 + \Delta\xi_1 + \Delta\xi_2 + \Delta\xi_3 - c \frac{r_{11}(X - X_0) + r_{21}(Y - Y_0) + r_{31}(Z - Z_0)}{r_{13}(X - X_0) + r_{23}(Y - Y_0) + r_{33}(Z - Z_0)} \quad (2.2.17)$$

$$\eta = \eta_0 + \Delta\eta_1 + \Delta\eta_2 - c \frac{r_{12}(X - X_0) + r_{22}(Y - Y_0) + r_{32}(Z - Z_0)}{r_{13}(X - X_0) + r_{23}(Y - Y_0) + r_{33}(Z - Z_0)} \quad (2.2.18)$$

### 2.2.2 Fasi processo fotogrammetrico

Il processo fotogrammetrico è costituito da una successione sequenziale di fasi, ognuna delle quali è dipendente dalla precedente, risulta quindi molto importante il riconoscimento tempestivo di eventuali errori in quanto questi condizionano negativamente tutte le fasi successive. Ogni fase richiederà quindi una parte preliminare di progettazione e una susseguente di verifica.

Le fasi del processo sono pertanto:

- . *Presa*: periodo durante il quale vengono scattate le foto da terra o aeree;
- . *Appoggio*: riconoscimento dei punti noti a terra<sup>22</sup>, nello specifico il momento dedicato al posizionamento dei marker, che definiranno successivamente i punti di appoggio, deve essere eseguito, come detto nel paragrafo 4.1 *Rete di inquadramento* e 4.2 , nella fase iniziale, prima dell'acquisizione delle immagini. Inoltre questa fase risulta essere la più dispendiosa in termini di tempo;
- . *Orientamento*: stadio in cui vengono ricostruite la posizione e l'assetto angolare dei fotogrammi;
- . *Restituzione*: fase in cui vengono ricalcolati e misurati i fotogrammi;
- . *Integrazione ed editing*: integrazione di elementi che non sono visibili nelle immagini fotografiche, come possono essere ad esempio i toponimi;
- . *Vestizione e rappresentazione*: ultima fase di vestizione della cartografia utilizzando le integrazioni del punto precedente.

---

<sup>22</sup> Punti di coordinate note nel sistema oggetto, misurati topograficamente e riconoscibili sul fotogramma attraverso le monografie.

Questo appena indicato rappresenta lo schema classico, mentre nelle ultime due decenni, orientamento e restituzione sono state sostituite dagli algoritmi della fotogrammetria digitale e *computer vision*.

### 2.2.2.1 Orientamento

Come detto nei paragrafi precedenti la restituzione fotogrammetrica prevede che vengano ricostruiti i parametri di orientamento interno ed esterno dei fotogrammi. Noti quelli di orientamento interno, dipendenti dal tipo di camera utilizzato, si procede con la descrizione dei diversi metodi di orientamento esterno. Per definire l'orientamento esterno devono essere ricavate le coordinate del centro di presa ( $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $Z_0$ ) e le incognite di orientamento della camera ( $\omega$ ,  $\varphi$ ,  $\kappa$ ), di seguito viene presentato il metodo di orientamento utilizzato dal team.

#### . Triangolazione fotogrammetrica ( $j=1-n$ )

Questo tipo di metodo si basa sulla geometria dei voli fotogrammetrici, il volo infatti viene organizzato in strisciate con traiettorie predefinite. Le basi del procedimento prevedono che per ogni punto del terreno si abbia bisogno di almeno due fotogrammi che lo riprendono, da questo ne deriva che ogni striscia di territorio sia comune a tre fotogrammi e siano presenti sovrapposizioni tra le due strisciate (Figura 11). In generale si può ritenere necessario un ricoprimento longitudinale di almeno il 50% - 60% nella fotogrammetria classica.

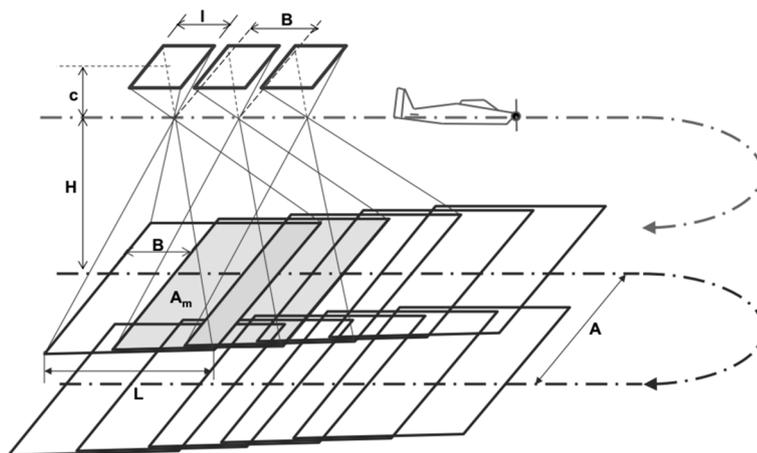


Figura 11\_Structura di un volo fotogrammetrico.

Questo metodo consente quindi di determinare contemporaneamente i parametri di orientamento esterno di un blocco di fotogrammi e inoltre permette di determinare

le coordinate di una serie di punti che possono essere presegnalati, naturali oppure artificiali.

#### 2.2.2.2 Nuovi algoritmi della fotogrammetria digitale

La restituzione analitica tradizionale negli anni è stata sostituita, ad oggi completamente, da software che consentono l'utilizzo di tecniche di restituzione digitale, tramite l'individuazione di pixel all'interno della matrice immagine, il pixel per sua definizione ha una posizione fissa all'interno dell'immagine ed è caratterizzato da una precisa componente radiometrica. Le immagini in questo modo possono essere processate automaticamente tramite specifici algoritmi che permettono di pre-processare le immagini (*image-preprocessing*), gestire le operazioni di misura (*image matching*) e di orientamento (*feature extraction*) e infine estrarre prodotti cartografici in formato vettoriale o raster.

Più in dettaglio le tecniche di *image pre-processing* vengono utilizzate per migliorare la qualità radiometrica dell'immagine attraverso due tipi di tecniche, la prima (*image restoration*) che consente di eliminare gli effetti di "rumore" derivanti dalla fase di acquisizione stessa delle immagini, la seconda tecnica, chiamata *image enhancement* consente di migliorare la qualità dell'immagine ma avendo come fine l'utilizzo della stessa per una successiva lavorazione.

Per quanto riguarda le operazioni di *image matching*, gli algoritmi della fotogrammetria digitale permettono una collimazione automatica di punti omologhi estratti da due o più immagini digitali. Questa lavorazione può essere suddivisa in base al tipo di tecnica utilizzata:

- . *Feature Based Matching (FBM)*, tecnica che valuta non solo il punto ma anche l'intorno dello stesso, inteso come contorno radiometrico. Viene scelta la dimensione dell'intorno del punto (ad esempio 16x16 pixel) a cui è associato un vettore chiamato *descrittore* derivante dalla somma dei singoli vettori calcolati in x e y e considerati come gradienti locali dell'immagine. La collimazione avviene valutando il grado di affinità tra i descrittori.
- . *Area Based Matching (ABM)*, tecnica che opera analizzando una porzione intera di immagine costituita da matrici quadrate. Affinché il calcolatore possa ricercare il punto è necessaria oltre all'immagine che costituisce l'area di

ricerca intesa come matrice, anche una seconda detta matrice sagoma, la quale riporta una certa geometria che sarà quella da ricercare nella matrice immagine. L'algoritmo "cerca" la matrice sagoma all'interno di quella di ricerca, spostando la prima in tutte le posizioni possibili, occupabili nella seconda e calcolando ogni volta un coefficiente di correlazione ( $\rho$ ). Stabilita una soglia minima ( $\rho \geq 0,9$ ) il software collimerà il punto quando il coefficiente di correlazione calcolato raggiunge la soglia prefissata. L'algoritmo consente due tipi di ricerca una detta *Cross-Correlation* (CC) la quale ricerca il pixel intero omologo, e una seconda più raffinata, detta *Least Square Matching* (LSM) che "spezzando" il pixel consente un'autocorrelazione del sub-pixel.

. *Relational Based Matching (RBM)*, metodo in cui viene effettuato un confronto tra diversi database, vengono quindi costruite delle strutture di elementi semplici e la collimazione avviene andando a ricercare le corrispondenze in base al tipo di relazione che può essere ad esempio spaziale o radiometrica.

L'ultima tecnica citata, quella del feature *extraction*, viene utilizzata per identificare i punti omologhi estraendo in modo automatico le zone di interesse, come punti, linee o aree con discontinuità radiometriche evidenti.

Questa tecnica utilizza tre diversi operatori, il primo *l'interest operators* che sfrutta la tecnica del *Least square matching* e consente di estrarre punti di un'immagine digitale, il secondo *l'edge detectors* permette l'estrazione dei bordi radiometrici e il terzo il *region detectors* estrae intere porzioni di immagini.

I software utilizzati per la restituzione fotogrammetrica permettono inoltre di generare dei modelli altimetrici numerici i quali sono costituiti da un insieme di dati che permettono di descrivere il territorio garantendo informazioni di quota e di superficie e una visualizzazione tridimensionale dell'ambiente studiato.

In particolare il software Agisoft Photoscan, utilizzato per le elaborazioni nell'area di studio del team DIRECT, ha permesso di generare dei modelli altimetrici numerici densi di elevazione (*DDSM Dense Digital Surface Model*) utilizzati per successivi sviluppi e di cui si parlerà più in dettaglio nel paragrafo 5.2.<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> Dispense di Cartografia numerica e GIS prof. Andrea Maria Lingua a.a. 2016/2017.

### 2.2.2.3 Structure from Motion (SfM)

La tecnica SfM si sviluppa dal 1980 e rappresenta uno strumento per la generazione automatica di modelli tridimensionali che utilizza immagini in due dimensioni attraverso software che si servono di specifici algoritmi.

A differenza della fotogrammetria tradizionale questa tecnica utilizza algoritmi per sovrapporre immagini digitali e contemporaneamente calcolare la posizione e l'orientamento della camera. Questo metodo risulta così particolarmente economico e veloce rispetto ad altri metodi di rilievo, oltre a generare prodotti con un'accuratezza tale da essere paragonata ai moderni laser scanner terrestri.

Per determinare la posizione nelle tre dimensioni di un insieme di punti appartenenti a una scena di ripresa, nella fotogrammetria tradizionali si ha la necessità di conoscere la posizione della camera, oppure di una serie di *control point*. Conoscendo la posizione della camera, la geometria della scena può essere ricostruita utilizzando la triangolazione, avendo nota la posizione dei *control point* questi devono essere collimati nelle fotografie per stimare la posizione della camera.

L'approccio con l'algoritmo SfM permette di ricostruire la posizione della camera e la geometria della scena simultaneamente. A differenza della fotogrammetria tradizionale però l'orientamento e la scala non sono inizialmente noti ma devono essere determinati utilizzando le coordinate nelle tre dimensioni dei punti di controllo a terra di cui si conoscono le coordinate nello spazio

Il problema principale di questa tecnica risiede nella determinazione di punti noti a più immagini prese da angolature diverse, dato un numero  $m$  di immagini e  $n$  punti noti vengono quindi definite  $m$  matrici di proiezioni e  $n$  vettori.

L'individuazione dei punti notevoli avviene automaticamente attraverso l'algoritmo SIFT<sup>24</sup> (David Lowe 1999), tale algoritmo permette di identificare i descrittori chiave anche in immagini che presentano diverse scale, identificando per ogni immagine delle caratteristiche invarianti rispetto alla rotazione o alla variazione di scala delle immagini e caratteristiche parzialmente invarianti rispetto alle condizioni di illuminazione e al punto di vista della camera.

---

<sup>24</sup> **SIFT**: Scale Invariant Feature Transform.

Concretamente viene creato un descrittore in funzione dei gradienti di immagine locali, questi descrittori identificano i *key point* in quanto la loro unicità permette di operare una corrispondenza tra le immagini.

Il numero di *keypoint* dipende dalla trama e dalla risoluzione delle immagini per questo motivo riducendo la distanza della camera e aumentando la risoluzione aumenterà la densità dei punti descrittori elaborati. Attraverso l'esecuzione di un *matching* vengono sovrapposte le immagini che presentano i punti noti in comune.

Eseguendo il *matching* dei punti chiave viene vincolato l'orientamento della camera e ricostruito con una trasformazione di similarità.

La procedura successiva è quella del *bundle adjustment*, che permette di minimizzare l'errore di riproiezione e cioè la distanza che vi è tra il punto misurato e quello proiettato. Se consideriamo quindi  $m$  immagini e  $n$  punti viene minimizzato l'errore rispetto a tutti i punti  $n$  riferiti a tutti i punti di presa fotografica.

Dopo l'applicazione di questi operatori è possibile generare una nuvola sparsa di punti che risulta costituita da tutte le *feature* estratte e collocate nello spazio, questi punti sono quindi caratterizzati da tre coordinate e dal contenuto radiometrico (RGB). Infine attraverso l'operatore *dense image matching*, che opera un confronto approfondito delle immagini, è possibile comporre una nuvola densa di punti in cui ogni punto risulta essere sempre caratterizzato da dalla terna di coordinate e dal contenuto radiometrico (RGB).

Con questa operazione le posizioni della camera sono utilizzati come dati di *input*, l'operatore decompone quindi le immagini di *input* sovrapposte in sottoinsiemi ed estrai i punti 3D singolarmente da questi sottoinsiemi.

In questo modo viene generata una nuvola di punti con ordini di grandezza anche due volte superiori a quella originata inizialmente.

---

## 3. IL PARCO ARCHEOLOGICO DI BARATTI E POPULONIA

---

### 3.1 Caratteristiche del territorio

---

Il parco archeologico di Baratti e Populonia si stende lungo il fianco del promontorio di Piombino e il Golfo di Baratti.



Figura 12\_Inquadramento dell'area del parco.

L'area che oggi è diventata Parco, in passato fu luogo di sviluppo della civiltà etrusca e basata in larga misura sullo sfruttamento delle risorse minerarie del luogo dalla quale scaturiva una ricca produzione metallurgica.

Oggi il parco conserva la memoria dell'abitato prima etrusco e poi romano di Populonia, delle necropoli del golfo di Baratti, delle cave costituite da roccia sedimentaria clastica, e infine dei quartieri industriali, luogo di lavoro dell'ematite, minerale utilizzato per l'estrazione del ferro.

Considerando il carattere geologico della zona del parco, questo risulta governato da formazioni del macigno e della panchina. L'uso del termine macigno viene utilizzato per indicare un'arenaria caratteristica della Toscana e delle regioni limitrofe. Questo tipo di arenaria si è formata come successione di materiale detritico proveniente dalle

terre emerse, ed è costituita da arenarie silicoclastiche<sup>25</sup> a granulometria variabile da fine a molto grossolana, alternate a siltiti, argilliti e livelli conglomeratici e marnosi, infine congiunti con sporadici strati calcarenitici e di arenarie ibride.

La panchina invece è un caratteristico tipo di deposito marino costiero, costituito da arenarie e conglomerati con abbondanti resti fossili, questi risultano composti per la maggior parte da molluschi. Entrambe le tipologie di roccia sedimentaria furono largamente utilizzate; il macigno essendo un materiale resistente alle alte temperature, veniva adottato per la costruzione dei forni fusori, mentre la panchina essendo un materiale facilmente estraibile e lavorabile, veniva ampiamente utilizzato come materiale da costruzioni.

La vegetazione del parco è contraddistinta dalla presenza di una costa rocciosa, di una macchia mediterranea, presente in percentuale maggiore rispetto agli altri ambienti, di un bosco misto, costituito da specie tipiche di ambienti montani e atlantici e infine da incolti e radure. La ricchezza di vegetazione si riflette anche nella significativa varietà della fauna.<sup>26</sup>

### 3.2 Storia del territorio e del parco

---

Populonia fu una nota città etrusca che si sviluppò nel IX secolo a.C., durante l'età del ferro. La città si divide tra una parte alta e una bassa, la prima era sede di abitazioni, templi e dell'acropoli di cui ancora oggi abbiamo testimonianza, mentre la seconda, la città bassa, convogliava attività industriali e commerciali, questa parte della città era infatti un luogo destinato ad attività metallurgiche e siderurgiche e un punto di incontro delle rotte tirreniche.

Dal II secolo a.C. Populonia divenne conquista romana, i romani concepirono un riassetto urbanistico della città, rinvenuto dagli scavi attuati nella parte sita nel centro dell'acropoli. In questa area rimodernata dallo stampo romano, si colloca un'ampia piazza circondata da tre templi, da cui si avvia una strada lastricata che porta verso

---

<sup>25</sup> **Silicoclastiche:** rocce arenarie costituite da granuli che derivano dall'erosione di rocce preesistenti situate al di fuori del bacino di deposizione.

<sup>26</sup> <http://www.unipd.it/musei/geologia/approfondimenti/panchina.html> e <http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/periodicitecnici/quaderni-sgi/quaderno7fasc7/quaderno7-vii-appennino-macigno.pdf>

l'edificio delle Logge, questa via non presenta i solchi per il passaggio di mezzi con ruote e presenta inoltre un'elevata pendenza che porta a pensare che venisse percorsa esclusivamente a piedi.

Sono presenti inoltre alcuni impianti termali all'interno di un complesso di terrazzamenti. *“Si trattava di stanze lussuose, decorate con stucchi e intonaci dipinti ad imitare brecce marmoree differenti e i pavimenti erano decorati da mosaici, fra cui quello marino con scena di naufragio visibile oggi al museo Archeologico di Piombino”*<sup>27</sup>.

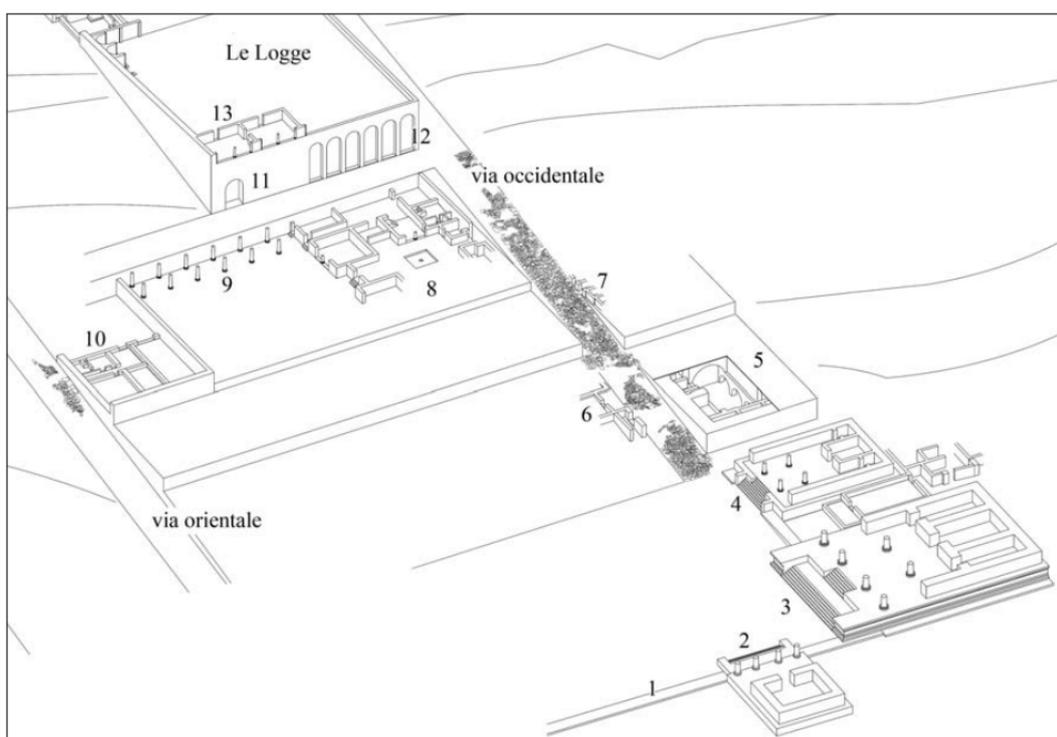


Figura 13\_Acropoli di Populonia, vista assonometrica parzialmente ricostruttiva degli edifici (elaborazione C. Mascione, E. Vattimo, Università di Siena):

La città subì in seguito, alla fine del I secolo a.C. i danni conseguenti all'epurazione Silliana. Infine, i resti ritrovati sulla costa di Baratti fanno pensare a una successiva presenza di attività negli anni risalenti all'età imperiale e nella tarda antichità, per i secoli che vanno quindi dal II al VI d.C. .

Gli scavi hanno poi riportato alla luce alcuni resti risalenti all'epoca medievale tra cui un monastero benedettino risalente al XI secolo d.C.; attiguo all'acropoli vi è il borgo medievale in cui si può rilevare invece il castello degli Appiani, casata nobile

<sup>27</sup> I parchi della val di Cornia sito web: <http://www.parchivaldicornia.it/it/storia.html>.

originaria della Val d’Era, che collocò la propria sede a Pisa alla fine del XIII secolo tramite Guarnito d’Appiano, importante notaio vissuto tra il 1200 e il 1255.

Il parco archeologico e naturalistico di Baratti e Populonia oggi raggiunge un’estensione di circa 1’200 ettari, conserva come già detto un’importante traccia della civiltà etrusca, scoperta grazie al recupero delle scorie minerarie e ferrose accumulate nella zona della necropoli che hanno nel tempo seppellito completamente la stessa.

*“Il Parco [...] è dunque il frutto degli scavi archeologici condotti negli anni passati dalla Soprintendenza Archeologica e, tra il 1996 ed il 1998, dalla Società Parchi Val di Cornia [...]”*.<sup>28</sup>

### **3.3 Aree di interesse**

---

L’intenzione di questo paragrafo è quella di porre un’attenzione maggiore alle zone che sono state oggetto di misurazioni e successive elaborazioni di dati, operati dal team DIRECT (DISaster RECOVERY Team) nella missione attuata nel mese di settembre 2017.

#### **3.3.1 Necropoli di San Cerbone**

Le tombe della necropoli di San Cerbone provengono dall’età del Ferro, VII -V secolo a.C. In questa zona pianeggiante è possibile osservare tombe a tumulo e a edicola, che per la loro monumentalità, si ritiene che siano appartenute a grandi personalità della città.

Nella parte pianeggiante si possono ritrovare anche delle sepolture a sarcofago che danno dimostrazione della generale ricchezza della città, confermata anche dai resti ritrovati all’interno delle tombe stesse. Poco più lontano, all’interno del bosco, si possono osservare invece tombe a camera, scavate nella roccia e agibili attraverso delle scalinate, ricavate con la stessa pratica (Necropoli delle Grotte).

---

<sup>28</sup> ibidem

### ***3.3.2 Cava delle Grotte***

La cava presente nel parco (Figura 14) veniva utilizzata per l'estrazione della pietra panchina, utilizzata per edificare tombe, mura ed edifici, essendo questa una pietra morbida e quindi facilmente lavorabile.

Nella stessa zona si possono osservare inoltre tombe a camera, scavate nella roccia e disposte su più piani.

Analizzando più dettagliatamente il fronte di cava, si può osservare come il taglio della roccia veniva praticato perpendicolarmente alla direzione di inclinazione della roccia sedimentaria, una volta staccati i blocchi questi venivano rifiniti, creando in questo modo degli elementi modulari, essenziali nel momento in cui il metodo di costruzione fosse del tipo "a secco".

### ***3.3.3 Acropoli di Populonia***

Le operazioni di scavo sono riuscite a ridare visibilità a due cinte murarie, che circondavano la città alta di Populonia, la più antica di queste di forma poligonale, costruita intorno al V secolo a.C., mentre quella edificata nel IV-III, di dimensioni molto più generose della prima, cingeva la zona che comprende le pendici del rilievo, estensione dovuta allo sviluppo della città. La sezione rilevata dal team comprende anche quella parte dell'Acropoli di Populonia oggetto di interventi di ricostruzione, come il basamento di un tempio (Figura 14) e pavimenti mosaicati.



*Figura 14\_Cava, vista dall'alto (immagine sinistra), Basamento del tempio di Populonia (immagine destra).*

---

## 4. ACQUISIZIONE DEI DATI

---

### 4.1 Rete di inquadramento

---

L'attività ha avuto dunque inizio attraverso l'acquisizione di punti per l'elaborazione della rete di inquadramento.

Si è proceduto posizionando i ricevitori<sup>29</sup> nella area di Baratti San Cerbone calcolando i punti 100, 200 e 300 (Figura 3b), nella porzione di interesse sita in Populonia elaborando i punti 400, 500 e 600 (Figure 3b/3c), nel centro sperimentale del parco archeologico, mostrato nel punto d (punti 1000 e 2000) e nella cava di calcarenite (Figura 3e, punti 3000 e 4000).



Figura 15\_Vista da Google Maps del parco archeominerario di Baratti e Populonia, vertici della rete di inquadramento. [a: rappresentazione vertice 600; b: rappresentazione vertici 100, 200, 300; c: rappresentazione vertici 400, 500; d: rappresentazione vertici 1000, 2000; e: rappresentazione vertici 3000, 4000.]

---

<sup>29</sup> I ricevitori utilizzati per i punti d'appoggio sono del tipo Geomax e Leica.

Questi punti costituiscono quindi i vertici della rete di inquadramento, calcolati utilizzando i ricevitori *master*, posizionati *in statico* per elaborare 50 epoche. La collocazione dei punti nell'area del parco è riportata nell'immagine sottostante, Figura 15.

Le coordinate delle stazioni permanenti, sono state ricavate dal sito Italpos, da cui è possibile visualizzare una mappa delle stesse. Sono state quindi scelte, avendo come unico criterio di scelta la vicinanza alla zona del rilievo, le stazioni permanenti di Portoferraio, Volterra, Cecina e Gavo.

Di seguito viene riportata un'immagine del sito precedentemente citato in cui si possono osservare le stazioni permanenti utilizzabili dall'utente, e i file che possono essere prelevati, contenenti le coordinate della stazione, nel sistema di riferimento delle coordinate ellissoidiche (Figura 16).

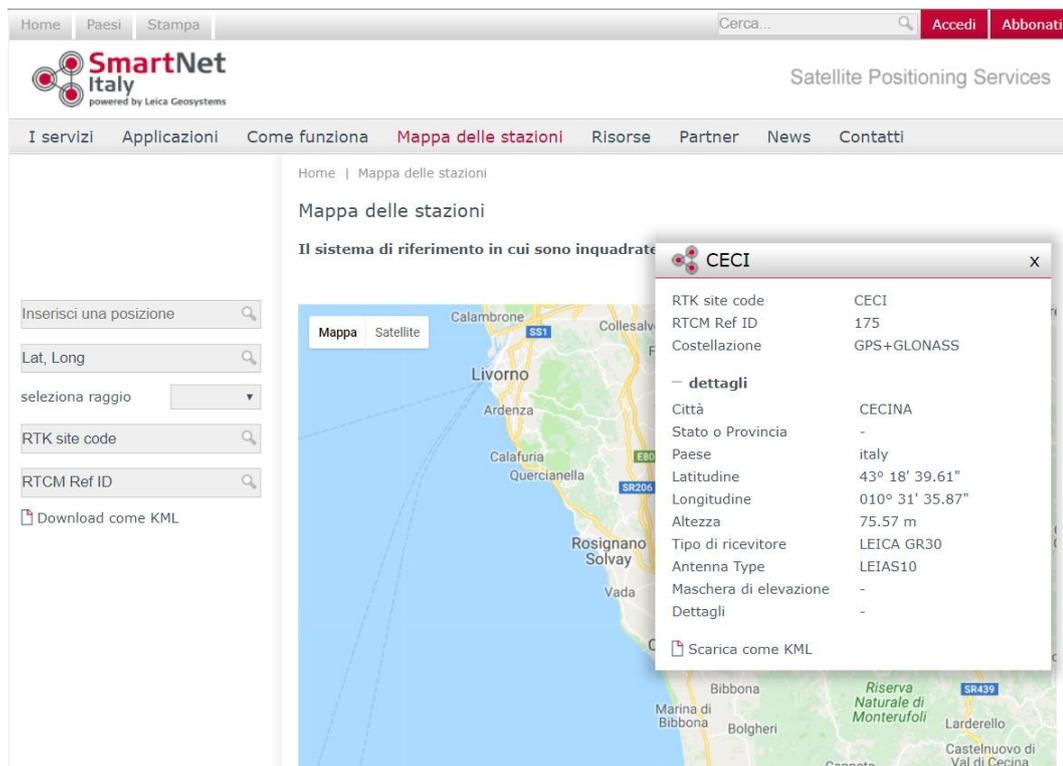


Figura 16\_Scelta delle stazioni permanenti da Italpos

La scelta dei punti strategici dovrà essere accompagnata dalla stesura della monografia del vertice stesso, correlata da immagini fotografiche che indichino la posizione esatta del punto. La monografia ha come scopo quello di documentare i dati fondamentali del rilievo al fine di archiviare tutte le informazioni necessarie per un

posizionamento successivo di controllo o integrazione, oppure per poter riutilizzare gli stessi punti per rilievi futuri. Di seguito viene quindi mostrato un esempio di monografia tra quelle redatte durante la missione del team.

Nonostante le monografie realizzate dal team siano state redatte in loco attraverso una scheda precompilata, viene di seguito riportato un esempio di monografia rielaborata in seconda battuta (Tabella 6).

<b>MONOGRAFIA VERTICE</b>	
<b>LUOGO</b>	Centro Sperimentale
<b>OPERATORE</b>	Elena Salvatore
<b>VERTICE</b>	1000
<b>PLANIMETRIA DI BASE</b>	<b>DISEGNO MONOGRAFIA VERTICE</b>
	
<b>TIPO DI MATERIALIZZAZIONE</b>	Tassello rosso + vite infisso in chiusino cls
<b>ACQUISIZIONE FOTO</b>	Cellulare Elena
<b>STRUMENTO DI RILIEVO</b>	Leica-4
<b>ALTEZZA STRUMENTALE</b>	1,080 m (verticale)
<b>STRUMENTO DI MISURA</b>	Metro
<b>DATA</b>	28/09/2017
<b>ORA INIZIO ACQUISIZIONE</b>	10:28
<b>ORA FINE ACQUISIZIONE</b>	10:50
<b>TIPO DI ANTENNA</b>	Leica-4 1202
<b>COORDINATE UTM WGS84 (x;y;z)</b>	(622856,213; 4760047,360; 46,894)
<b>COORDINATE LOCALI (x;y;z)</b>	(2884,688; 1104,500; 46,894)

Tabella 6\_Monografia vertice 1000, Centro sperimentale

Questa monografia fa riferimento a uno dei due vertici materializzati nella zona che si colloca nel centro sperimentale del parco archeologico (vertici 1000 e 2000), nello specifico il caposaldo presentato nella tabella sottostante è il vertice 1000.

## 4.2 Rete di raffittimento

---

La rete di raffittimento è stata elaborata tramite rilievo RTK. Come prima operazione si sono posizionati i *marker* sull'area di interesse, che costituiranno i punti di cui si vogliono calcolare le coordinate.

Il posizionamento dei *marker* deve avvenire in modo omogeneo su tutto il territorio interessato dal rilievo e bisogna inoltre porre attenzione a non collocarli in modo lineare o raggruppato in quanto questo errore può portare a ripercussioni negative nella fase di georeferenziazione dei modelli che verranno elaborati e delineati nei paragrafi seguenti.

Una volta conclusa questa fase si procede con il posizionamento in statico del *master* nei vertici che costituiscono la rete di inquadramento.

Il *rover* invece viene installato su una palina, che nel nostro caso risulta avere un'altezza fissa di due metri; successivamente viene utilizzato dall'operatore per calcolare tutti i punti in cui sono stati collocati i *marker*, grazie alla connessione radio che collega i due ricevitori, facendo stazione per alcuni secondi sopra il punto da stimare.

Di seguito vengono presentate delle immagini relative al posizionamento dei *marker* (Figura 17) e all'operazione RTK svolta dal team (Figura 18).



Figura 17\_ Posizionamento dei marker nella zona di Populonia.

Figura 18\_Materializzazione dei punti tramite metodo RTK.



L'immagine di destra mostra l'utilizzo di punti naturali, già presenti in situ, mentre l'immagine di sinistra l'acquisizione di un punto definito dal posizionamento di un marker sul terreno. I punti materializzati dal team comprendono la zona riferita a Baratti e Populonia, punti utilizzati per elaborare le immagini ottenute dal drone Ebee. La zona di interesse nei pressi della cava presente all'interno del parco, non è stata soggetta a questo tipo di rilievo a causa della scarsa o praticamente assente visibilità dei ricevitori nei confronti dei satelliti, dovuta alla presenza di una fitta vegetazione.

L'insieme di queste operazioni rappresenta un passaggio fondamentale per la fase successiva di restituzione fotogrammetrica, in cui le immagini fotografiche aeree vengono ottenute attraverso l'utilizzo di un drone ad ala fissa.

## 4.3 Rete di dettaglio

---

### 4.3.1 Il volo fotogrammetrico nell'area di Baratti e Populonia

Il drone ad ala fissa Ebee della senseFly è stato lo strumento utilizzato dal team per l'acquisizione delle immagini aeree nell'area di Baratti e Populonia.

Questo tipo di drone ha una struttura molto leggera, appena 700 grammi, che permette oltre ad essere usato in sicurezza anche di ridurre l'impatto di energia; può ricoprire infatti un'area di 12 km<sup>2</sup> in un singolo volo e per voli che ricoprono superfici meno vaste e a quota più bassa garantisce una GSD<sup>30</sup> di 1,5 cm per pixel; nel nostro caso si è optato per una quota di volo di 191 metri per un GSD di 6.2 cm/pixel.

La fase di presa viene preceduta da una pianificazione del volo, attuata tramite il software *eMotion2* direttamente sul campo di volo, la pianificazione si esegue

---

<sup>30</sup> **GSD:** Ground Sampling Distance (distanza di campionamento a terra), rappresenta la quantità di terreno contenuta in un pixel e definisce la scala media di restituzione,  $GSD = d/D$  dove  $d$  si riferisce alla dimensione del singolo pixel e  $D$  rappresenta la corrispondente area abbracciata sul terreno.

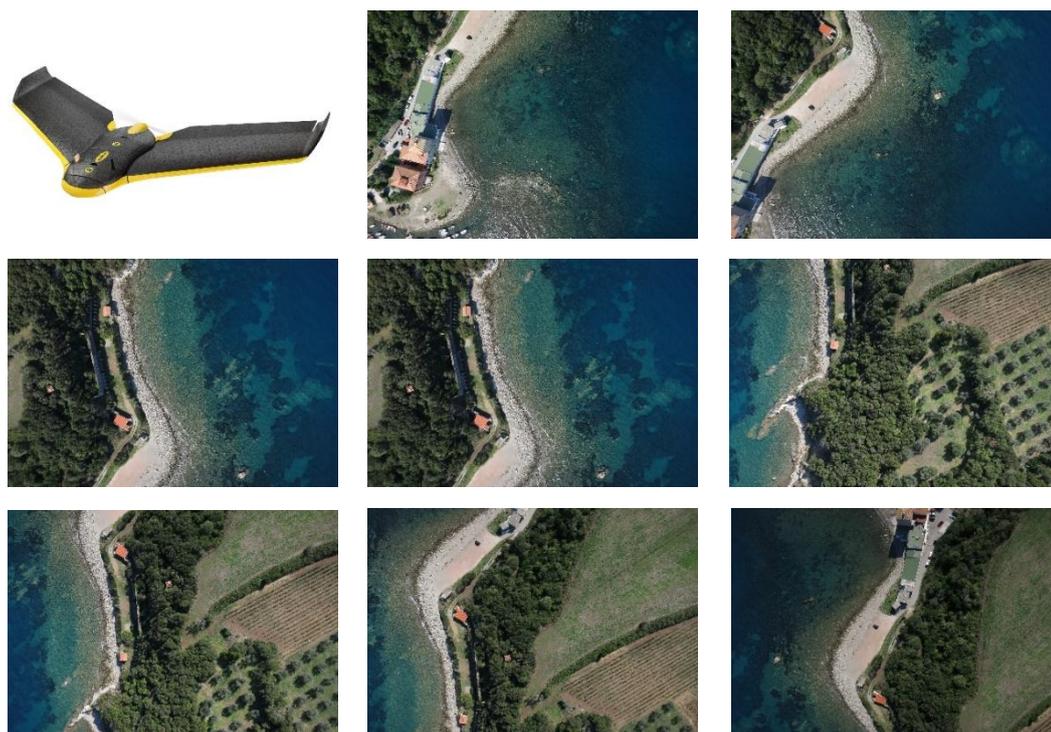
definendo la regione che si desidera mappare e impostando la distanza di campionamento a terra. il software calcola automaticamente la quota di volo e suggerisce un possibile piano di volo che può essere ottimizzato dall'operatore.

È possibile inoltre far eseguire un volo virtuale che simuli la forza e la direzione del vento per adoperare eventuali modifiche prima del lancio vero e proprio.

Per far partire l'acquisizione, una volta conclusa la fase di pianificazione, basterà scuotere tre volte il drone, questo movimento farà partire il motore, e infine lanciarlo.

Durante l'acquisizione è possibile visualizzare le immagini in tempo reale direttamente sul software, se necessario sarà comunque possibile, durante tutta la fase di volo, passare al pilotaggio manuale per "riportare a terra" il drone.

Di seguito viene mostrata un'immagine che raffigura il modello sopra descritto e alcune fotografie digitali scattate dalla camera installata sul drone durante i voli attuati dal team nella zona oggetto di studio (Figura 19).



*Figura 19\_ In alto a sinistra la figura rappresenta il modello Ebee, tutte le altre immagini raffigurano alcune delle acquisizioni durante un volo.*

In tutto sono stati operati sei voli distinti, invece di uno solo. Il numero così elevato di voli per definire successivamente un solo modello è dovuto a diverse cause, prima di tutte è la capacità di autonomia del drone stesso, la seconda è dovuta alla necessità,

durante la pianificazione del volo, di valutare le condizioni ambientali; in condizioni di vento infatti è consigliabile bloccare le operazioni di acquisizione, in quanto le immagini così ottenute risulterebbero sfocate e il programma che gestisce le immagini acquisite dal drone, utilizzato nella fase di elaborazione (Agisoft Photoscan), basandosi sul metodo SfM, non sarebbe in grado di trovare le corrispondenze tra i punti omologhi di diverse immagini.

#### 4.3.2 Scansioni terrestri tramite tecnica Lidar

La tecnica di *laser scanning* terrestre (TLS) è stata utilizzata per le zone di principale interesse site nel parco archeologico di Baratti e Populonia. Tra queste ritroviamo la cava delle Grotte, il muro dell'Acropoli di Populonia e le tombe a camera, scavate nella roccia, e situate all'interno del bosco nelle vicinanze della zona della cava (Necropoli delle Grotte).

L'immagine seguente mostra più in dettaglio la configurazione spaziale delle operazioni di laser scanning effettuate all'interno dell'area di interesse (Figura 20).



Figura 20\_Operazione di laser scanning, riferimento ai luoghi.

Lo scopo di questo paragrafo sarà quindi quello di delineare le fasi dell'acquisizione delle scansioni operate dal team in una delle zone di interesse.

#### *4.3.2.1 Un esempio di applicazione di rilievo Lidar alla cava delle Grotte*

In questo paragrafo saranno descritti i passaggi fondamentali necessari per una corretta elaborazione dello scenario, elaborato nelle tre dimensioni, delle zone d'interesse elencate precedentemente.

In particolare si darà maggior luce al rilievo della cava, utilizzata, come precedentemente detto, per l'estrazione di una pietra facilmente lavorabile e largamente utilizzabile nel settore edilizio.

##### **- Definizione degli eidotipi**

La fase iniziale, come in tutte le altre operazioni citate in questo lavoro di tesi, è dunque quella di progettazione e pianificazione del lavoro.

Si procede quindi con lo "schizzo" della porzione di terreno che ne definisce l'area di lavoro, su cui verranno riportati e numerati i marker *terrestri*<sup>31</sup> (Figura 21), applicati sulle pareti della roccia.

Le immagini seguenti mostrano l'eidotipo redatto in loco con i relativi *marker* e la corrispondente reale predisposizione (Figura 22).



*Figura 21\_Marker terrestri applicati su una parte della parete di cava.*

Una volta applicati tutti i marker si può procedere con la definizione del numero di scansioni che si vogliono operare e della collocazione di ogni punto di scansione in modo tale da ottenere un'adeguata sovrapposizione di punti, in questo modo le

---

<sup>31</sup> Il termine terrestre è stato convenzionalmente utilizzato per distinguere l'elemento marcatore visibile da terra con quello visibile dalle immagini aeree, nominato per l'appunto marker aereo.

“nuvole” potranno essere allineate fra di loro a creare un’unione di tutte le scansioni eseguite.

Infine sarà necessario definire dei punti noti in modo da georeferenziare la nuvola di punti generata; per fare questo si utilizzeranno dei ricevitori GNSS in posizione statica e le stazioni totali che andranno a definire una rete topografica.

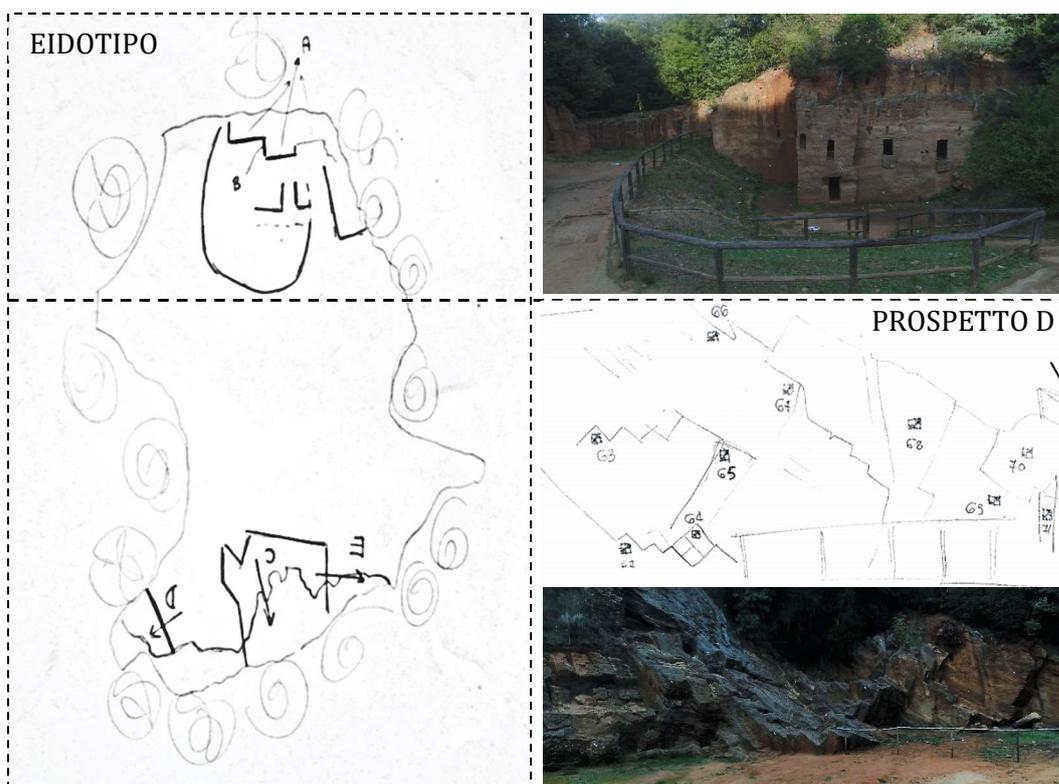


Figura 22\_Pianificazione del lavoro, rappresentazione degli eidotipi.

Nella pratica per ottenere un buon risultato in tempi rapidi si è avanziati schematizzando il posizionamento dei laser, apponendo una successione numerica, che permetterà di definire celermente la successione delle scansioni in fase di editing (Figura 23).



Figura 23\_Schema di posizionamento del laser scanner di una delle pareti di cava.

---

## 5. ELABORAZIONE DEI DATI

---

### 5.1 Calcoli osservazioni GNSS mediante Leica Geo Office

---

Il software Leica Geo Office viene utilizzato per processare i dati grezzi prodotti dai ricevitori GNSS. Una delle principali applicazioni risiede nell'elaborazione delle *baseline* nelle reti di controllo geodetico e nella compensazione della rete.

Inoltre viene utilizzato per elaborare dati cinematici, avendo anche la capacità di riempire gli elementi mancanti, nel momento in cui le coordinate RTK non siano disponibili a causa di sospensioni improvvise del collegamento radio.

#### 5.1.1 Rete di inquadramento

Come è stato detto nel paragrafo precedente, gli elementi che hanno un peso rilevante in questo caso sono le stazioni statiche che acquisiscono punti per un tempo prolungato definito dal numero di epoche e le stazioni permanenti, fisse nella rete dinamica nazionale e che acquisiscono dati in continuo.

Questi due elementi perché possano essere processati devono aver ricevuto il segnale satellitare contemporaneamente gli stessi satelliti durante il periodo di acquisizione di modo che l'elaborazione dei dati acquisiti possa permettere l'eliminazione degli errori comuni ai due ricevitori.

Quindi una volta inseriti i dati acquisiti dal ricevitore statico e quelli scaricati da Italpos per le stazioni permanenti, si può procedere selezionando i *master*, che rappresentano le stazioni permanenti scelte, e i *rover*, i punti che fanno riferimento al *master* e che costituiscono gli stazionamenti statici, sempre tenendo presente la contemporaneità delle acquisizioni. Il programma calcola le *baseline* corrette e restituisce in questo modo le coordinate corrette dei punti materializzati in un sistema di riferimento ellissoidico, sarà quindi necessario per le successive lavorazioni trasformare la quota ellissoidica in quella geoidica. Questo tipo di trasformazione viene eseguita tramite *software* Cartlab; vengono inserite le coordinate nella quota ellissoidica all'interno del programma e viene impostata la

trasformazione in quota geoidica inserendo anche i grigliati per garantire una conversione di precisione. Sarà inoltre necessario proiettare le coordinate planimetriche sul piano cartografico. Il sistema di riferimento adottato è universalmente UTM WGS84 (cfr. Allegato 1: Coordinate rilevate con riferimento al geoido). Di seguito si riportano degli *screenshot* rappresentanti le *baseline* calcolate tra i punti di stazione e le stazioni permanenti (Figura 24, Figura 25). Si può inoltre desumere dai risultati presenti nell'allegato 7 che i residui siano accettabili in quanto risultano essere dell'ordine dei millimetri (la rete d'inquadramento deve essere molto più precisa delle tolleranze della cartografia finale).

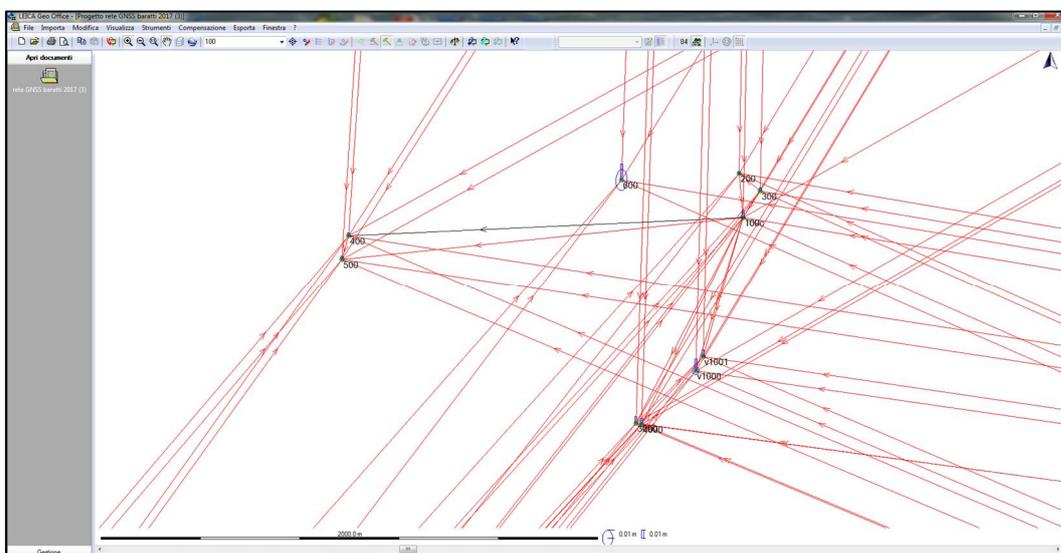


Figura 24\_Calcolo delle baseline (punti statico-stazioni permanenti), vista di dettaglio della rete.

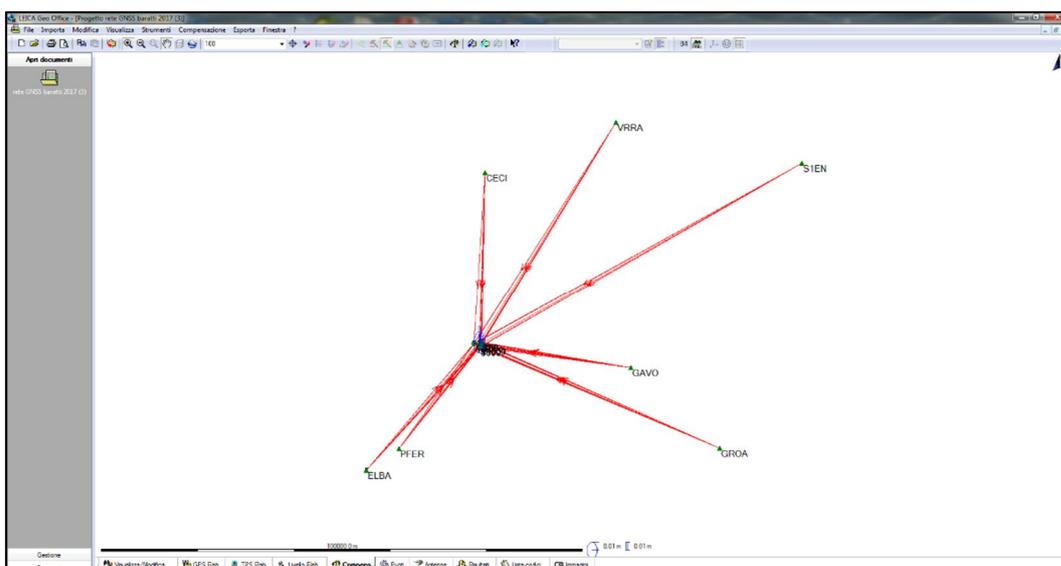


Figura 25\_Calcolo delle baseline (punti statico-stazioni permanenti), rete completa.

### 5.1.2 Rete di raffittimento

In questo caso quelli che precedentemente avevano la funzione di *rover* costituiscono adesso i *master*.

Ricordando che i ricevitori hanno la necessità di visualizzare gli stessi satelliti contemporaneamente, ne consegue ovviamente che per tutta la durata dell'operazione di RTK i *master* siano rimasti fissi fino al completamento di questa.

Nella pratica sono stati importati all'interno del *software* i dati grezzi raccolti dai ricevitori durante il rilievo, il programma permette una visualizzazione grafica di ogni punto materializzato.

Per processare la *baseline* sarà necessario selezionare il punto da indicare come riferimento (quello riferito al *master*) e i punti a che fanno riferimento a quella base (i *rover*).

Dopo questa prima fase si potrà avviare quindi l'elaborazione, al termine della quale vengono visualizzati i risultati che possono essere esaminati e memorizzate le *baseline*, il programma seleziona inoltre automaticamente tutte le linee base che sono state risolte e per cui sono state riscontrate delle ambiguità.

Si procede quindi nello stesso modo per tutte le altre basi e si memorizzano i dati.

Alla fine del processo il *software* restituirà le coordinate corrette dei punti pianificati durante l'RTK, va ricordato anche in questo caso che le coordinate vengono fornite in un sistema di riferimento ellissoidico, sarà dunque nuovamente necessario trasformare in quota geoidica, la quota ellissoidica generata dal programma.

Questo tipo di trasformazione viene eseguita tramite *software* Cartlab.

L'operazione si esegue inserendo le coordinate nella quota ellissoidica all'interno del programma e impostando la trasformazione in quota geoidica inserendo anche i grigliati per garantire una conversione di precisione.

Sarà inoltre necessario proiettare le coordinate planimetriche sul piano cartografico. Il sistema di riferimento adottato è universalmente UTM WGS84 (cfr. Allegato 1: Coordinate rilevate con riferimento al geoide).

Di seguito viene mostrata una schermata del programma con le *baseline* calcolate tra i punti di stazione e quelli calcolati con metodo RTK (Figura 26). Si può inoltre desumere che i residui siano accettabili in quanto risultano essere dell'ordine dei millimetri.

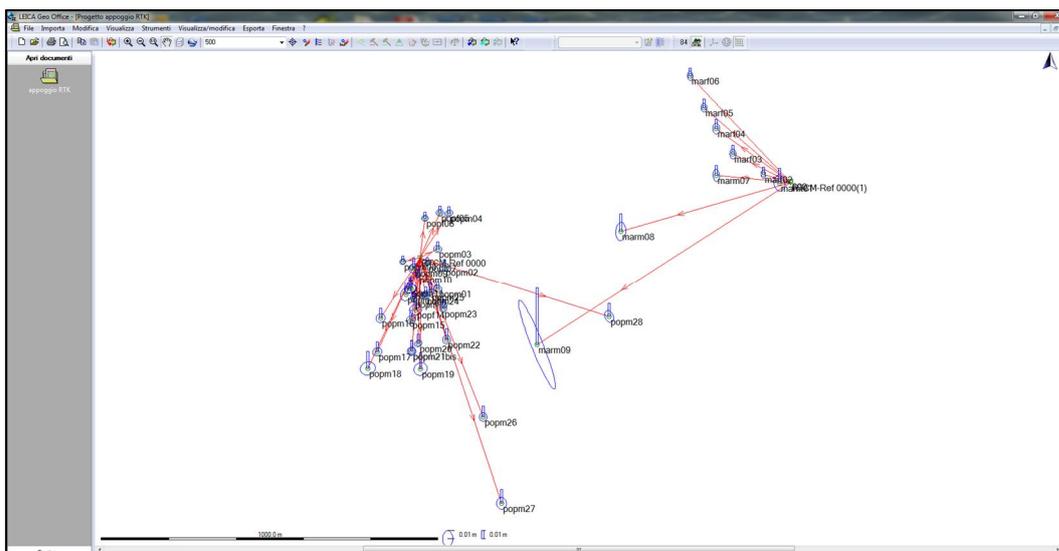


Figura 26\_Calcolo delle baseline e ellissi di errore (punti RTK-punti statico), rete completa.

## 5.2 Compensazione della rete topografica e utilizzo del software Starnet

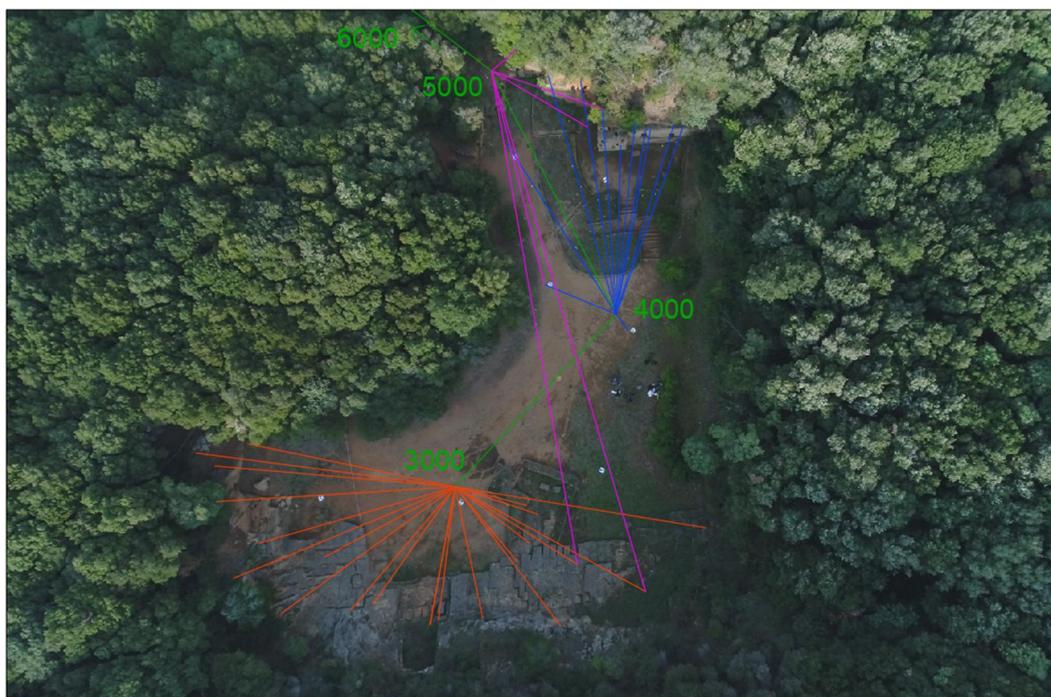
Una rete topografica è formata da un insieme di punti legati fra di loro tramite misurazioni di distanze e di angoli, azimutali e zenitali.

I punti che costituiscono la rete possono essere sia punti di stazione, le cui coordinate vengono ricavate tramite l'utilizzo dei sistemi GPS, sia punti misurati attraverso la stazione totale.

Nel caso specifico il ramo di poligonale è costituito dai punti di stazione rappresentati dai vertici (3000, 4000) e dai punti 5000 e 6000 misurati con tecnica classica (stazione totale) usando il metodo delle letture coniugate e ripetute su più strati.

Questi quattro vertici sono quindi stati utilizzati per la collimazione dei marker presenti nella zona della Necropoli delle Grotte.

Di seguito viene mostrato uno schema della poligonale originata e delle collimazioni operate (Figura 27)



*Figura 27\_Poligonalı calcolate presso la cava delle Grotte.*

Nella figura si possono osservare le misure di angoli e distanze calcolate tra i punti di stazione fissi, tali misure sono rappresentate da linee di colore verde, e collegano i punti 3000, 4000, 5000 e 6000 questo punto non rientra all'interno della figura (non visibile poiché si colloca all'interno della zona boschiva), ma è stato riportato in quanto presente all'interno della poligonale e visibile in Figura 28; oltre a queste stime si possono osservare le determinazioni delle distanze collimate a partire dai punti di stazione.

Le linee arancioni costituiscono le collimazioni che hanno come punto di partenza il vertice 3000, quelle blu hanno origine nel punto 4000 e infine quelle rosa hanno come genesi il vertice 5000.

Questo passaggio risulta fondamentale per poter georeferenziare la nuvola di punti creata tramite laser scanning, bisogna però considerare che le stime delle posizioni dei vertici possono essere soggette a errori di osservazione e devono quindi essere corrette andando a stimare gli errori attraverso la compensazione della rete stessa, questa può essere effettuata solo se in fase di analisi sono state ottenute delle osservazioni ridondanti.

Il metodo che permette la compensazione della rete è quello delle osservazioni indirette che sfrutta la legge dei minimi quadrati.

Le incognite da ricercare non sono le coordinate x, y, e z ma le correzioni da applicare a tali coordinate per ottenere le coordinate stesse, queste saranno ricercate tramite un metodo iterativo che porterà alla convergenza dei valori attraverso l'applicazione delle correzioni e utilizzando un opportuno algoritmo di calcolo.

La compensazione è stata effettuata tramite il software Star\*Net, il quale permette di inserire all'interno di un unico progetto misurazioni eterogenee, ottenute per esempio attraverso stazione totale, e GPS. Il programma restituisce i risultati in coordinate geodetiche e piane e l'ellisse d'errore<sup>32</sup> di tutti i vertici della rete.

Di seguito viene presentata una schermata del software che visualizza la rete topografica elaborata (Figura 28), nell'immagine si può osservare oltre alla poligonale anche le ellissi d'errore riferite ad ogni punto collimato.

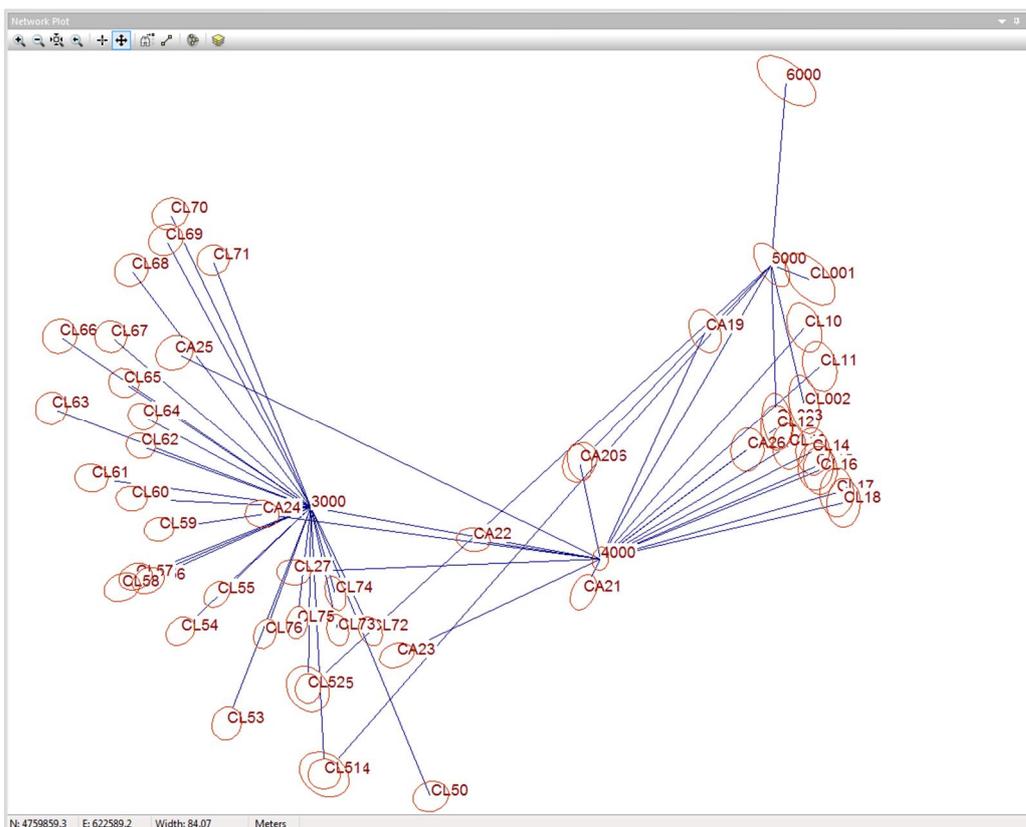


Figura 28\_Software Star\*Net, poligonale presso cava delle Grotte.

<sup>32</sup> L'ellisse d'errore risulta costituita dalle varianze  $\sigma_x^2$  e  $\sigma_y^2$  e dalle covarianze  $\sigma_{xy}$  e  $\sigma_{yx}$ .

I valori riferiti alle ellissi d'errore possono essere visualizzati nell' allegato 8: Report di calcolo della compensazione della rete topografica.

Dai risultati presenti nell'allegato sopra citato si può desumere che i residui siano accettabili in quanto inferiori a 1 cm (in questo caso occorre arrivare a un livello di dettaglio molto più elevato, scala 1:50).

## 5.3 Calcolo del modello altimetrico e ortofoto tramite software Agisoft Photoscan

---

Il software utilizzato per la ricostruzione tridimensionale dell'area di studio, che comprende la zona di Baratti e Populonia, si basa sulla tecnica SfM<sup>33</sup>, una tecnica fotogrammetrica che permette di creare un modello 3D dall'orientamento di immagini fotografiche bidimensionali "catturate" da diversi punti di vista, il tutto viene georeferenziato grazie all'utilizzo dei punti misurati a terra (GCP: ground control point) con tecnica GPS.

Il metodo SfM permette di ricostruire la struttura della superficie da restituire, attraverso il movimento della macchina fotografica e identifica, attraverso l'algoritmo SIFT, i punti in comune tra molteplici immagini, questi punti vengono chiamati *keypoint*. I punti chiave vengono successivamente utilizzati per allineare le foto, riconoscere la posizione della camera fotografica durante l'acquisizione di tutte le immagini e creare una nuvola sparsa di punti.

Infine tramite la posizione in movimento della camera e la nuvola sparsa di punti, è possibile generare una seconda nuvola di punti, questa volta di tipo "denso" e, inserendo la posizione nelle tre coordinate (x, y, z) dei marker, ottenute durante la fase di misura RTK e visualizzabili dalle immagini "catturate" dal drone, è possibile georeferenziare la nuvola di punti e creare l'ortofoto e il modello digitale di superficie (DDSM).

---

<sup>33</sup> **SfM**: Structure from Motion, è il processo di stima della struttura 3D di una scena da un insieme di immagini 2D.

Come è stato già detto quindi, ogni fase ha un'importanza determinante, in quanto gli errori vengono "trascinati" nei momenti successivi; in questo caso un posizionamento non corretto dei marker, l'utilizzo di punti di controllo troppo piccoli rispetto alla scala di acquisizione o con sfondi a tinta unita possono portare a sviluppi negativi, come ad esempio la scarsa visibilità del punto target dovuta a un posizionamento poco efficace per la presenza di vegetazione o altri elementi oscuranti, il posizionamento lineare o raggruppato che genera imprecisioni nella georeferenziazione, l'utilizzo di marker senza una trama distinta in quanto il programma ha difficoltà a riconoscerli a causa della distorsione dell'obiettivo e infine l'uso di immagini con una scala diversa da quella di indagine che può portare al mancato utilizzo delle stesse in quanto le dimensioni del marker potrebbero essere inferiori alla risoluzione delle immagini.

Un'importanza rilevante va assegnata alla fase stessa di acquisizione dei punti attraverso i ricevitori (come descritto nel paragrafo 4.2 ) per una corretta georeferenziazione del modello stesso.<sup>34</sup>

### 5.3.1 Scala di riferimento.

In fase di acquisizione è stato definito un GSD pari a  $6,2 \text{ cm/pixel}$  con una quota di volo di 191m.

Avendo noto che l'occhio umano percepisce una risoluzione geometrica di circa 300 Dpi si può valutare la dimensione massima che deve avere il GSD per elaborare una carta alla scala scelta attraverso la seguente formula:

$$d.\text{pixel} = \frac{25400}{300} = 84,67 \mu\text{m} \quad (5.3.1)$$

$$GSD, \text{max} = 84,67 \times 500 = 4,2 \text{ cm} \quad (5.3.2)$$

L'ortofoto ottenuta non permette una completa rappresentazione in scala 1:500 ma garantisce una risoluzione ben superiore a quella richiesta per una scala 1:1000.

---

<sup>34</sup> Shervais K., Dietrich J., Structure from Motion (SfM) Photogrammetry Data Exploration and Processing Manual.

Le precisioni ottenute sono coerenti con la scala 1:500. La scelta della scala di riferimento può essere inoltre ricavata dai valori definiti dal documento CISIS (Centro Interregionale di Coordinamento e Documentazione per le Informazioni Territoriali), denominato “Ortoimmagini e modelli altimetrici a grande scala”.

Il documento definisce dei livelli di modello altimetrico a cui corrispondono delle scale di riferimento. Avendo definito un GSD pari a 6.2 cm/pixel come si può vedere dalla Tabella 7 il passo definito in fase di acquisizione porta ad ottenere un livello di modello altimetrico intermedio tra il livello 8 e il livello 9.

Livello	Tipo	Passo (m)	$T_{H(a)}$ (m)	$T_{H(b)}$ (DEM) (m)	$T_{H(c)}$ (DSM) (m)	$T_{EN}$ (m)
0	DEM, DSM	40-100	30	30	30	20
1	DEM, DSM	20	10	20	10	10
2	DEM, DSM	20	4	½ al.m.al.	5	4
3	DEM, DSM	10	2	½ al.m.al.	3	2
4	DEM, DSM	5	0.60	1.20	0.80	0.60
5	DEM, DSM	2	0.40	0.80	0.54	0.40
6	DDEM, DDSM	1	0.60	1.20	0.80	0.60
7	DDEM, DDSM	0.50	0.30	0.60	0.40	0.30
8	DDEM, DDSM	0.10-0.20	0.20	0.30	0.26	0.20
9	DDEM, DDSM	0.05	0.15	0.30	0.20	0.10

Tabella 7\_ Tabella riassuntiva delle caratteristiche dei vari livelli di modelli altimetrici (in Parte III. Modelli altimetrici a grande e grandissima scala).

A questo livello di riferimento corrisponde quindi una scala pari a 1:1000 (come si può osservare dalla Tabella 8) sebbene si sia ottenuta una risoluzione ben superiore a quella richiesta per una scala 1:1000.

Livello modello altimetrico	Scala nominale carta numerica
1	1:25000
2	1:10000
3	1:5000
4	1:2000
5	1:1000
6	1:2000
7	1:1000
8	1:500
9	1:500

Tabella 8\_Relazione tra scala della cartografia e i livelli di modello altimetrico (in Parte III. Modelli altimetrici a grande e grandissima scala).

### 5.3.2 Elaborazione dei voli realizzati mediante drone ad ala fissa Ebee

Il software Agisoft Photoscan è stato utilizzato per elaborare le immagini aeree ottenute tramite il drone Ebee precedentemente descritto. Di seguito viene presentata la procedura operativa che è stata utilizzata per l'elaborazione e successivamente l'esportazione di nuvole dense di punti, modelli digitali di superfici e ortofoto (Figura 29).

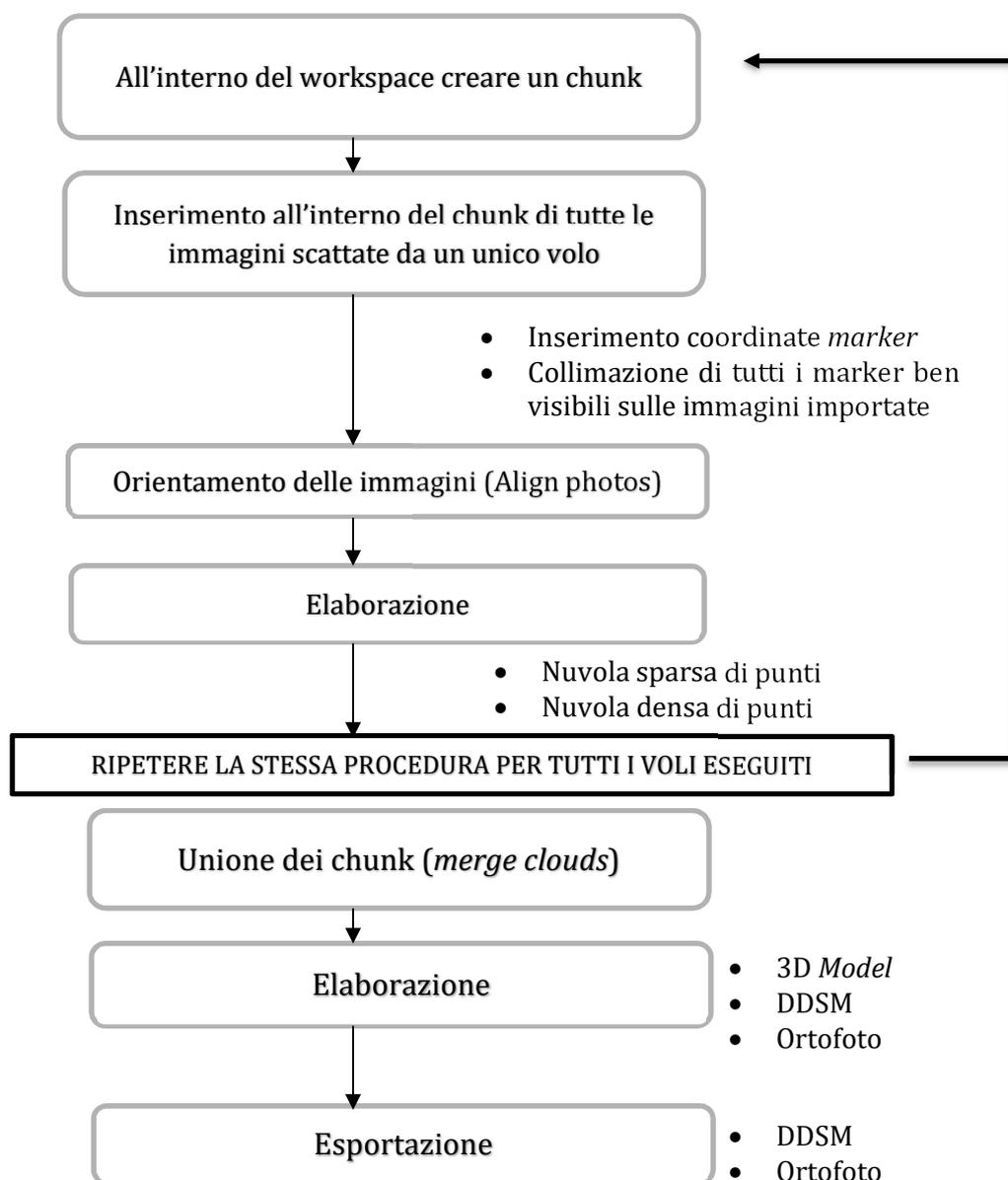


Figura 29\_Procedura operativa elaborazione dati tramite software Photoscan.

Nel caso specifico le immagini del drone Ebee sono state utilizzate solamente per l'estrazione del DDSM (*Digital Dense Surface Model*) e dell'ortofoto.

Inserite le immagini all'interno del *workflow* è possibile ottimizzare il processo di generazione del modello eliminando le foto eccessivamente sfocate, facendo sempre attenzione a mantenere la giusta percentuale di sovrapposizione per la creazione del prototipo. Il primo passo è dunque quello di orientare le foto, quest'elaborazione ha come risultato la generazione di una nuvola sparsa e la localizzazione dei punti di presa, ricavati attraverso l'utilizzo dell'algoritmo SIFT.

Il modello può essere integrato con i punti di controllo a terra inseriti utilizzando coordinate WGS84 e altezza geodetica; sarà quindi necessario associare le coordinate dei punti ai marker visualizzabili nelle immagini aeree.

Inseriti i punti e ottimizzato l'allineamento è possibile controllare la stima degli errori sui punti di controllo calcolata mediante il principio dei minimi quadrati, in cui *"in un sistema di osservazioni dello stesso ordine di precisione, il valore più probabile  $X_0$  è quello che rende minima la somma dei quadrati degli scarti delle singole osservazioni  $X_i$  da  $X_0$ "*. Il programma fornisce inoltre un errore totale, è stata quindi una prerogativa di questo lavoro ottenere un modello che riportasse degli errori massimi inferiore alla precisione della scala di riferimento (20 cm). Di seguito viene mostrata una rappresentazione del procedimento enunciato sopra (Figura 30, Figura 31 e Figura 32).

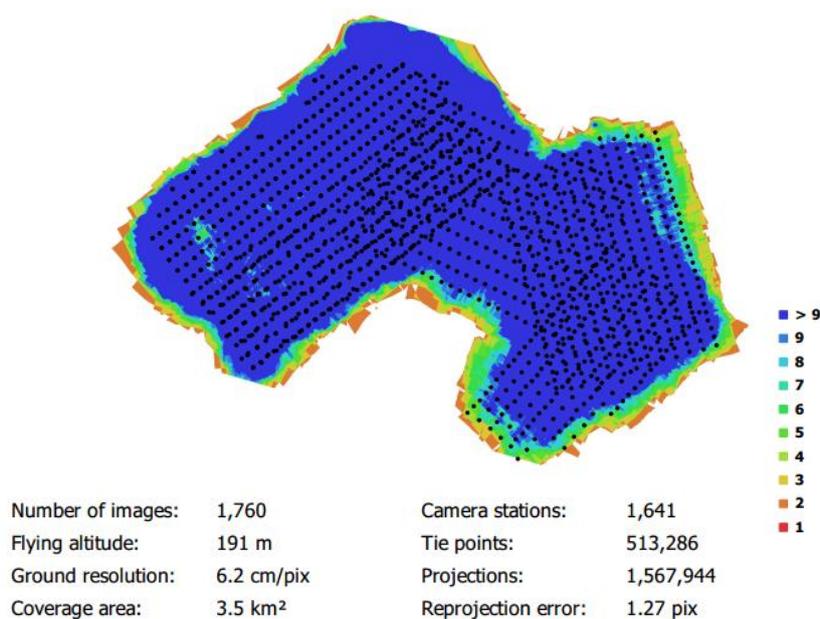


Figura 30\_Posizione della camera e sovrapposizioni delle immagini.



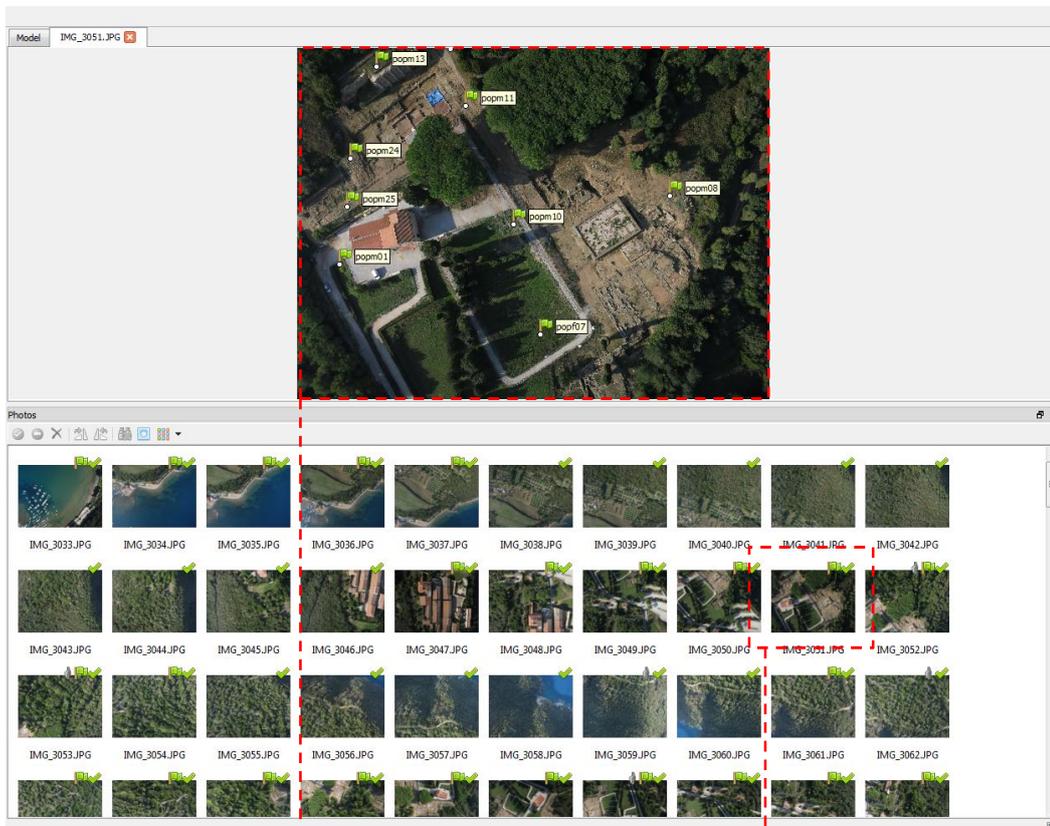


Figura 32\_Regione riferita al posizionamento dei marker sull'immagine aerea.

L'immagine mostra in alto la schermata di progetto del programma Agisoft Photoscan, i due riquadri in basso evidenziano a sinistra un'immagine a cui sono stati associati i relativi punti target e a destra l'anteprima, riferita alla stessa immagine in cui la spunta verde indica che tutti i marker sono stati posizionati.

Gli elaborati definitivi con i residui corretti possono essere visualizzabili nell' Allegato 9: Report delle elaborazioni da software Agisoft Photoscan.

Successivamente si procede creando la nuvola densa di punti (Figura 33), tra gli aspetti importanti di questa fase è presente la necessità di eliminare i punti che si collocano all'esterno della regione di interesse oppure classificare i punti in categorie quali ad esempio punti a terra o punti di vegetazione; in questo modo è possibile eliminare i punti appartenenti alla vegetazione mettendo in evidenza i punti del terreno.

Nel caso specifico si è scelto di non operare questa scelta in quanto la vegetazione, essendo molto fitta, genererebbe dei "gap" nel modello.



*Figura 33\_Nuvola densa di punti generata tramite software Agisoft Photoscan.*

Queste fasi vengono ripetute per tutti i voli compiuti dal drone e infine viene creata un'unica maglia per generare il modello finito (Figura 34).

Attraverso l'utilizzo del software è stato inoltre possibile generare l'ortofoto e il modello DDSM.

Dopo aver eseguito tutti i passaggi appena discussi è stato generato prima il DDSM con dimensione di 7cm/pixel e poi sulla base del DDSM è stata prodotta l'ortofoto sempre con la stessa dimensione.

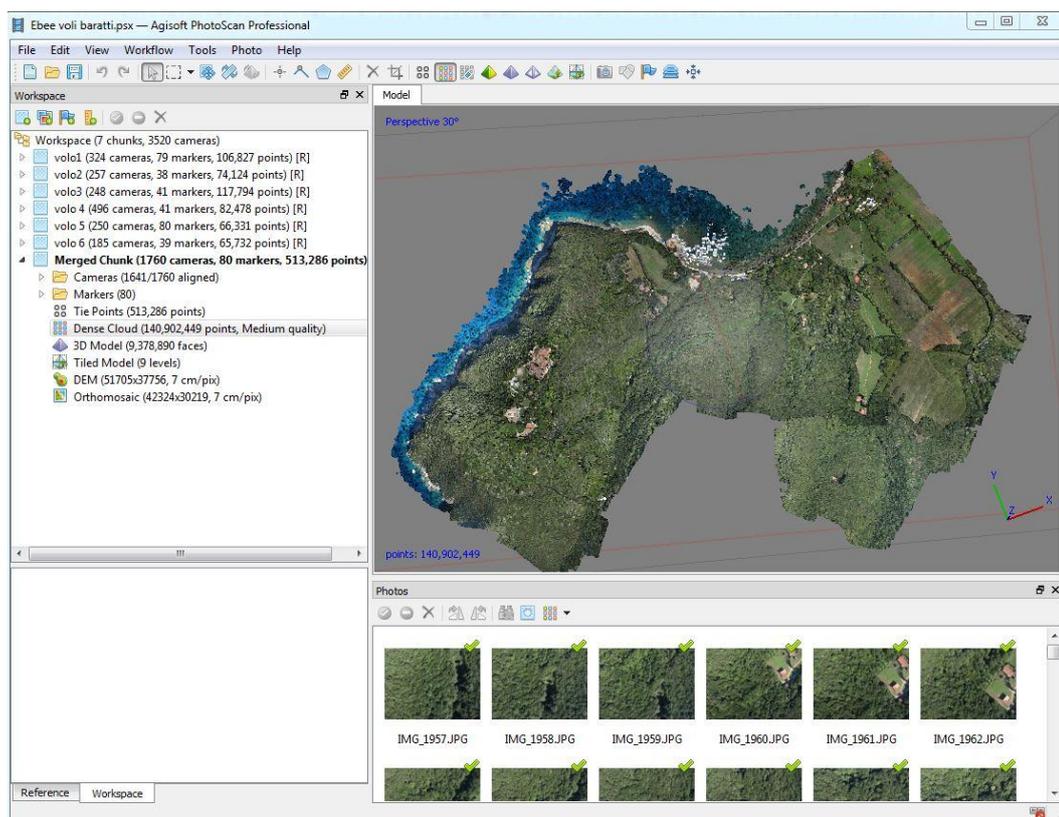


Figura 34\_Photoscan: modelli uniti.

Va specificato inoltre che sebbene il GSD originario fosse pari a 6.2 cm/pixel il DDSM e l'ortofoto sono stati elaborati con un GSD pari a 7 cm/pixel che comunque rientra ampiamente nella scala di riferimento scelta.

Si procede quindi con le elaborazioni del modello altimetrico di superficie. Nell'immagine seguente (Figura 35) si può esaminare il modello generato, la diversa colorazione definisce la correlazione con l'altitudine.

Come si può facilmente osservare una zona del modello presenta un'altitudine inferiore allo 0, questo errore è dovuto alla difficoltà del software di trovare punti omologhi e generare questo tipo di superfici in zone in continuo movimento e con superfici riflettenti come in questo caso è stato il mare.

Si è dovuto quindi, utilizzando direttamente le *tools* del software ArcGis, modificare manualmente il DDSM portando a quota 0 tutta l'area che rappresenta la zona marina e mantenendo invariate tutte le altre quote (Figura 36).

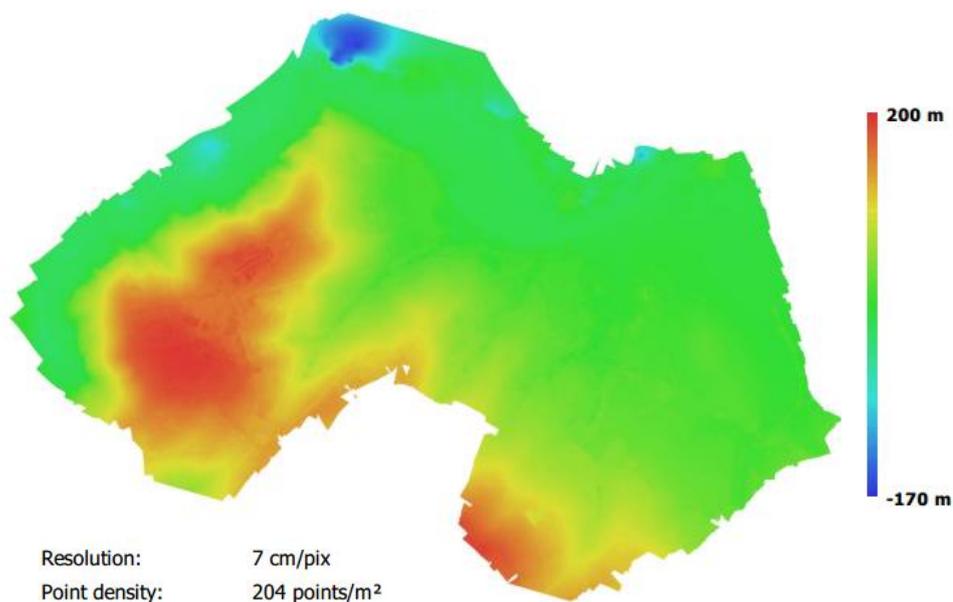


Figura 35\_Ricostruzione del digital elevation model.

In seguito, essendo state eseguite delle traslazioni sulle coordinate originarie per velocizzare le elaborazioni del software, l'ultima operazione da attuare per poter utilizzare correttamente entrambi i dati all'interno del nuovo prototipo è stata quella di georeferenziare DDSM e ortofoto portandole dalle coordinate locali (definite dalle traslazioni -620'000 in x e - 4'759'000 in y) alle coordinate riferite al sistema di riferimento WGS 1984.

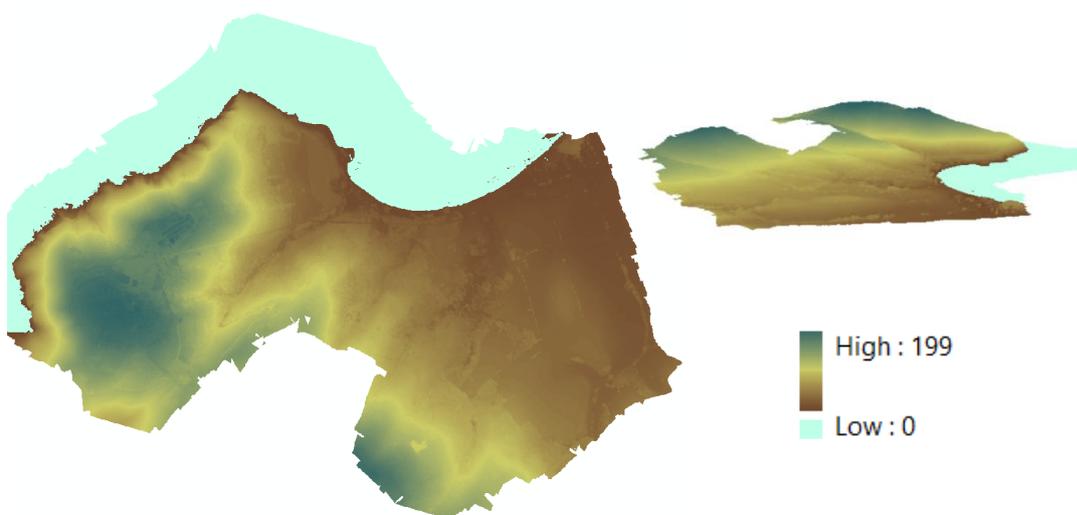


Figura 36\_Riclassificazione del DDSM con quote corrette.

## 5.4 Elaborazione delle nuvole LIDAR

---

Il software Scene permette di processare e rielaborare nuvole di punti tridimensionali, lavorando con dati di scansioni 3D ottenute da laser scanner ad alta definizione.

Il programma garantisce un'alta efficienza e numerose funzioni che permettono di filtrare e riconoscere gli oggetti in modo automatico, inoltre permette di registrare e colorare automaticamente le scansioni.

È altresì possibile condividere i progetti di scansione pubblicandoli e visionandoli su internet utilizzando la piattaforma *Scene WebShare Cloud*.

Le nuvole vengono allineate tramite un posizionamento automatico per forma operato dal software, vengono poi fornite le coordinate dei target per georiferire la nuvola complessiva.

Successivamente, avendo un numero elevato di scansioni, si è preferito caricarne e allinearne una decina per volta per proseguire con l'allineamento per blocchi; di seguito vengono illustrate due schermate del programma, una raffigurante la fase di allineamento delle scansioni (Figura 37) e la seconda rappresentate la nuvola di punti generata (Figura 38).

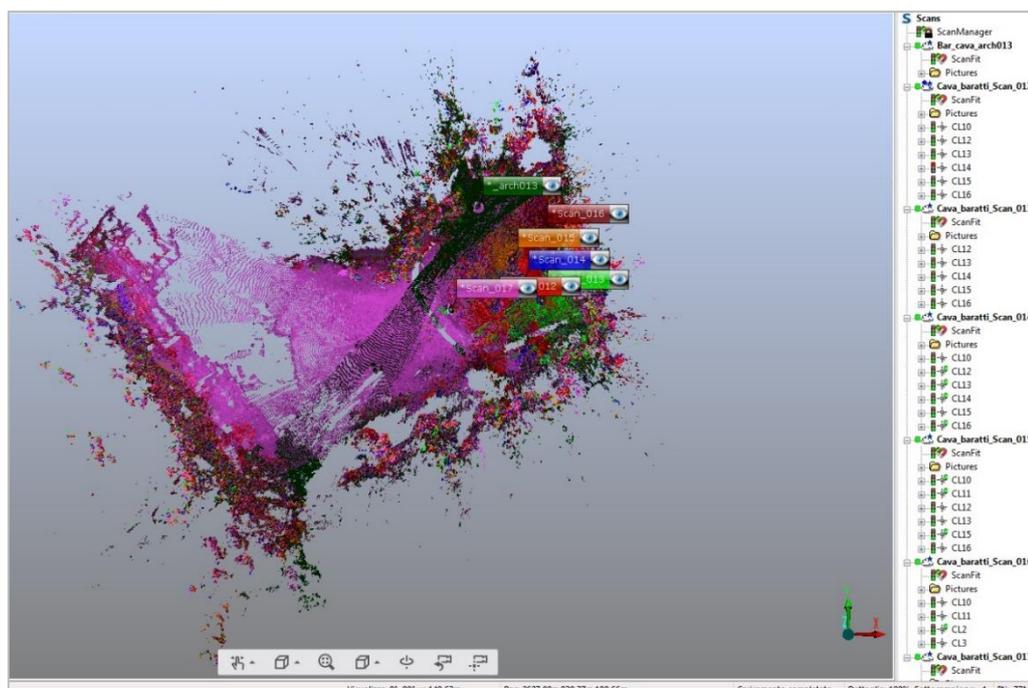


Figura 37\_Fase di allineamento delle scansioni, eseguito tramite software Scene.

I residui riferiti ai punti dei *target* possono essere visualizzati nell'allegato10: Report delle elaborazioni tramite *software*. I residui risultano essere accettabili in quanto i residui risultano essere inferiori a 1 cm (in questo caso occorre arrivare a un livello di dettaglio molto più elevato, scala 1:50).

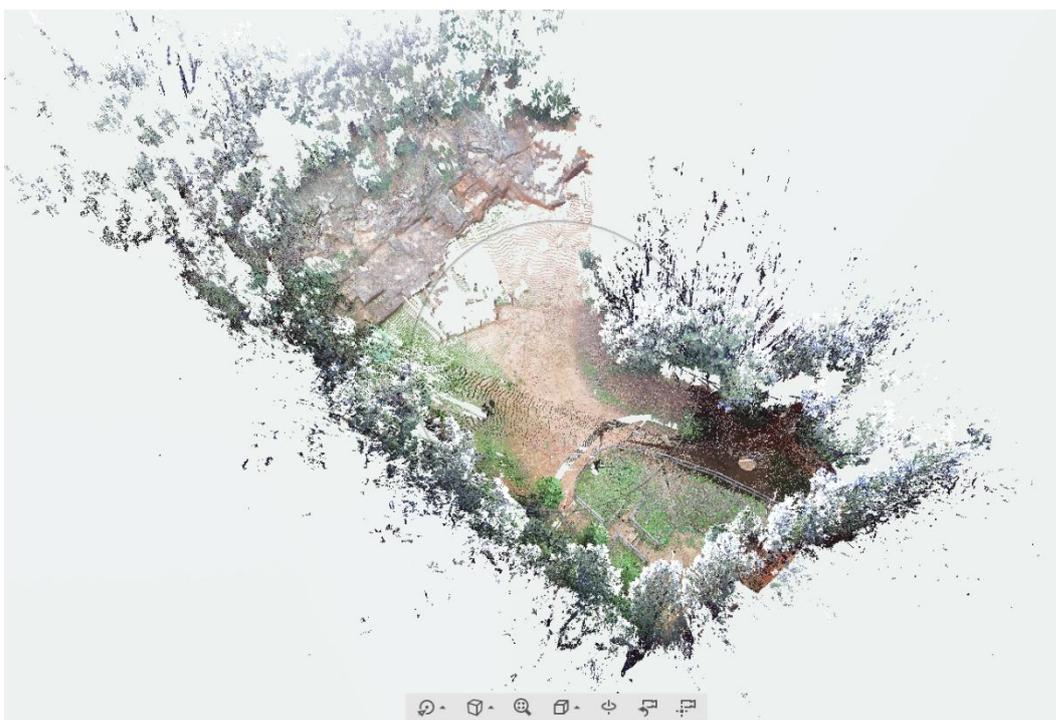


Figura 38\_ Elaborazione di una nuvola densa di punti tramite software Scene.

#### 5.4.1 Confronto tra i risultati ottenuti nei blocchi di scansioni

Sebbene sia stato riportato un solo esempio tra le operazioni di scansione laser effettuate ed elaborate, si può affermare che il metodo di lavoro risulta il medesimo per tutte le operazioni eseguite durante il rilievo e che si sono presentate alcune discordanze tra i lavori compiuti, dovute a motivazioni quali: morfologie del territorio, numero e posizionamento delle scansioni, precisione di compensazione della rete geodetica e errori umani.

Questo ha portato all'esclusione della nuvola di punti calcolata sul sentiero posto nelle vicinanze della cava, dopo alcuni tentativi di elaborazione.

La decisione di questa eliminazione è stata presa in quanto la presenza di vento e di continui piccoli movimenti dei marker hanno generato errori grossolani nelle misure dei target e discontinuità nella nuvola di punti originata.

---

## 6. PROGETTAZIONE DI UN GIS PER IL PARCO ARCHEOLOGICO

---

L'obiettivo alla base di questo progetto di tesi è stato quello di progettare un GIS che permettesse di visualizzare, analizzare e interpretare i dati raccolti nella campagna di rilievo in un modello visualizzabile direttamente sul web e partendo da un'analisi operate sui dati offerti gratuitamente dal sito della regione Toscana.

Sarà quindi fondamentale descrivere le principali caratteristiche dei GIS<sup>35</sup> per comprendere come questi dati siano stati gestiti ed elaborati.

I GIS prevedono come componenti primarie una base cartografica (di tipo raster o vettoriale), una banca di dati e un software in grado di gestirli.

Deve essere inoltre definito un sistema di riferimento, degli attributi che definiscano le caratteristiche degli oggetti<sup>36</sup> all'interno del sistema e delle relazioni spaziali tra gli oggetti che popolano il GIS.

L'insieme dei dati che caratterizzano questi sistemi informativi possono essere di diversi tipi:

- | Dati geometrici: questi tipi di dati si suddividono ancora in *raster* e *vettoriali*. I dati raster sono definiti in base alla cella della matrice dell'immagine, che viene caratterizzata da un numero digitale che ne definisce il colore (in toni di grigio); in questo caso le informazioni che possono essere desunte dal dato sono lasciate all'utente che vede e interpreta il dato. I dati vettoriali sono divisi in punti, linee e aree (definite attraverso una polilinea chiusa), in questo caso le informazioni, come possono essere ad esempio le coordinate dei vertici di un oggetto, vengono fornite direttamente dal programma;
- | Dati descrittivi: rappresentate da tabelle che definiscono un archivio razionale di dati;

---

<sup>35</sup> **GIS**: Geographical Information System, rappresenta un sistema informativo che si basa su tecniche in grado di raccogliere, memorizzare, gestire, modellizzare, analizzare e presentare in forma digitale dati georeferenziati.

<sup>36</sup> Il termine **oggetto** nella cartografia numerica indica un qualsiasi elemento naturale o artificiale che non sia divisibile ulteriormente

- | Dati descrittivi dei dati: detti anche metadati, hanno scopo di descrivere caratteristiche di altri elementi. Un esempio possono essere proprietà quali precisione, livello di aggiornamento, sistema di riferimento ecc..<sup>37</sup>

Anche nella progettazione di un GIS ci sono diverse fasi che devono essere seguite e verificate nella loro correttezza.

Tali processi porteranno l'elaboratore dalla realtà del territorio come lo conosciamo a un modello informatico che fornisca informazioni e gestisca dati riguardanti la medesima area.

La prima fase sarà la definizione di un *modello della realtà per l'applicazione*. La realtà in generale è troppo complessa, in questa prima fase lo scopo sarà quindi quello di semplificare il mondo esterno (o la parte di territorio che si vuole analizzare) e definire gli oggetti che caratterizzeranno il modello informativo che si vuole progettare.

La seconda fase ha come obiettivo la produzione di un *modello concettuale*, il quale rappresenta una descrizione formale della realtà semplificata.

Il modello concettuale è caratterizzato da:

- | Entità: le rappresentazioni cartografiche di oggetti del mondo reale, può essere caratterizzata da poligoni (aree chiuse), linee aperte oppure punti;
- | Attributi: costituiscono le proprietà che qualificano le entità;
- | Identificativo: l'attributo che permette di identificare univocamente un'entità;
- | Associazioni: compongono le relazioni tra le varie entità.

Il modello concettuale sarà quindi realizzato inserendo tutte le entità che compongono il sistema e le relazioni che ne definiscono i legami. Ogni relazione sarà inoltre caratterizzata dalle cardinalità, che rappresentano il numero di volte che l'associazione può presentarsi tra le entità che lega.

Nell'esempio in Figura 39 sono state definite due entità, *Ambiti provinciali* e *Area di limite amministrativo*.

---

<sup>37</sup> Dispense di Cartografia numerica e GIS prof. Andrea Maria Lingua a.a. 2016/2017.

L'identificativo della prima entità è rappresentato dal codice della provincia, quello della seconda dal termine *Record* (codice univoco dell'entità).

L'associazione tra le due entità vuole comunicare che ogni ambito provinciale può delimitare da 1 a n aree di limite amministrativo mentre ogni area di limite amministrativo può essere delimitata da uno e un solo ambito provinciale.

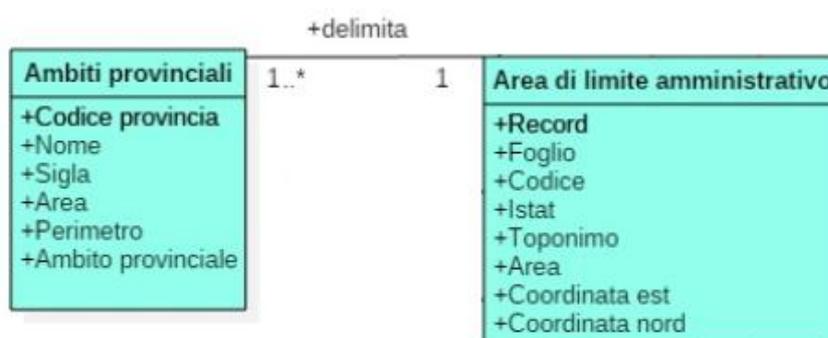


Figura 39\_Esempio di associazione tra entità.

La fase successiva al modello concettuale è la definizione di un modello logico definito come una struttura di dati che possa essere tradotta in un linguaggio compreso dal software.

All'interno del modello logico vengono indicati il tipo di entità (punto, linea o poligono), le modalità di memorizzazione dei dati (string, integer, float ecc.) e i collegamenti logici tra le entità, operati utilizzando gli attributi comuni.

Quest'ultimo modello sarà poi implementato sul calcolatore traducendolo in un linguaggio macchina, saranno qui categorizzati le entità definite nelle fasi precedenti e definiti i collegamenti tra queste. I collegamenti tra le entità potranno essere di due tipi:

- | Join: il collegamento di tipo join permette correlazione del genere *uno a uno* o *molti a uno*. Questo tipo di operatore appesantisce il software in quanto crea una copia di una tabella in una seconda, senza eliminarne il contenuto nella prima, risulta quindi una sovrascrittura inutile per lo scopo di questo lavoro.
- | Relate: in questo caso i collegamenti sono del tipo *uno a molti* e sono stati utilizzati per le entità, collegate, inserite all'interno del modello GIS. Questa operazione ha permesso, interrogando un'entità, di visualizzare a video tutte le informazioni fornite dalle entità a cui questa è stata collegata. È da

sottolineare il fatto che sebbene il Relate sia studiato per collegamenti uno a molti in questo è stato utilizzato anche per i collegamenti *uno a uno*.

Come detto in precedenza i GIS permettono di organizzare dati e renderli disponibili a più persone, per far questo sarà necessario un software in grado di interagire con questi elementi.

Il software utilizzato in questo lavoro di tesi è stato ArcGIS 10.3, utilizzato per la progettazione e il suo sviluppo nelle tre dimensioni.

Questo programma utilizza un formato di dati chiamato *shapefile*, che a sua volta è composto da 3 tipologie di file indispensabili più una aggiuntiva (*.prj*):

- | *file.dbf* formato contenente gli attributi descrittivi in formato dBase;
- | *file.shp* estensione delle informazioni geometriche (rappresenta il disegno che l'utente può vedere);
- | *file.shx* formato contenente i metadati relativi ai due file precedenti;
- | *file.prj* racchiude tutte le informazioni sulla georeferenziazione del dato (proiezione geografica).

## 6.1 Normativa di riferimento per la realizzazione e condivisione di dati spaziali

---

Il tema delle infrastrutture territoriali ha come riferimento l'atto identificato con il nome INSPIRE (infrastructure for spatial information in Europe), direttiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo e del consiglio del 14 marzo 2007.

L'obiettivo del documento è quello di realizzare delle infrastrutture di dati territoriali nella comunità europea.

La direttiva Inspire si basa sull'interoperabilità delle infrastrutture di dati spaziali degli Stati membri ed è entrata ufficialmente in vigore il 15 maggio del 2007, in Italia viene recepita con il D.Lgs 32/2010, il cui proposito è quello di definire un quadro giuridico per l'attivazione di un infrastruttura per l'informazione territoriale nei campi della politica ambientale, agricoltura, trasporti, energia, ecc..

Ogni stato deve dunque mettere a disposizione dati geografici, metadati<sup>38</sup> (sia di dati che di servizi) e servizi (*web service*).

Un esempio degli elementi che devono essere messi a disposizione possono essere sistemi di coordinate, griglie geografiche, toponimi, unità amministrative, indirizzi, particelle catastali e molto altro.

Inoltre vengono definite delle *implementing rules* per l'interoperabilità dei servizi e per armonizzare le informazioni geografiche; tutto questo viene gestito dall'ISPRA che rappresenta una struttura di coordinamento tecnico, la quale raccoglie e integra gli elementi informativi resi disponibili dalle autorità pubbliche.

### **6.1.1** *Direttiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio*

Il documento, come detto nel paragrafo precedente *“istituisce un’infrastruttura per l’informazione territoriale nella Comunità Europea [...]”*.

Alla base di questa direttiva vi è la presa di coscienza della necessità di elevare il livello di tutela ambientale, avendo ben chiare le diversità che caratterizzano gli Stati membri; questo tipo di informazioni sono quindi indispensabili per poter attuare disposizioni di protezione per l'ambiente.

Per poter realizzare questi ordinamenti è necessario *“[...] istituire misure di coordinamento tra gli utilizzatori e i fornitori delle informazioni, per poter combinare le informazioni e le conoscenze disponibili in vari settori diversi”*<sup>39</sup>. Tenendo presente gli obiettivi, vengono prese in considerazione le problematiche derivanti dalla necessità di integrare un così elevato numero di informazioni.

Queste difficoltà derivano proprio dalla disponibilità di questi dati, dalla loro qualità, dall'organizzazione in un unico “archivio” e dal metodo di condivisione degli stessi verso le diverse tipologie di utenze.

Per superare questo tipo di criticità sono state operate *“[...] misure in materia di scambio, condivisione, accesso e utilizzo di dati territoriali e di servizi relativi ai dati*

---

<sup>38</sup> **Metadati:** Informazioni che descrivono i set di dati territoriali e i servizi ad essi relativi e che consentono di ricercare, repertoriare e utilizzare i dati e i servizi.

<sup>39</sup> Direttiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 14 marzo 2007, che istituisce un’infrastruttura per l’informazione territoriale nella Comunità Europea (INSPIRE), Gazzetta ufficiale dell’Unione Europea, pp. 1-3.

*territoriali interoperabili tra i vari livelli dell'amministrazione pubblica e tra i vari settori.”<sup>40</sup>*

Da questo punto di partenza si è disposta la necessità di istituire una struttura che gestisse tutte le informazioni di ambito territoriale circoscritte a livello comunitario. INSPIRE definisce quindi delle regole connesse ai provvedimenti e alle operazioni che possono avere un impatto ambientale di tipo diretto o indiretto.

Tra le pratiche sancite dalla direttiva vi è la necessità di archiviare, conservare e condividere i dati acquisiti nel modo più idoneo, permettendo quindi la fruizione dei dati raccolti da un'amministrazione pubblica all'altra caratterizzate da livelli equiparati.

Questo scambio di informazioni porterà un valore aggiunto alle altre iniziative europee e le informazioni potranno essere sfruttate vicendevolmente.

Ne è un esempio la possibilità di usufruire dei dati e dei servizi ottenuti sia da Galileo che da GMES<sup>41</sup>, una volta che questi siano resi disponibili.

Indispensabili per il conseguimento dell'interoperabilità delle informazioni sono i servizi di rete, i quali devono consentire di ricercare, convertire, consultare e scaricare i dati.

La direttiva afferma quindi che *“L'esperienza acquisita negli Stati membri ha dimostrato quanto sia importante, per il successo di un'infrastruttura per l'informazione territoriale, fornire gratuitamente al pubblico un numero minimo di servizi. Gli Stati membri dovrebbero pertanto mettere a disposizione, a titolo gratuito, almeno i servizi di ricerca e, nel rispetto di certe specifiche condizioni, i servizi di consultazione dei set di dati territoriali”<sup>42</sup>.*

Viene successivamente fatto riferimento all'introduzione, per ogni stato membro, di un geoportale che possa favorire l'integrazione delle infrastrutture sia a livello nazionale che comunitario; inoltre questo tipo di provvedimento ha anche lo scopo di incentivare i terzi a sviluppare servizi sia per le amministrazioni pubbliche che per il pubblico, proprio grazie a un utilizzo e condivisione agevolata di dati.<sup>43</sup>

---

<sup>40</sup> Ibidem.

<sup>41</sup> **GMES** (Global Monitoring for Environment and Security) detto anche Copernicus è un programma europeo per l'istituzione di una operazione europea per l'osservazione della terra.

<sup>42</sup> Direttiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 14 marzo 2007, che istituisce un'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità Europea (INSPIRE), Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea, pp. 1-3.

<sup>43</sup> Ibidem.

### 6.1.2 Decreto Legislativo 27 gennaio 2010, n.32

Come riporta l'articolo 1 del suddetto Decreto Legislativo, questo documento “[...] è finalizzato alla realizzazione di una infrastruttura nazionale per l'informazione territoriale e del monitoraggio ambientale che consenta allo Stato italiano di partecipare all'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità europea, di seguito INSPIRE, per gli scopi delle politiche ambientali e delle politiche o delle attività che possono avere ripercussioni sull'ambiente.”<sup>44</sup>

Vengono quindi stabilite le principali regole da seguire per lo scambio, l'accesso, la condivisione e l'utilizzazione dei dati, tra le realtà regionali e locali.

Queste norme saranno applicate ai dati disponibili in formato elettronico e detenuti da un'autorità pubblica o da terzi che svolgano attività che possano generare reazioni sull'ambiente. L'infrastruttura garantita a livello nazionale deve quindi essere composta da:

- | I metadati, i dati territoriali e i servizi di monitoraggio;
- | I servizi di rete e le relative tecnologie;
- | L'elenco delle autorità pubbliche responsabili;
- | L'indice dei cataloghi pubblici dell'informazione ambientale;
- | I regolamenti riferiti alla condivisione e all'accesso dei dati;
- | I meccanismi di monitoraggio.

Il decreto definisce anche la necessità di creare un repertorio di carattere nazionale contenente i dati territoriali e i corrispondenti servizi, questi devono essere gestiti da autorità competenti, accertati ed aggiornati ogni sei mesi.

I dati devono altresì essere coerenti alle disposizioni adottate a livello comunitario e devono essere coerenti nelle zone di confine tra l'Italia e i paesi limitrofi, sarà quindi compito dell'istituto Superiore per la Produzione e la Ricerca Ambientale (ISPRA, paragrafo 6.1.2.2 a p. 83) attuare le procedure necessaria per garantire una corretta rappresentazione dei dati nelle suddette aree.

Le autorità competenti si impegneranno inoltre a rendere disponibili servizi di ricerca che consentano di eseguire operazioni quali navigazione, visualizzazione con relativa variazione della scala e della porzione del territorio inquadrato, oltre alle

---

<sup>44</sup> D.lgs. 27 gennaio 2010, n.32, Attuazione della direttiva 2007/2/CE, Supplemento ordinario n.47/L alla GAZZETTA UFFICIALE, art. 1, p. 2.

informazioni relative ai metadati, il cui accesso deve essere garantito a tutti gli utenti; gli utilizzatori potranno inoltre, dove possibile, scaricare e convertire i dati.<sup>45</sup>

#### *6.1.2.1 Geoportale nazionale*

Il decreto definisce la costituzione di un portale cartografico nazionale denominato più precisamente Geoportale nazionale, il quale deve consentire a chiunque, sia ai soggetti pubblici che a quelli privati, l'accesso ai servizi di rete, che comprendono quindi la visione di tutti i dati ottenuti a livello nazionale e delle operazioni di consultazione, scaricamento e conversione disponibili.

Il portale dovrà garantire inoltre l'accesso ai cataloghi delle autorità pubbliche e alla rete SINAnet. Sarà inoltre compito del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare lo sviluppo di tale portale, ricorrendo se necessario all'aiuto dell'istituto Superiore per la Produzione e la Ricerca Ambientale.<sup>46</sup>

#### *6.1.2.2 Istituto Superiore per la Produzione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)*

L'ISPRA è un ente che gestisce le attività di monitoraggio e rendicontazione dei set di dati territoriali e di quelli relativi ai servizi, rappresenta inoltre la struttura di coordinamento e di raccordo con le osservazioni della rete europea, cooperando con il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare.

L'ISPRA in aggiunta, previa valutazione della correttezza e della possibilità di pubblicazione dei dati provenienti da autorità pubbliche, gestisce l'integrazione delle informazioni acquisite all'interno del Sistema informativo nazionale ambientale (S.I.N.A.) che fornisce come mezzo di tramite per le utenze il sito SINAnet (Figura 40). Per contro, le autorità pubbliche dovranno rendersi disponibili a fornire i dati necessari a garantire l'interoperabilità e il monitoraggio ambientale.<sup>47</sup>

---

<sup>45</sup> D.lgs. 27 gennaio 2010, n.32, Attuazione della direttiva 2007/2/CE, Supplemento ordinario n.47/L alla GAZZETTA UFFICIALE.

<sup>46</sup> D.lgs. 27 gennaio 2010, n.32, Attuazione della direttiva 2007/2/CE, Supplemento ordinario n.47/L alla GAZZETTA UFFICIALE, art. 8 p. 7.

<sup>47</sup> D.lgs. 27 gennaio 2010, n.32, Attuazione della direttiva 2007/2/CE, Supplemento ordinario n.47/L alla GAZZETTA UFFICIALE art. 3-7-12, pp. 3-12.



Figura 40\_Estratto del sito ISPRA, [www.sinanet.isprambiente.it](http://www.sinanet.isprambiente.it)

## 6.2 GIS a livello territoriale

Come è stato detto nei paragrafi precedenti, la buona regola di esercizio prevede la definizione dei modelli da quello più generale e complesso, il modello della realtà come la conosciamo, fino a quello più particolare e semplificato, il prototipo che il calcolatore riesce a “leggere”.

Nel caso specifico si è deciso invece di valutare i dati disponibili dalla regione e operare una prima analisi del territorio con quelli, per poi decidere come procedere per la definizione del prototipo per la visualizzazione web del parco.

In seguito si è stabilito di utilizzarne una parte per poter effettuare delle analisi tramite la categorizzazione dei dati stessi e di adoperare altri dati per l’elaborazione del prototipo vero e proprio.

### 6.2.1 Modello della realtà per l’applicazione

Attraverso i dati ottenuti dal geoportale della regione Toscana, si è potuto operare una categorizzazione degli stessi dati in base agli attributi più significativi contenuti all’interno delle entità visionate. Questa operazione ha permesso di eseguire un’analisi sullo sviluppo del suolo e dell’abitato nell’area del parco archeologico e nelle zone limitrofe.

L'insieme di queste analisi e delle informazioni fornite del capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e nei paragrafi pertinenti illustrano con chiarezza il modello reale dell'area oggetto di studio. Nel paragrafo successivo si definiranno quindi solamente le semplificazioni adottate nella definizione del sistema informativo.

Il sistema del parco si colloca nella provincia di Livorno e più precisamente nel comune di Piombino, confinante con i comuni di Follonica, Campiglia Marittima e San Vincenzo. L'area verde ha un'estensione di 12'871'029 m<sup>2</sup>, si affaccia sul mar Tirreno e presenta altitudini che vanno dalla quota 0 nelle vicinanze del mare, fino alla quota di 275m che si raggiunge nel cuore dell'area boschiva.

Uno dei punti a quota altimetrica maggiore si riscontra anche in uno dei due urbanizzati presenti nel territorio che si innalza di 175m dal livello del mare. I due tessuti urbanizzati presenti nell'area considerata sono quelli di Baratti e Populonia.

Per quanto riguarda l'aspetto morfologico la zona è caratterizzata dalla presenza di colline metallifere che si estendono per tutta la parte centro occidentale della regione Toscana, la porzione più a nord del parco è contraddistinta da colline toscane dure con versanti ripidi sulle unità toscane, mentre quella più a sud da colline ligure dure con versanti ripidi sulle unità liguri.

Sono inoltre presenti complessi colturali diversificati a maglia fitta situati sulle pianure e sulle prime pendici collinari e seminativi semplificati posizionati sulla pianura e a fondovalle.

Per quanto concerne l'uso del suolo il geoportale fornisce dei dati che mostrano i vari cambiamenti negli anni 1978, 2007, 2010, 2013.

Di seguito viene mostrata un'immagine (Figura 41) raffigurante le categorizzazioni di utilizzo del suolo del 1978 (figura di sinistra) e del 2013 (figura di destra). Osservando l'analisi del 1978, l'area è prevalentemente ricoperta da bosco ceduo a copertura densa e rada.

Sono presenti appezzamenti di oliveti e seminati semplici, piccole aree urbanizzate e affioramenti rocciosi lungo la costa.

La classificazione cambia con l'analisi del 2013 dove si può osservare come la zona risulti quasi totalmente ricoperta da boschi di latifoglie e aree boschive in evoluzione, rimangono pressoché invariate le aree urbane e ragionevolmente anche la zona

costiera mentre si può osservare lo sviluppo di nuove aree sportive e ricreative e piccole aree verdi urbane.

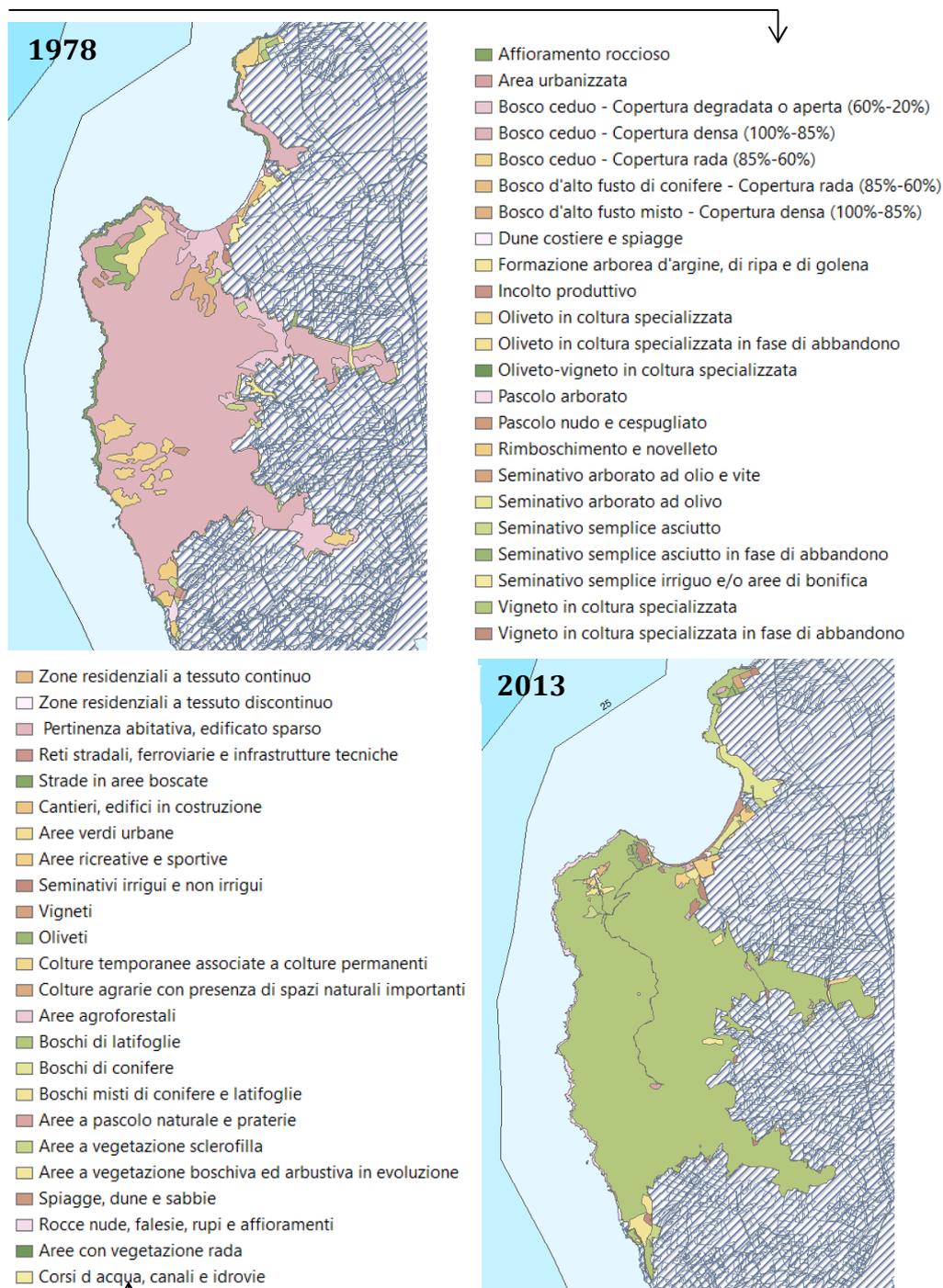


Figura 41\_Categorizzazione di utilizzo del suolo (Sinistra analisi del 1978, destra analisi del 2013).

Analizzando lo sviluppo dell'area urbana si può osservare una crescita dalla zona prossima alla costa verso le aree interne del territorio.

Negli anni non è stata mai evidenziata un'occupazione nella zona interna al parco, fatta eccezione per l'urbanizzato di Populonia e Baratti che ad ogni modo non ha mai mostrato una crescita significativa.

L'area d'interesse risulta complessa, in quanto sono presenti diversi usi del suolo e diversi elementi che lo caratterizzano morfologicamente.

Il fine di questo lavoro è quello di creare un prototipo GIS e un database pubblicabile su un servizio web che possa essere utile agli enti che gestiscono il bene e agli utenti che volessero ottenere informazioni su di esso.

Si è scelto quindi di concentrarsi sull'area oggetto del rilievo e nello specifico sulle unità abitative, i reperti ritrovati dagli scavi e le principali vie di comunicazione all'interno del parco. Si è considerata invece l'intera zona del parco come un'area uniforme.

Per ragioni di tempo in questo momento non sono state considerate le biodiversità, gli elementi idrici e i piccoli sentieri non direttamente visualizzabili dalle foto aeree scattate o ottenute dal geoportale della regione.

### ***6.2.2 Elaborazione delle mappe tramite dati CTR 10K***

I dati sono stati ricavati dal sito della regione Toscana che fornisce un elenco direttamente visionabile sul software QuantumGis ma comunque scaricabile e inseribile su altri programmi, come quello utilizzato per questo progetto di tesi.

Il sito dispone inoltre di una piattaforma dedicata alla distribuzione dei datasets geografici.

I dati si possono ottenere per porzioni del territorio regionale, oppure come unico dato comune.

Di seguito viene mostrata una schermata della piattaforma (Figura 42). L'immagine mostra la cartografia riferita alla zona del parco archeologico di Baratti e Populonia in scala 1:100'000 (la schermata riportata non risulta più nella scala corretta perché adattata al formato della pagina A4), sul lato destro possono essere selezionate le tipologie di dato che si vuole scaricare, mentre nella toolbar si possono operare diverse azioni, quali zoom, spostamento e selezione dei *download* dei dati.

Tutti i dati che vengono discussi di seguito sono stati ricavati da una cartella specifica all'interno del geoportale, la quale raccoglie i dati riferiti alla carta tecnica regionale in scala 1:10000 (CTR10K). Le analisi e le considerazioni devono far riferimento solo ai dati contenuti all'interno della stessa.

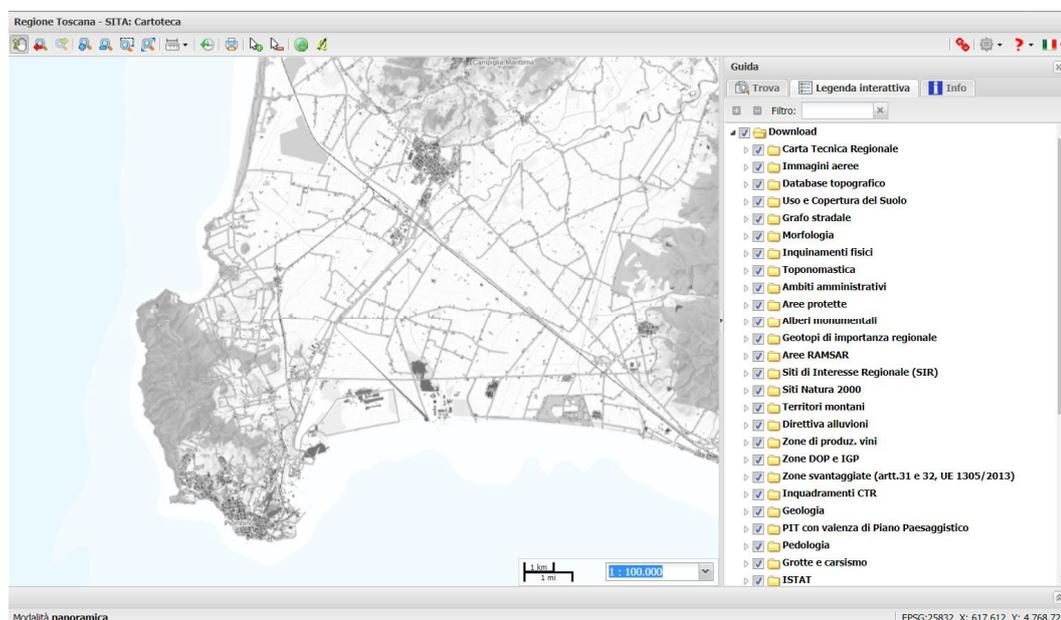


Figura 42\_Geoportale regione Toscana.

Nei successivi paragrafi vengono quindi elencate le tipologie di dati utilizzati per le analisi. I dati sono stati suddivisi per provenienza.

Avremo quindi i dati derivanti dalla geoportale della regione Toscana, sia quelli utilizzati così come sono stati ottenuti che quelli modificati in base alle categorie dei dataset. Di seguito vengono presentati inoltre i dati prodotti in fase di rilievo e in fase di progettazione del prototipo.

#### 6.2.2.1 Dati regionali

I dati regionali sono stati ottenuti consultando i file relativi alla carta tecnica regionale, nello specifico quella in scala 1:10 000, essendo l'unica contenente la porzione di territorio di interesse.

Come si può vedere dalla Figura 43 i dati sono suddivisi in fogli che indicano il numero della sezione nella scala di riferimento.

Utilizzando il comando di selezione si può evidenziare il foglio di interesse e scegliere se visualizzarlo o scaricare tutte le estensioni dello shapefile.

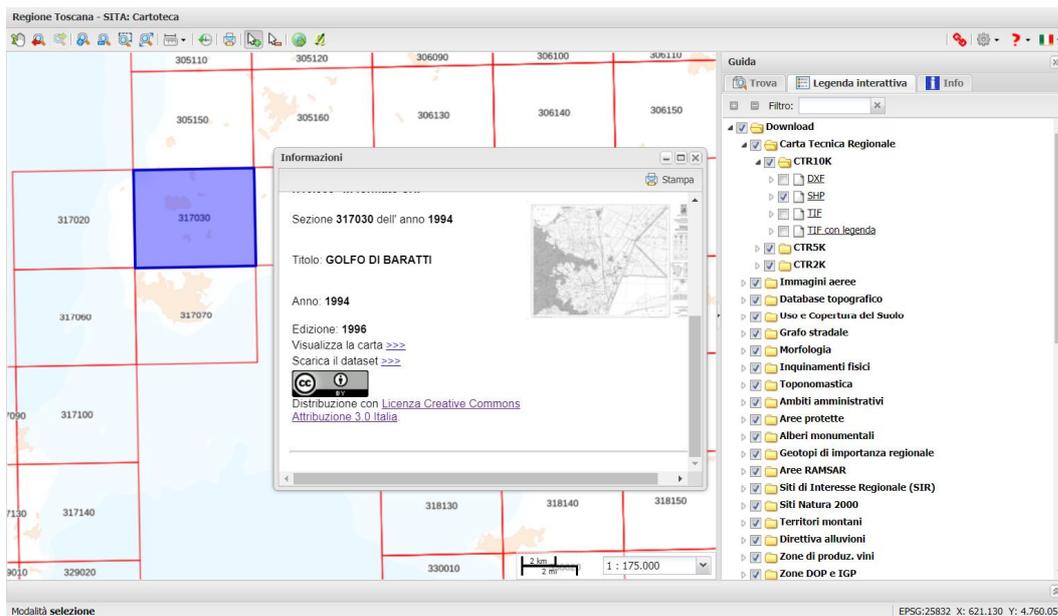


Figura 43\_Carta tecnica regionale 1:10 000

Vengono presentate di seguito delle tabelle contenenti i dati riferiti ad alcune delle entità utilizzate e fornite gratuitamente dalla regione (i file sono stati comunque ridimensionati alla sezione di territorio di interesse, che delimita quindi l'area del parco archeologico).

Per una visione completa delle tabelle si rimanda all'Allegato 3: Entità ricavate dal sito della regione Toscana.

Nome del file	Entità_areali
<b>Descrizione</b>	Entità geometrica di tipo areale la cui unica informazione risiede nel codice abbinato ai vari attributi dell'entità stessa.
<b>Shape</b>	Poligono
<b>Sistema di riferimento</b>	sistema di coordinate piane Gauss-Boaga Roma 1940

Tabella 9\_Esempio dato regione Toscana di tipo areale.

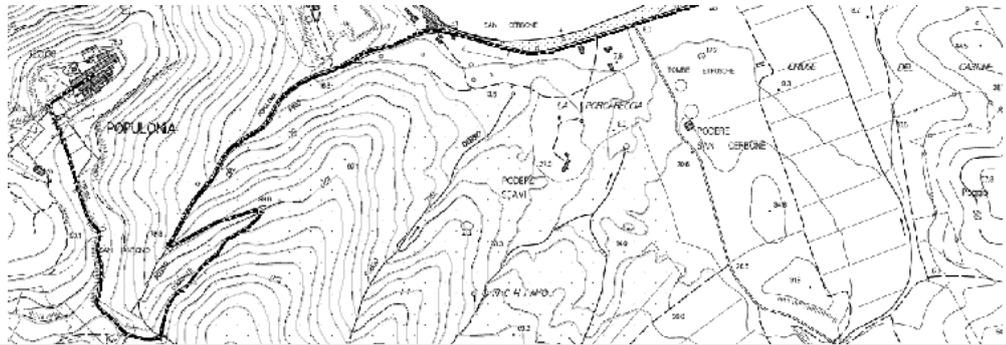
<b>Nome del file</b>	Arco_viario
	
<b>Descrizione</b>	Entità lineari che vogliono rappresentare elementi quali autostrade e superstrade strade statali, provinciali e comunali (solo quando rappresentano vie di collegamento con strade di categoria superiore); strade che collegano stazioni, porti o aeroporti e che mettono in comunicazione ospedali, campeggi ecc..
<b>Shape</b>	Linea
<b>Sistema di riferimento</b>	sistema di coordinate piane Gauss-Boaga Roma 1940

Tabella 10\_Esempio dato regione Toscana di tipo lineare.

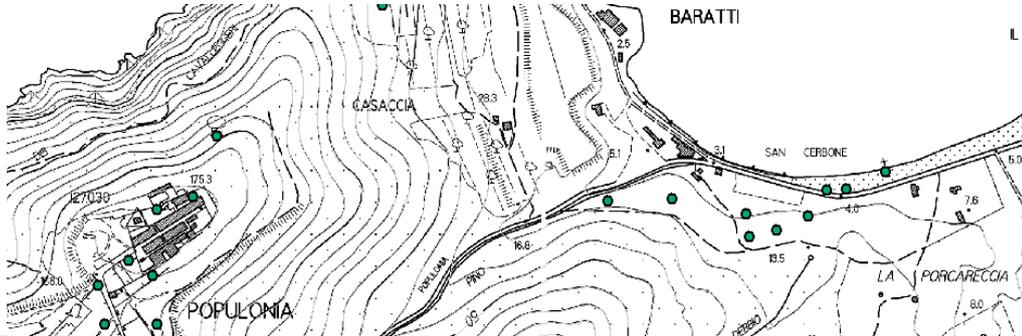
<b>Nome del file</b>	Elementi_puntuali
	
<b>Descrizione</b>	Entità di tipo puntuale la cui informazione risiede nel codice abbinato ai vari attributi dell'entità stessa.
<b>Shape</b>	Punto
<b>Sistema di riferimento</b>	sistema di coordinate piane Gauss-Boaga Roma 1940

Tabella 11\_Esempio dato regione Toscana di tipo puntuale.

#### - **Dati regionali categorizzati**

Alcuni dati ricavati sempre dal sito della regione Toscana sono stati modificati ordinando i *layer* secondo una classe, definita scegliendo uno degli attributi presenti all'interno dell'entità. Nell'esempio riportato nella Tabella 12, l'entità curve di livello è stata categorizzata utilizzando l'attributo *VALORE*, che indica la quota al suolo riferita ad ogni singola curva, con un passo tra una linea di livello e l'altra di dieci

metri. Si è quindi definita una scala di colori che portasse a una rapida e più semplice interpretazione dell'entità; inoltre le curve di livello sono state etichettate aggiungendo il riferimento di quota direttamente sul disegno, in questo modo non è necessario interrogare l'entità per ricavarne l'informazione. Per una visione completa della tabella degli attributi si rimanda all'Allegato 6: Tabelle degli attributi.

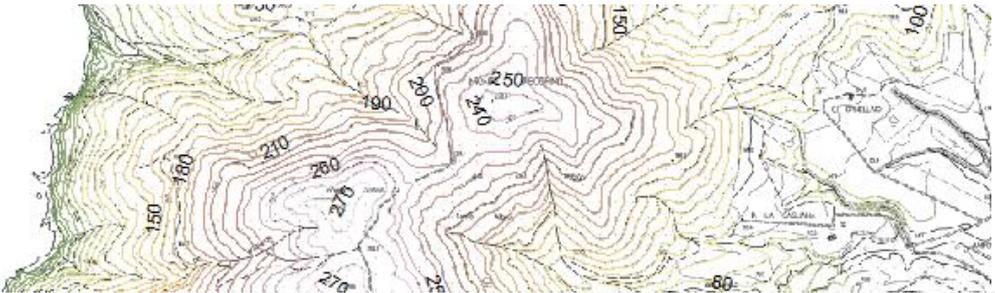
Nome del file	Curve_di livello
	
	<b>Descrizione</b> Entità geometrica contenente le curve di livello disegnate su base cartografica in tutto il territorio e spezzate seguendo il profilo del parco
<b>Shape</b>	Linea
<b>Sistema di riferimento</b>	sistema di coordinate piane Gauss-Boaga Roma 1940
<b>Categorizzazione</b>	Le curve di livello sono state categorizzate in base al valore riferito alla quota sul terreno mantenendo il passo di 10 metri.

Tabella 12\_Esempio dato regione Toscana categorizzato.

#### 6.2.2.2 Nuovi dati

Questo tipo di dati rappresentano quelli creati appositamente per questo progetto di tesi, con lo scopo di rendere più chiara e coerente la lettura del modello territoriale anlizzato.

#### - *Nuovi shapefile*

Si è deciso in questo caso di convertire in entità tutte le coordinate misurate durante la fase di rilievo, utili per valutare la coerenza degli elementi che andranno a comporre il GIS. Osservando le coordinate rappresentate sul modello si può notare come solo una piccola zona del parco sia stata oggetto di misurazioni da parte del team. La motivazione risiede in due elementi: le tempistiche, che non hanno permesso di

spaziare su una superficie del territorio più ampia, e la presenza di un numero significativo di zone d'interesse sull'area sede del rilievo.

<b>Nome del file</b>	Punti_STATICO
<b>Descrizione</b>	Coordinate misurate tramite utilizzo di ricevitori GPS in modalità statica (50 epoche).
<b>Shape</b>	Punto
<b>Sistema di riferimento</b>	sistema di coordinate UTM ETRF2000

Tabella 13\_Esempio dato misurato.

- **Tabella di aggregazione (dizionario)**

Questo dato di tipo dBase è stato definito per poter unire direttamente, tramite un collegamento Relate, le entità ricavate dal sito della regione Toscana con il relativo codice, rendendo immediata la consultazione del significato. Di seguito ne viene mostrato un esempio.

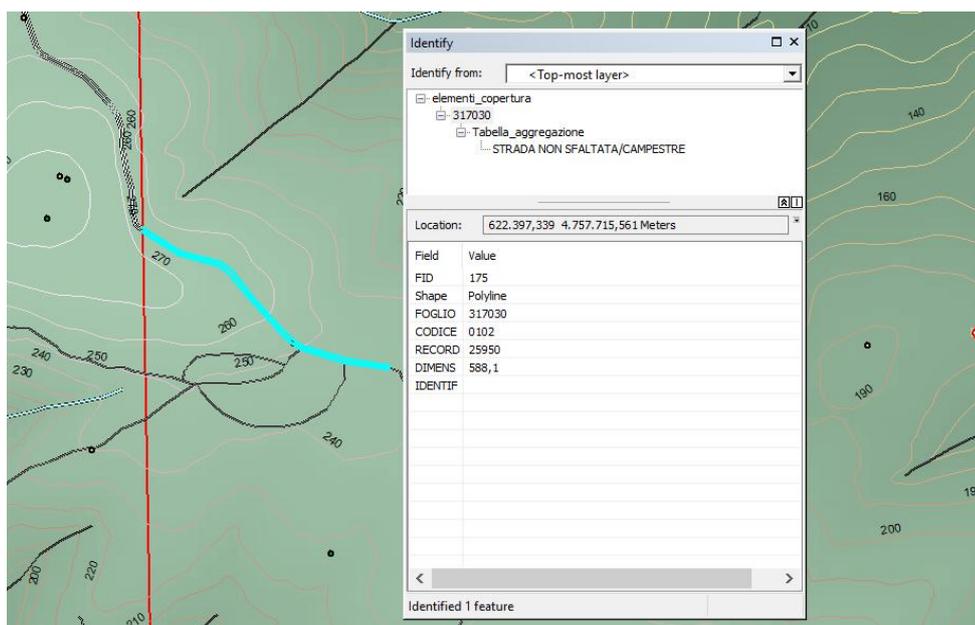


Figura 44\_Esempio di utilizzo della tabella di aggregazione.

### 6.2.3 Conversione del sistema di riferimento

Attraverso il software ConveRgo è possibile convertire i file di diversi formati: shape file, drawing exchange format file, file catastali, ASCII e file word.

Questa operazione è stata necessaria dovendo lavorare con dati aventi due sistemi di riferimento diversi. Gli elementi ottenuti dal sito della regione Toscana si possiedono infatti il sistema di riferimento GAUSS-BOAGA.

Questo tipo di rappresentazione utilizza l'ellissoide di Hayford orientato in Roma Monte Mario (in cui risiede l'origine della longitudine) e possiede due fusi da 6° ciascuno, più un'estensione di 30'.

La seconda tipologia di dati sono quelli ottenuti dalle operazioni del team nel parco archeologico, in questo caso il sistema di riferimento è UTM\_WGS84<sup>48</sup> con origine della longitudine coincidente con il piano passante per il meridiano di Greenwich.

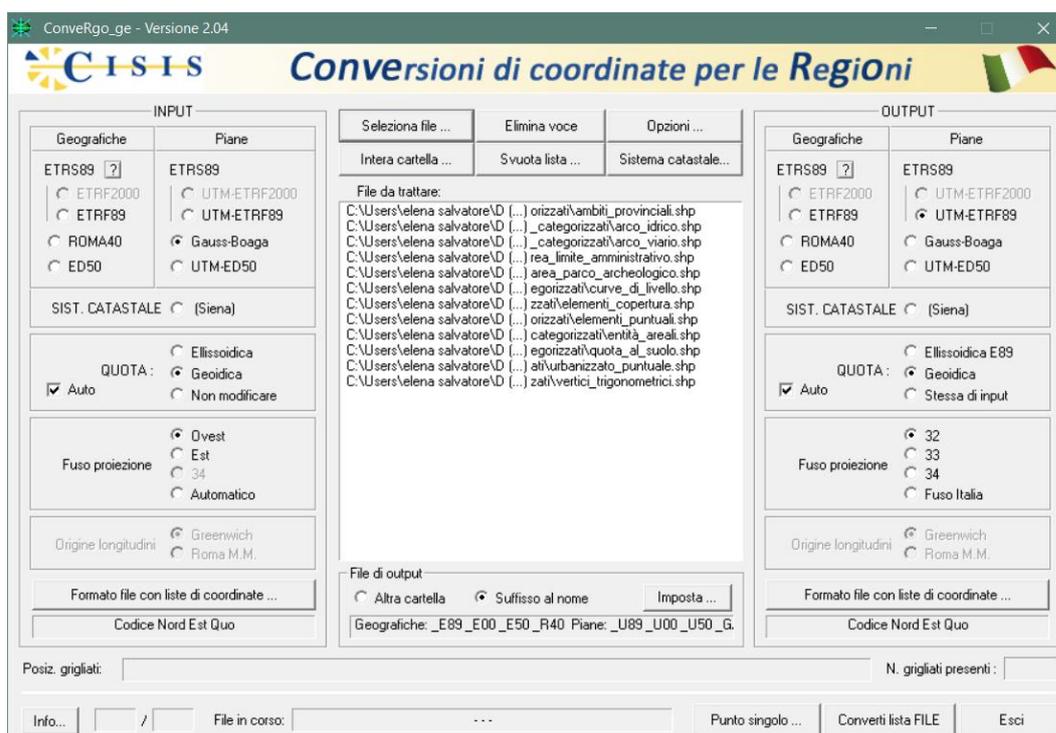


Figura 45\_Estratto del programma ConveRgo

<sup>48</sup> **UTM**: Universal Transvers Mercatore, sistema di riferimento che vale per tutta la terra. Sono presenti 60 fusi da 6° e l'Italia è compresa nei fusi 32,33,34.

La procedura (Figura 45) è stata quindi quella di selezionare tutti i file da convertire, ponendo attenzione a impostare il corretto fuso di riferimento, fuso ovest per il sistema GAUSS-BOAGA e fuso 32 per l'UTM\_WGS84.

Il programma chiede che venga inserita anche la quota che in entrambi i casi sarà quella riferita al geode, essendo quella dei dati scaricati già impostata, mentre quella dei dati rilevati già trasformata nelle fasi precedenti. Il software restituisce i file convertiti nominati nello stesso modo, ma con l'aggiunta di un suffisso. Sarà necessario collegare quindi i nuovi file al modello di progetto, con questa operazione tutte le entità del sistema GIS saranno orientate nel corretto sistema di riferimento.

#### *6.2.4 Risultato delle analisi di base*

Fino a questo momento si è quindi riusciti a ricavare un primo prototipo di GIS che potesse costituire la base per le successive fasi e operazioni. Il frutto di questa prima fase di acquisizione e elaborazione di dati è visionabile in Figura 46. L'immagine mostra l'area del parco, le entità presenti all'interno del sistema sono elencate nella legenda rappresentata nella Figura 47, suddivise in base alla loro provenienza. Si hanno quindi i dati ottenuti dalla regione Toscana, suddivisi tra quelli modificati tramite categorizzazione e quelli non modificati. Sono inoltre presenti i dati ottenuti dal rilievo operato dal team. Le coordinate inserite sono suddivise tra quelle calcolate tramite rilievo statico (punti\_STATICO), quelle ottenute dal rilievo RTK (punti\_RTK) e infine quelle ottenute dalle operazioni di collimazione con la stazione totale, suddivise in base alla loro posizione:

- | Collimazioni operate nella zona di Populonia, più precisamente sul muro interessato dagli scavi archeologici presente nella parte alta della città (punti\_MURO)
- | Collimazioni svolte nella cava ubicati nell'area delle Grotte, ottenendo due dei vertici utilizzati per la poligonale (punti\_V\_CAVA), le collimazioni prodotte sulle pareti rocciose della cava (punti\_CAVA) e sul sentiero all'interno del bosco in cui sono presenti tombe a camera della Necropoli delle Grotte (punti\_SENTIERO).

Tra i dati categorizzati vi sono gli elementi della copertura, in cui tra gli attributi sono presenti i codici identificativi. Come detto nei paragrafi precedenti attraverso dei

collegamenti di tipo *Relate* è stato possibile collegare all'elemento di copertura il suo significato e il foglio cartografico a cui esso è riferito.

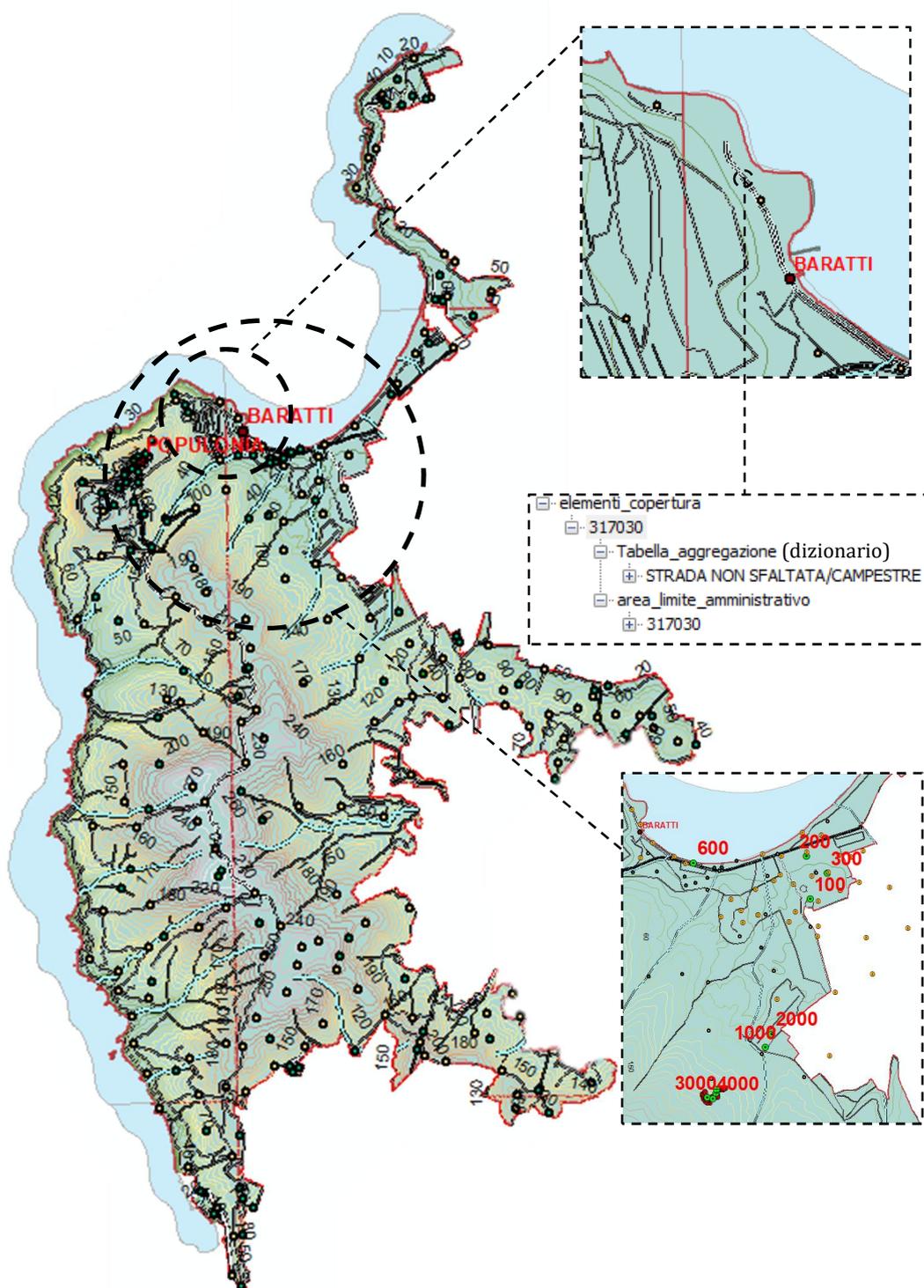


Figura 46\_Prima elaborazione di un prototipo GIS.

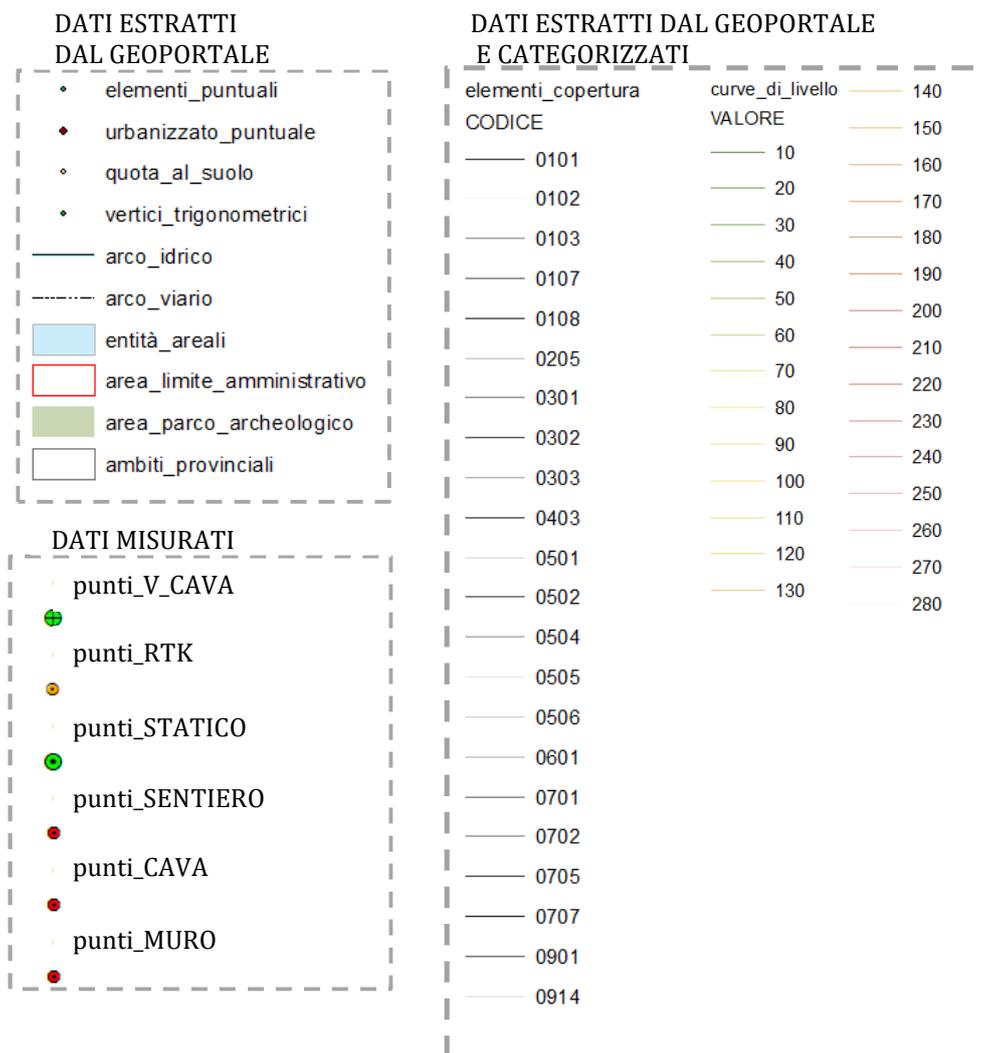


Figura 47\_Legenda delle entità.

Nei paragrafi successivi verrà chiarito l'utilizzo di questo primo modello per la realizzazione di uno nuovo e implementato, adatto alla pubblicazione su web.

### 6.3 Sviluppo del prototipo GIS per pubblicazione su web

Questo paragrafo ha come obiettivo illustrare i passi che hanno portato alla definizione di un nuovo prototipo GIS utilizzando i dati prodotti dal team.

L'obiettivo è stato quello di ottenere un modello in tre dimensioni che potesse fornire un numero maggiore di informazioni e apportando contemporaneamente eventuali

correzioni riscontrate sulla cartografia utilizzata per le analisi di base del territorio (CTR10K).

Queste sono state riscontrate sovrapponendo la cartografia ottenuta dalla regione Toscana all'ortofoto acquisita tramite volo fotogrammetrico.

Tra le differenze riscontrate si possono citare le variazioni dei percorsi dei sentieri e la presenza di reperti non indicati o indicati solo parzialmente.

### 6.3.1 Modello concettuale

Il modello concettuale è stato definito utilizzando il software StarUML (Figura 48). Questo programma è di tipo OpenSource, è possibile quindi usufruirne gratuitamente e permette la progettazione di diagrammi di vario tipo tra cui quello di classi utilizzato per questo progetto di tesi.

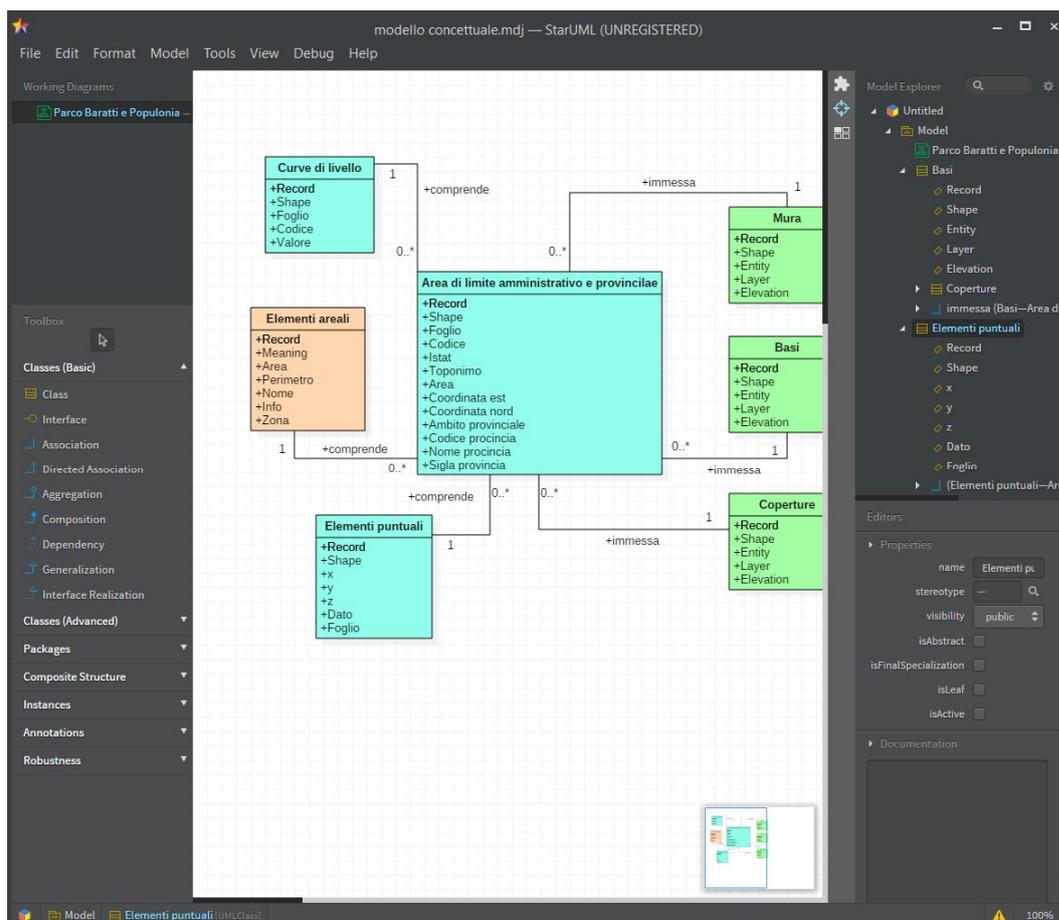


Figura 48\_Estratto del programma StaeUML

Il programma permette di creare delle *classi* che corrispondono alle entità dei sistemi informativi territoriali.

Per ogni entità possono essere associati un appropriato numero di attributi ed è possibile indicare l'attributo identificativo mettendolo in evidenza e in cima alla lista degli attributi.

Tra le caratteristiche principali vi è inoltre la possibilità di definire le associazioni tra le varie entità, indicando altresì le cardinalità delle stesse.

Per quanto riguarda le cardinalità viene fornita una legenda (Tabella 14) per poter leggere correttamente il modello sotto riportato, ricordando che la cardinalità indica il numero di volte che un'entità può essere associata ad un'altra e viceversa.

<i>Cardinalità in StarUML</i>	<i>Convenzione dei GIS</i>	<i>Significato</i>
0..1	0,1	0 nessuna o una sola volta.
0..*	0,n	Da 0 a n volte, nel programma lo 0 può essere sostituito con un numero di base quindi la cardinalità deve intendersi come: da un numero n a uno m di volte.
1..*	1,n	Da 1 a n volte.
1	1,1	Una e una sola volta.
* = 0..*	0,n	Da 0 a n volte.

*Tabella 14\_Legenda delle cardinalità.*

Di seguito viene presentato il modello concettuale riferito al prototipo progettato (Figura 49) le classi con sfondo azzurro vanno ad indicare le entità ricavate dalla regione o ottenute tramite il rilievo, quella arancione e quelle verdi indicano rispettivamente le nuove entità editate in due dimensioni e in tre dimensioni prodotte in questa ultima fase.

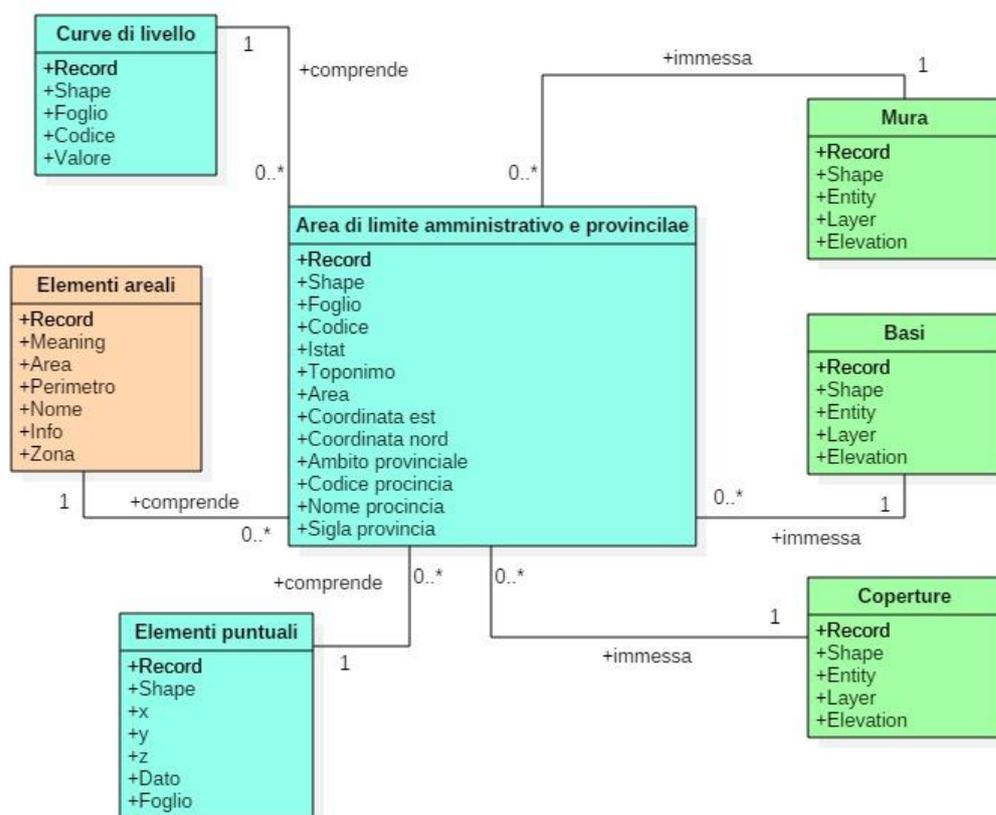


Figura 49\_Modello concettuale, prototipo GIS per web.

### 6.3.2 Modello logico

La fase successiva al modello concettuale è la definizione di un modello logico (Figura 50\_Modello logico, prototipo GIS per web.), quindi una struttura di dati che possa essere tradotta in un linguaggio compreso dal software, indicando così le modalità di memorizzazione dei dati e i collegamenti logici, attraverso gli attributi, delle entità. Per classificare le visualizzazioni è stata utilizzata una codifica definita appositamente per questo prototipo.

Il termine LOI (visualizzabile nella figura sottostante Figura 50\_Modello logico, prototipo GIS per web.) indica il livello di Informazione a cui corrispondono le entità e le immagini inserite nel prototipo progettato.

Come in precedenza vengono indicate le modalità di memorizzazione dei dati ed è stato evidenziato l'identificativo di ogni entità.

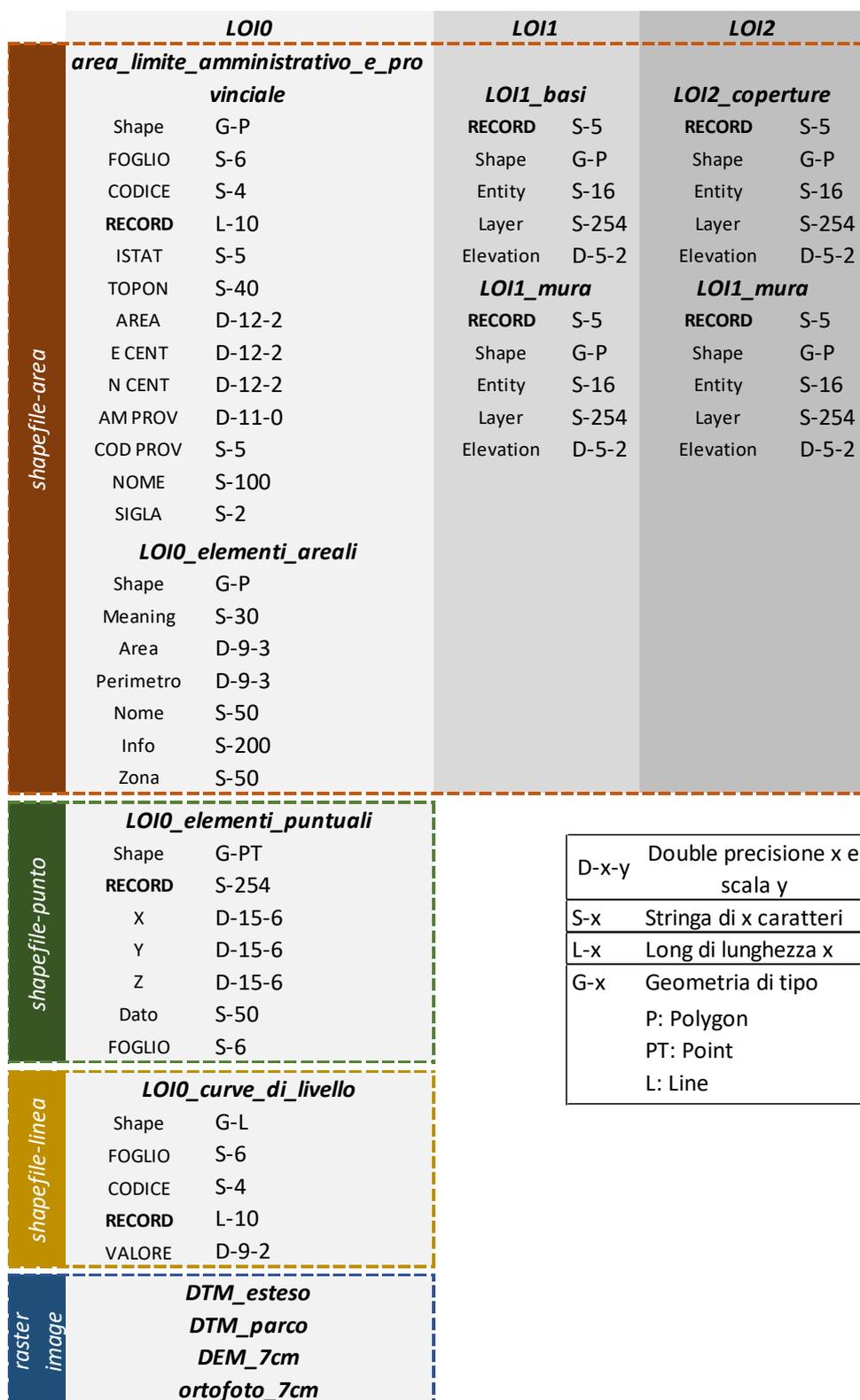


Figura 50\_Modello logico, prototipo GIS per web.

### 6.3.3 Entità 2D

In questa fase sono stati definiti e creati degli elementi nelle dimensioni (x,y) riferiti alla zona di esecuzione del rilievo e visualizzabili dall'ortofoto realizzata nella fase precedente (paragrafo 5.2).

Tutti gli elementi sono identificabili attraverso la codifica *meaning* inserito all'interno della tabella degli attributi e sono rappresentati tutti da un unico, nuovo, shape file denominato entità\_areali.

Di seguito è possibile visualizzare un'immagine (Figura 51) che raffigura in parte la nuova entità creata e una tabella che vuole chiarire i diversi attributi che popolano l'entità (Tabella 15).

Va inoltre detto che alcune delle entità definite nel paragrafo precedente sono state mantenute anche in questo prototipo, in particolare:

- | Le coordinate misurate dal team (punti\_STATICO, punti\_RTK, punti\_V\_CAVA, punti\_CAVA, punti\_SENTIERO, vertici\_trigonometrici) inserite tutte in una nuova entità denominata Entità\_puntuali;
- | Area\_limite amministrativo (si veda Allegato 3: Entità ricavate dal sito della regione Toscana pag.136);
- | Ambiti\_provinciali (si veda Allegato 3: Entità ricavate dal sito della regione Toscana pag.136);
- | Curve\_di\_livello (si veda -Dati regionali categorizzati pag.90).



Figura 51\_Nuova entità in 2D.

	<i>meaning</i>		Entità_areali	Nuovi shape file in 2D
coltura	colture diversificate	coltura		
reperti	reperti archeologici	reperti		
sentiero	sentieri boschivi	sentiero		
parcheggio	parcheggio veicoli	parcheggio		
area_parcheggi	zona di manovra	area_parcheggi		
strada_non_asfaltata	strada campestre o non asfaltata	strada_non_asfaltata		
strada_asfaltata	strada principale asfaltata	strada_asfaltata		
area_calpestabile	strada interna alle mura di popolonia	area_calpestabile		

Tabella 15\_Significato degli attributi delle entità\_areali.

### 6.3.4 Entità 3D

Successivamente alla fase di definizione delle entità piane, si è passati alla realizzazione di entità aventi dimensioni (x,y,z).

Un primo tentativo per la restituzione delle coperture dei manufatti presenti nella zona oggetto del rilievo è stato attuato utilizzando il software ENVILiDAR.

Il programma permette di trasformare le nuvole di punti e esporta direttamente dei *layer* identificando automaticamente caratteristiche del territorio come edifici, alberi e coperture, garantendo quindi un tipo di trasformazione molto rapida e veloce.

È stato quindi estratto un ritaglio della nuvola di punti elaborata precedentemente (paragrafo 5.3.2 pag.67) ed è stato inserito all'interno del software.

Tale ritaglio riproduce gli edifici inseriti all'interno delle mura di Populonia. Di seguito viene mostrata una schermata del software (Figura 52) rappresentate la nuvola di punti filtrata, i punti evidenziati nell'immagine rappresentano infatti solo quelli che costituiscono la copertura degli edifici.

Nonostante questa prima azione sembri far bene pensare sulla riuscita del metodo, l'estrazione delle geometrie semplici non ha comunque portato un risultato soddisfacente. Il software infatti nella fase di elaborazione degli *shape file* non ha generato infatti un'unica superficie per ogni falda del tetto, ma questo è stato frastagliato in piccoli piani costituiti da geometrie elementari e questo tipo di rappresentazione risulta essere totalmente inappropriato per lo scopo del lavoro. Oltre a questo motivo essendo presente una ricca vegetazione attorno agli edifici adiacenti alle mura nella fase di elaborazione si venivano a creare elementi di copertura anche dove non erano realmente esistenti.

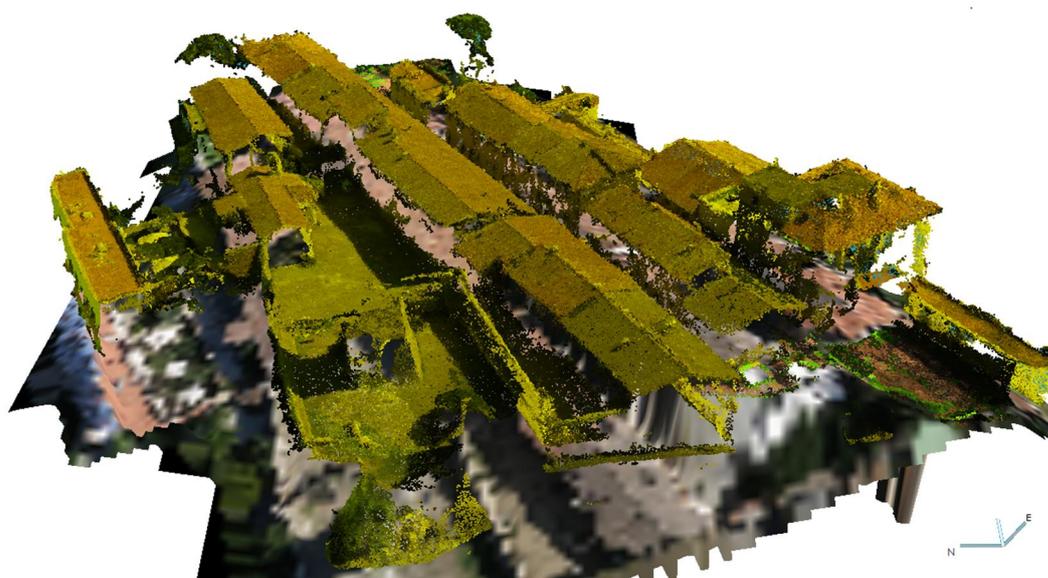


Figura 52\_Software ENVILiDAR estrazione nuvola di punti solo per la categoria coperture.

Si è preferito utilizzare quindi un metodo più “macchinoso” ma sicuramente più corretto per disegnare sia le coperture che le geometrie sulla quota al piede degli edifici.

Per la modellazione si è quindi utilizzato il software ArcMap, inserendo all’interno del programma il DDSM e l’ortofoto ottenuti precedentemente (paragrafo 5.2) e introducendo l’ortofoto correttamente georeferenziata all’interno del software di disegno AutoCAD.

Come prima azione si è quindi calcolata la posizione dell’immagine *raster* e la dimensione di uno dei due lati.

Dal software ArcGIS aprendo la finestra delle proprietà si sono ricavati i riferimenti TOP (4761906,54146) e LEFT (620544,762904) che definiscono le coordinate del punto in alto a destra dell’immagine (nel sistema di riferimento WGS84), in seguito si è calcolata la dimensione del lato sull’asse X moltiplicando il valore del pixel (0.07m) per il numero di colonne che costituiscono l’immagine (*columns*: 51704).

Posizionata l’immagine in modo corretto si è potuto ripassare la geometria di tutte le coperture visibili creando così delle forme corrette sul piano  $z=0$ .

All’interno del software ArcMap i due file raster, entrambi contemporaneamente visibili (Figura 53) hanno avuto due diverse funzioni: l’ortofoto ha permesso di indicare con chiarezza il punto di cui si voleva conoscere la quota (in questo caso i

punti riferiti ai vertici delle falde di tutte le coperture), mentre il DDSM (Digital Elevation Model) forniva per lo stesso punto la quota altimetrica.



Figura 53\_Accoppiamento DDSM e ortofoto.

Nella fase susseguente si sono inserite tutte le quote dei vertici, ottenute tramite l'interrogazione del DDSM, all'interno delle polilinee disegnate su CAD (Figura 54).

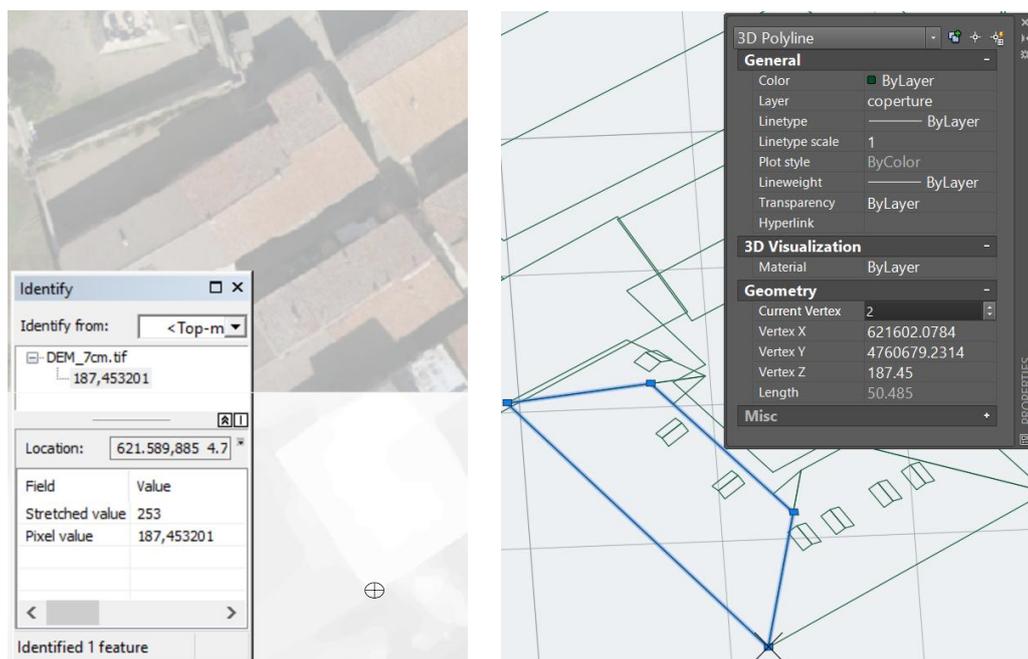


Figura 54\_Metodo di restituzione grafica dei vertici delle coperture.

Questa operazione si è ripetuta nelle stesse modalità anche per la sagoma al piede degli edifici e per alcuni dei reperti archeologici presenti nell'area del parco.

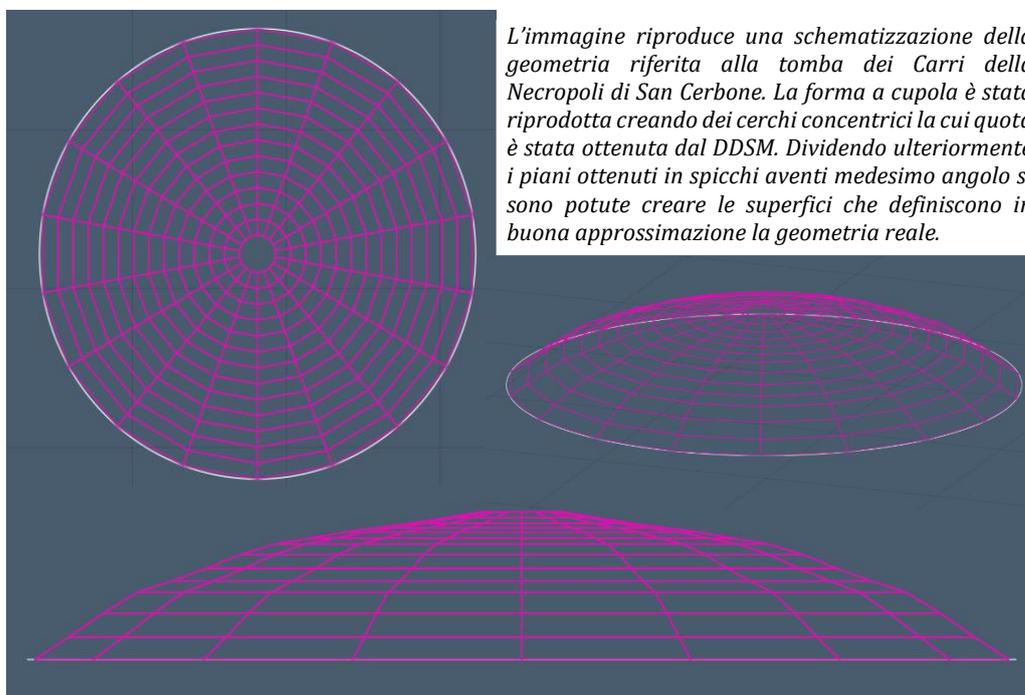
Per quanto riguarda gli edifici si è operata una sgrondatura fissa e predefinita in quanto l'informazione sulla distanza dei muri perimetrali dalla linea di gronda non

era direttamente interpretabile dall'ortofoto e non si è potuto quindi ricavare questo tipo di dato, inoltre per poter estrarre correttamente la geometria nel modello tridimensionale si è scelto di posizionare tutti i poligoni alla quota di gronda invece che alla quota al piede (Figura 55).



Figura 55\_Estratto edifici 3D.

Prendendo in considerazione invece i reperti archeologici si è potuto collimare e rappresentare con questa tecnica solo quelli che mantenevano ad oggi una struttura ben definita, ricreando una geometria quanto più verosimile a quella originaria. Un esempio del metodo di lavoro utilizzato è raffigurato nell'immagine sottostante (Figura 56).



*L'immagine riproduce una schematizzazione della geometria riferita alla tomba dei Carri della Necropoli di San Cerbone. La forma a cupola è stata riprodotta creando dei cerchi concentrici la cui quota è stata ottenuta dal DDSM. Dividendo ulteriormente i piani ottenuti in spicchi aventi medesimo angolo si sono potute creare le superfici che definiscono in buona approssimazione la geometria reale.*

Figura 56\_Rappresentazione della tomba dei Carri, Necropoli di San Cerbone.

Si potrebbe invece, prendere in considerazione di rappresentare i reperti deteriorati inserendoli all'interno del GIS come file .LAS, metodo che verrà discusso nel paragrafo successivo (6.3.5.1).

### 6.3.5 ArcScene

Il software di gestione ArcScene permette di sovrapporre diversi livelli di dati in un ambiente 3D. Le entità si posizionano tenendo conto:

- | delle informazioni sull'altezza definita all'interno della loro geometria;
- | degli attributi inseriti all'interno della specifica tabella;
- | delle proprietà del singolo *layer*;
- | di superfici 3D predefinite.

Per la progettazione del prototipo in 3D si è quindi proseguito inserendo all'interno del sistema il DDSM precedentemente ottenuto dalla geoportale della regione Toscana, convertito nel sistema di riferimento corretto e tagliato sull'area di interesse. Si sono quindi introdotte le entità piane facendo in modo che poggiassero su una superficie personalizzata, in questo caso rappresentata proprio dal DTM. Di seguito si sono immesse le superfici in tre dimensioni estrudendo le coperture fino alla quota di gronda e le superfici rappresentanti i muri perimetrali fino alla quota del DDSM. Infine si sono immessi il DDSM e la rispettiva ortofoto. Di seguito si possono osservare alcune immagini del sistema in ArcScene (Figura 57/Figura 58/Figura 59).

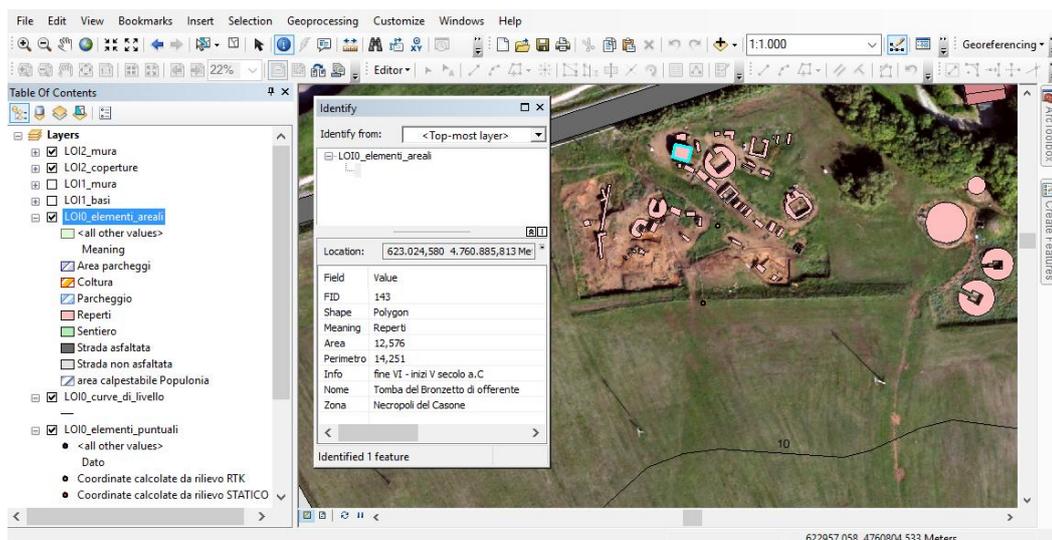
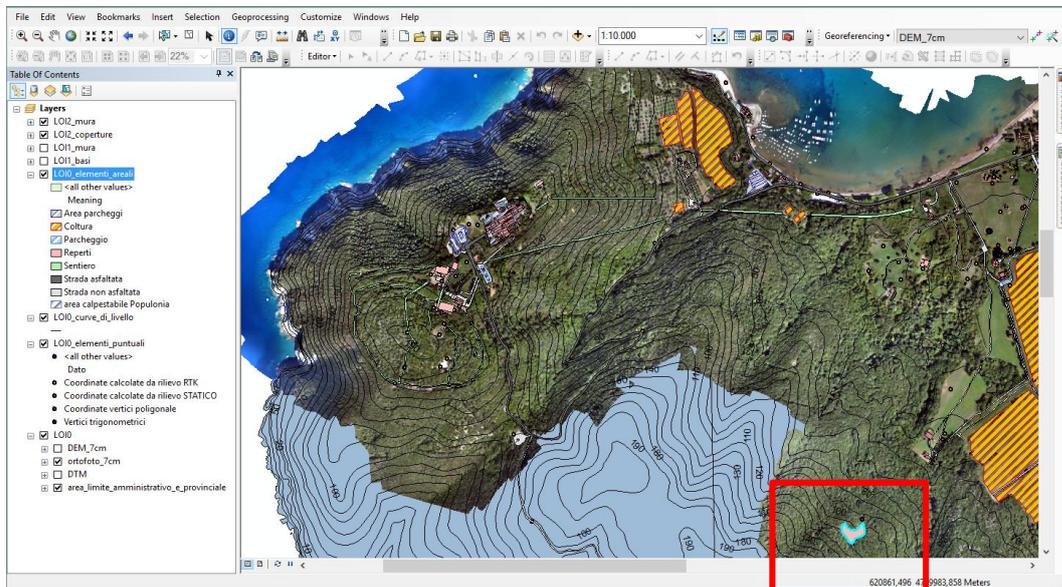


Figura 57\_Visualizzazione 2D, interrogazione reperto.



Identify

Identify from:

LOIO\_elementi\_areali

Location:

Field	Value
FID	201
Shape	Polygon
Meaning	Reperti
Area	2059,48
Perimetro	231,102
Info	interventi di scavo condotti dalla SBAT e diretti a tutelare dagli scavi clandestini le aree sepolcrali ellenistiche
Nome	Cava della Mezzaluna
Zona	area delle Grotte

Identified 1 feature

Figura 58\_Visualizzazione 2D, interrogazione cava.

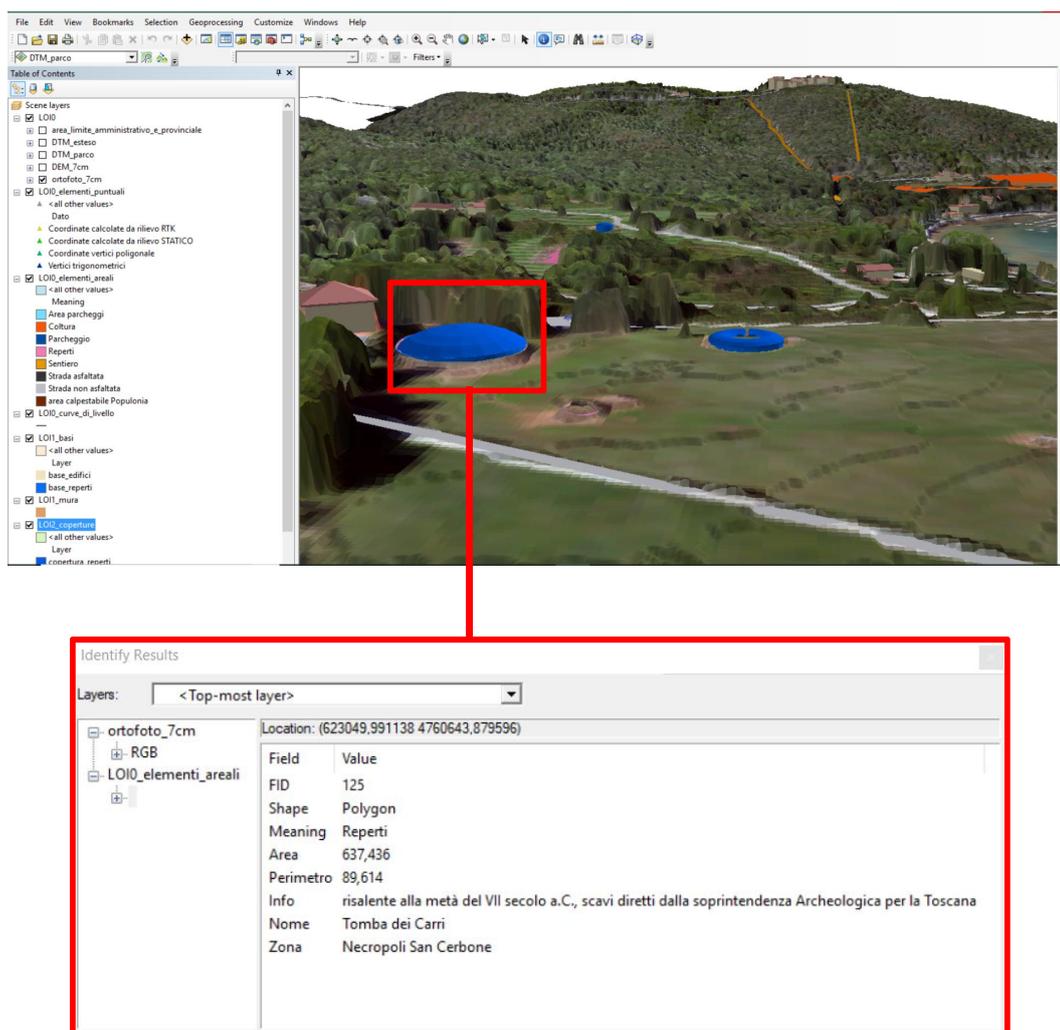


Figura 59\_Visualizzazione 3D, interrogazione reperto.

### 6.3.5.1 File LAS

All'interno del programma è possibile inserire anche file di tipo LAS, il quale contiene dati della nuvola di punti lidar.

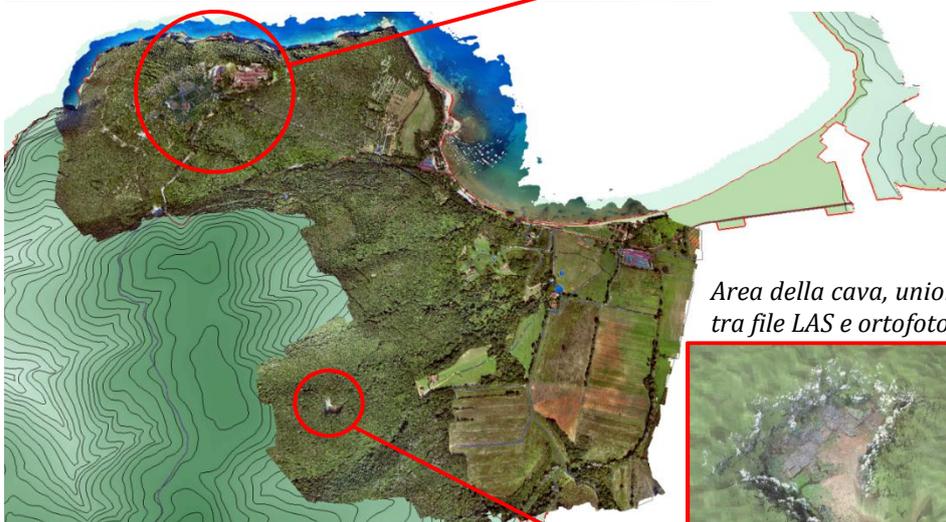
Originariamente, i dati di lidar venivano forniti solo in formato ASCII. Il nuovo formato è stato introdotto per gestire e standardizzare le enormi dimensioni dei dati raccolti con il metodo Lidar e il modo in cui i dati sono organizzati e diffusi. I file LAS hanno un formato più accettabile ed essendo binari possono essere letti dall'importatore in modo più efficiente.

Ogni file LAS contiene metadati dell'indagine LiDAR in un blocco di intestazione.



*Dettaglio di parte del muro della villa delle Logge, sito sull'acropoli di Populonia, la nuvola di punti è stata originata da fotogrammetria terrestre.*

*Vista dall'alto di Populonia unione tra file LAS, ortofoto e shape file creati per il prototipo.*



*Area della cava, unione tra file LAS e ortofoto.*



*Dettaglio di una parete della cava, l'immagine è ricavata inserendo il file LAS e l'ortofoto in trasparenza.*

*Figura 60\_Importazione nuvole di punti in ArcGIS.*

La porzione di intestazione di ciascun file LAS contiene informazioni sull'attributo stesso del rilievo LiDAR. Si possono dunque consultare informazioni quali: estensioni dei dati, data di volo, tempo di volo, numero di record di punti, numero di punti per ritorno, qualsiasi offset di dati applicato e qualsiasi fattore di scala applicato.

Essendo dati che mantengono informazioni sulla nuvola di punti uno degli obiettivi futuri potrebbe essere quello di accoppiare alla nuvola "grezza" generata e inserita all'interno del programma anche successivi studi operati sulla base della stessa nuvola.

Nell'immagine soprastante (Figura 60) si può osservare come il programma gestisce l'importazione della nuvola di punti.

L'immagine mostra la zona della cava di San Cerbone; essendosi svolti anche studi sulla stabilità della parete rocciosa della cava una delle possibilità potrebbe essere quella di inserire all'interno del programma anche dati provenienti da indagini geotecniche e geomeccaniche.

La figura evidenzia anche un'altra zona, quella riferita all'acropoli di Populonia dove sono state inserite due nuvole di punti, quella generata da voli nadirali con drone Inspire e che descrive tutta l'area dell'acropoli, e quella originata da fotogrammetria terrestre che rappresenta il dettaglio del muro della villa delle Logge.

Questa soluzione potrebbe essere utilizzata per quegli elementi che non possono essere rappresentati con il metodo discusso nel paragrafo precedente in quanto ad oggi non hanno mantenuto una struttura geometrica ben definita. Si potrebbe quindi utilizzare questa strategia per elaborare in maniera più completa il prototipo progettato.

---

## 7. IMPLEMENTAZIONE DEL PROGETTO PER LA VISUALIZZAZIONE WEB

---

Per procedere con la pubblicazione del prototipo su una piattaforma di condivisione aperta a tutti si è dovuto proseguire il lavoro utilizzando un ulteriore software di progettazione (CityEngine).

CityEngine è un software che permette la progettazione e la pianificazione di modelli in 3D, è quindi possibile utilizzarlo per valutare ad esempio la fattibilità di diversi progetti e prendere più facilmente una scelta tra diverse proposte o pianificare l'implementazione delle stesse.

Il programma è interoperabile con ArcGIS e permette l'utilizzo di funzioni simili a quelle del software con cui è integrato ma notevolmente implementate come ad esempio strumenti di modifica, impostazione di texture di facciata, generazione di report. Inoltre è possibile pubblicare il modello 3D online, ed è proprio questa la principale funzione per cui si è utilizzato il programma.

Aperto il progetto su ArcScene si è esportato il modello con l'apposita tool (Figura 61) in CityEngine, facendo attenzione ai seguenti elementi:

- | Tutte le entità esportate devono avere necessariamente caratteristiche nelle tre dimensioni, sarà quindi necessario convertire punti e linee in figure geometriche 3D, operando nelle proprietà degli stessi elementi.
- | La qualità delle immagini raster è limitata per cui la visualizzazione online sarà molto più bassa rispetto a quella permessa su ArcScene.
- | Sono concessi solo due livelli di visualizzazione nella modalità online, si possono quindi definire gruppi di layer che compongono un solo sottogruppo.

Il prototipo viene quindi aperto su CityEngine Web Viewer, in questa modalità non è più possibile apportare alcuna modifica. La visualizzazione presenta delle caratteristiche interessanti ma anche delle criticità che verranno chiarite per semplicità nella tabella sottostante (Tabella 16), inserendo anche un paragone con le proprietà presenti invece nel programma ArcScene.

Va detto inoltre che sebbene questo progetto di tesi non presenti nello specifico le potenzialità del software appena descritto, tra le varie attività che competono a

questo lavoro vi è anche il tentativo di ricreare lo stesso modello anche sul software CityEngine, che come detto è un programma con potenzialità maggiori rispetto a ArcScene. Il tentativo successivo è quindi quello di andare a valutare se dopo la pubblicazione sul web del modello creato da questo secondo programma presenti delle differenze rispetto a quello esportato da ArcScene.

<b>CityEngine Web Viewer</b>	<b>ArcScene</b>
<b>ELEMENTI POSITIVI</b>	
Modalità di esportazione da CityEngine molto rapida.	<i>Modalità di esportazione per CityEngine meno rapida e dipendente da diversi parametri.</i>
Possibilità di visualizzare diverse viste in contemporanea e a completamento, con diversi stili di visualizzazione	<i>Visualizzazione di un'unica vista per volta.</i>
Possibilità di consultare il database associato al modello tramite interrogazione delle entità	<i>Possibilità di consultare il database associato al modello tramite interrogazione delle entità e consultando le tabelle degli attributi</i>
Solo per la versione online, possibilità di salvare viste predefinite del modello e inserimento di una mappa di base.	<i>Non è possibile salvare viste predefinite.</i>
Consultabile da tutti.	<i>Consultabile solo attraverso utilizzo del medesimo software e utilizzando gli stessi shapefile, le categorizzazioni vengono comunque perse.</i>
Definizione di diversi livelli di consultazione a seconda degli utenti.	<i>Un unico livello di consultazione.</i>
<b>CRITICITÀ</b>	
Visualizzabili solo due livelli di approfondimento.	<i>Visualizzabili più di due livelli di approfondimento.</i>
Nel secondo livello di approfondimento si può visualizzare un solo elemento per volta, non possono essere visualizzati contemporaneamente tutti gli elementi di un gruppo.	<i>Tutti gli elementi possono essere visualizzabili contemporaneamente o singolarmente.</i>
Qualità bassa dei dati raster.	<i>Possibilità di aumentare la qualità dell'immagine raster.</i>
Non è possibile l'inserimento di file LAS (nuvole di punti) e TIN (superfici).	<i>Inserimento di file LAS e TIN, ma appesantimento del programma.</i>
Non è presente una legenda che chiarisca il significato degli elementi rappresentati sul modello, bisogna necessariamente interrogare l'entità per chiarirne il significato.	<i>Possibilità di visualizzare la legenda delle entità che chiarisca il significato delle entità senza che vengano interrogate.</i>
Elementi come Join e Relate non vengono mantenuti dopo l'esportazione.	<i>Possibilità di inserire collegamenti di tipo Join e Relate.</i>

Tabella 16\_Caratteristiche di CityEngine Web viewer e paragone con ArcScene.

L'immagine seguente mostra la schermata del software ArcScene. All'interno della figura si possono osservare a destra l'elenco delle tools e in dettaglio lo strumento che permette la conversione del file. Inseriti i dati di input nella finestra di sinistra si possono esaminare i risultati ed eventuali messaggi di errore.

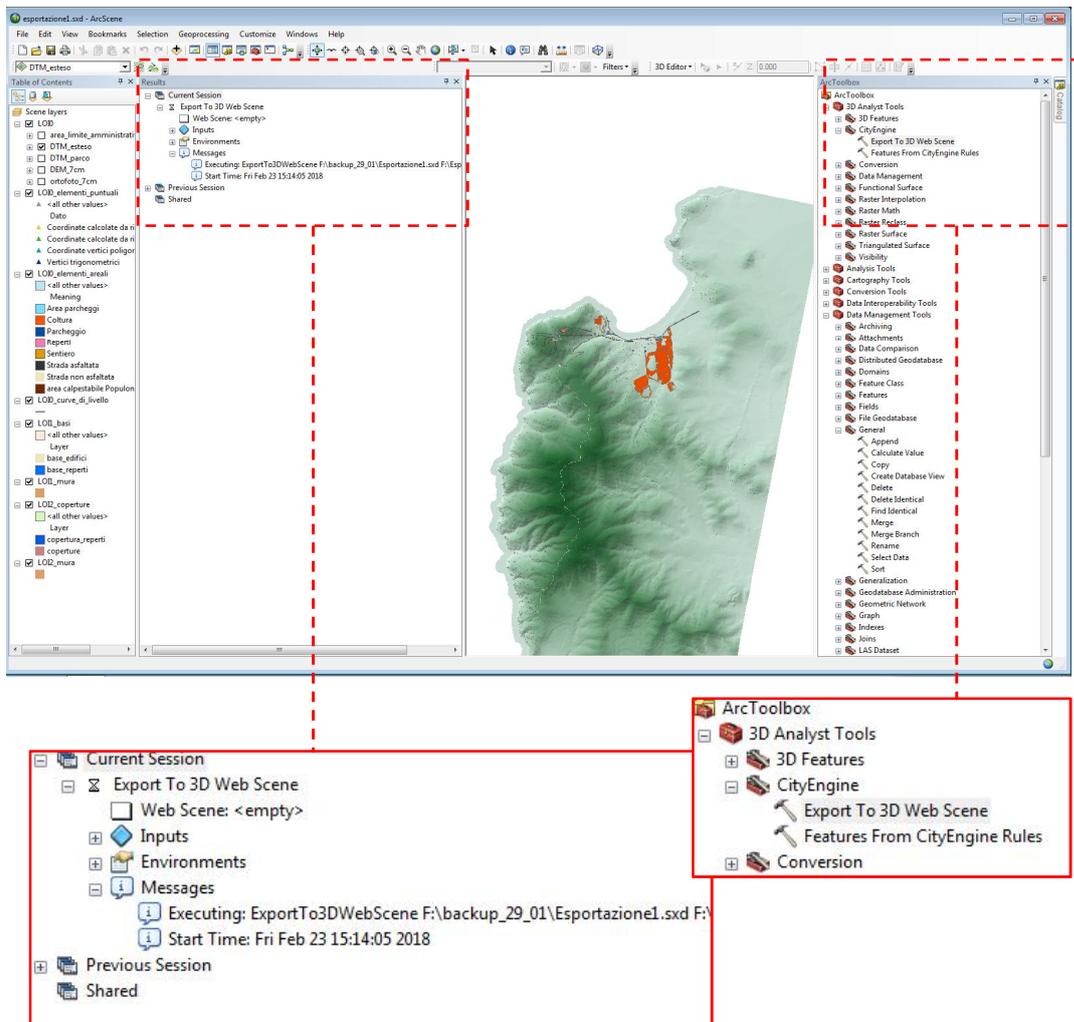


Figura 61\_Esportazione progetto in CityEngine.

Vengono riportare di seguito alcune schermate che rappresentano le modalità di visualizzazione più significative osservabili sul web. La prima immagine (Figura 62), mostra ciò che appare appena si apre il progetto.

Come detto precedentemente uno degli strumenti applicabili sulla tabella dei layer è la modalità confronto, nella Figura 63 si è scelto di rappresentare il confronto nella modalità complementare (le due finestre rappresentano diversi punti del territorio, l'immagine è unica). La Figura 64 rappresenta un'altra modalità di confronto in cui le

due finestre mostrano lo stesso punto del territorio (le due immagini sono distinte), nello specifico la vista di destra mostra il DDSM e quella di sinistra l'ortofoto.

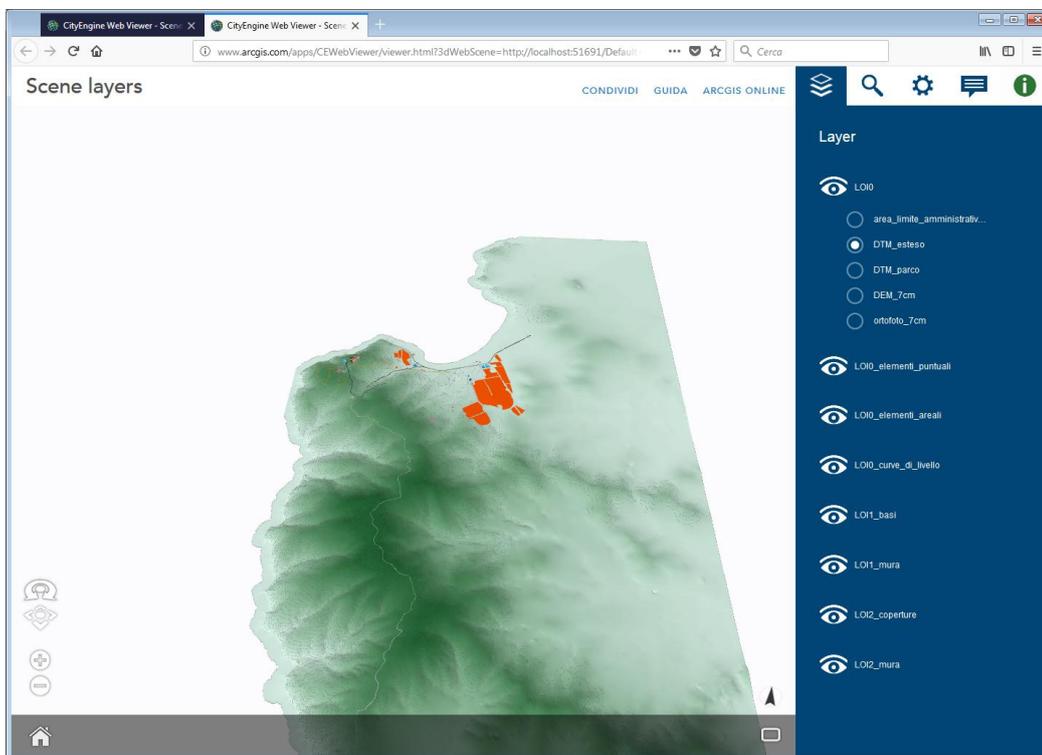


Figura 62\_Visualizzazione di apertura del progetto nel web viewer.

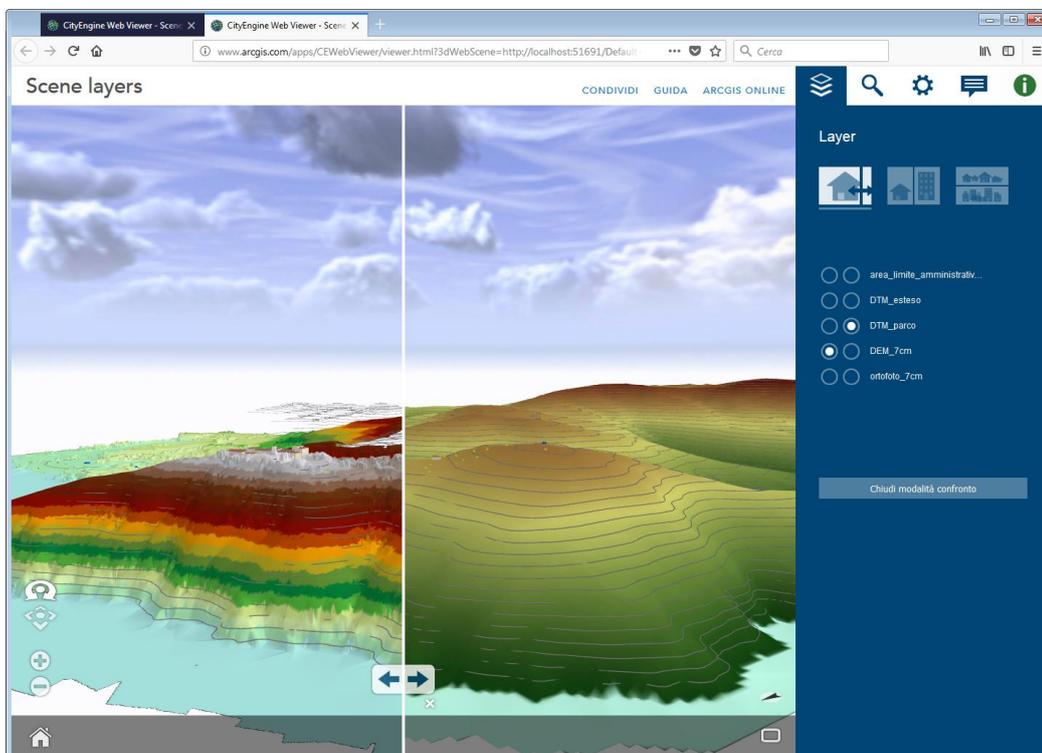


Figura 63\_Modalità del web viewer- confronto tra DTM e DDSM.

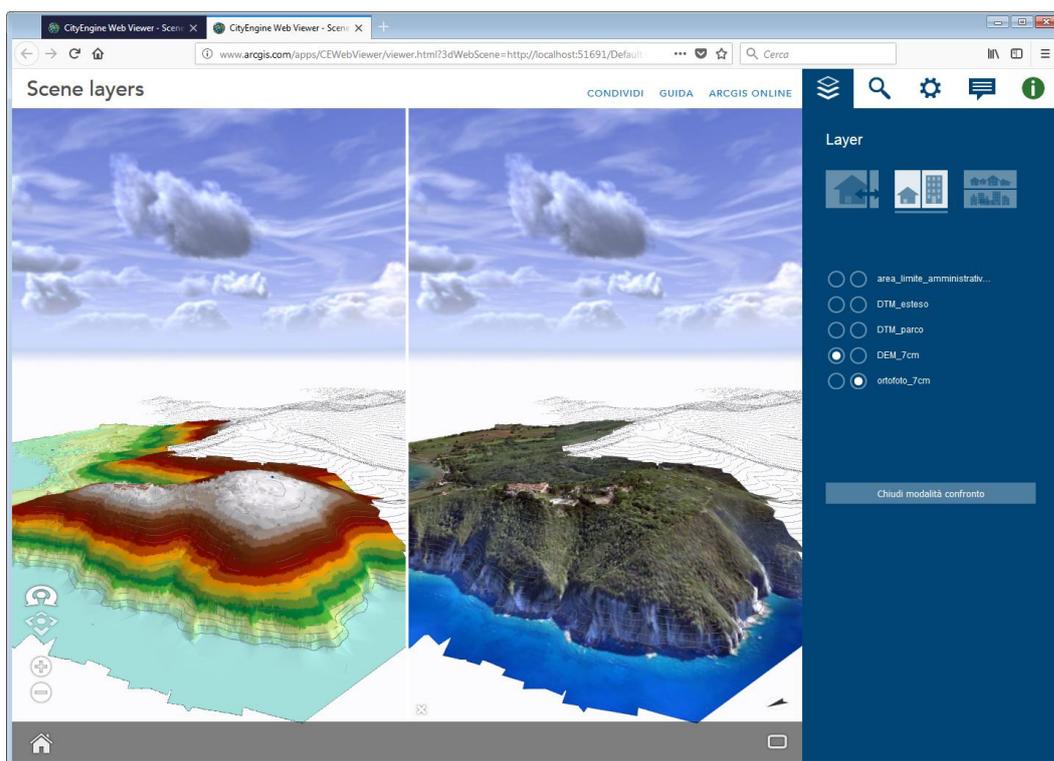


Figura 64\_Modalità del web viewer- confronto tra DDSM e ortofoto.

Si possono inoltre eseguire altre operazioni, ad esempio quella che permette di mettere in evidenza un'entità (indicata con il termine layer, Figura 65).

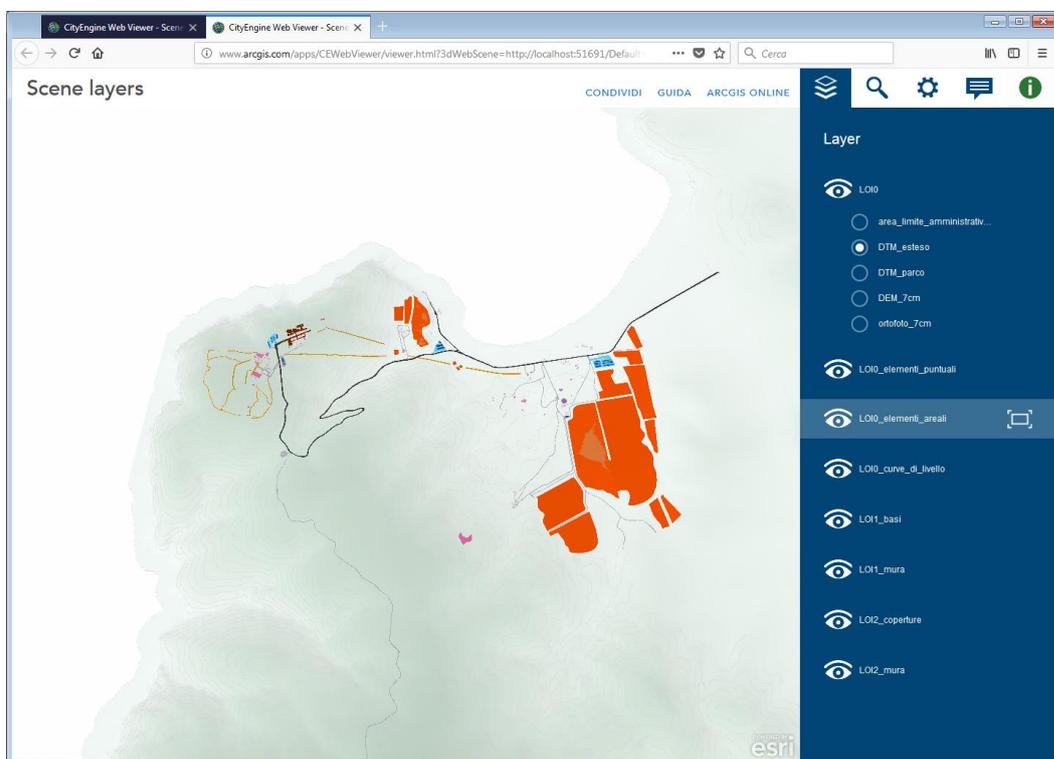


Figura 65\_Modalità del web viewer-mettere in evidenza un'entità.

Infine è possibile interrogare un'entità consultando quindi gli attributi associati ad essa.

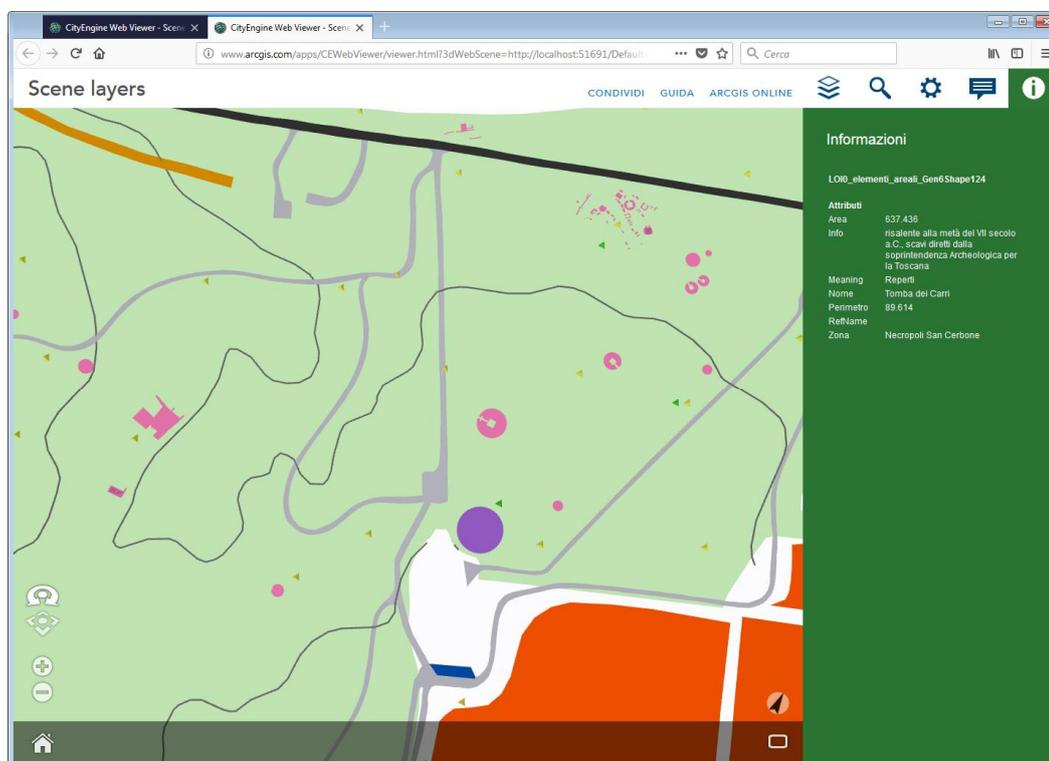


Figura 66\_Modalità web viewer- interrogazione di un'entità.

Deve essere inoltre specificato che l'acronimo LOI vuole indicare il livello di informazione riferito al tipo di *layer*. Avremo quindi degli LOI0, che indicano le visualizzazioni di base del GIS, distinti tra i *layer* cartografici di base inseriti che possono essere "accesi" solo uno per volta e quelli aggiuntivi evidenziabili a seconda della necessità. Gli LOI1 sono riferiti agli elementi che poggiano sulla superficie del terreno (come ad esempio i muri perimetrali degli edifici) e infine gli LOI2 rappresentano gli elementi che si trovano a una quota più alta rispetto al terreno (come possono essere le coperture degli edifici).

---

## 8. Conclusioni e obiettivi futuri

---

Questo lavoro ha avuto lo scopo di ripercorrere tutte le fasi del processo fotogrammetrico. Si parte dalle fasi di progettazione, rilievo e acquisizione dati, si prosegue con le fasi di elaborazione e si conclude con quelle di analisi e progettazione di un modello GIS territoriale.

Il parco archeologico di Baratti e Populonia, come è stato detto, è sede di importanti ritrovamenti dell'epoca etrusca, si tratta quindi di beni inseriti in un contesto di valenza culturale e storica.

Uno dei principali scopi è stato quello di rendere fruibile a un vasto pubblico di utenti i dati raccolti, visualizzabili e utilizzabili secondo il livello di dettaglio della scala di riferimento.

Attraverso il lavoro di tesi si possono cogliere le principali criticità che una visualizzazione 3D del GIS comporta sul web. Esportando infatti il file dal *software* di progettazione sul *web* si può constatare una riduzione dei livelli di approfondimento che si limitano a due e uno stile di visualizzazione limitato alla selezione di un elemento per volta, per i *layer* raggruppati nel secondo livello di approfondimento. Si è notato inoltre come i dati *raster* subiscano una perdita di risoluzione rispetto al formato originario e come i file .LAS, sebbene siano un'ottima strategia per la elaborazione dei reperti ad oggi non ben conservati, non possano essere convertiti in un formato visualizzabile sul *web*. Infine va sottolineato il fatto che anche la legenda dei colori dei *layer* non sia più visualizzabile dopo l'esportazione ma che in caso di categorizzazione di *layer* questi possono essere identificati solo interrogando l'entità. Si sono comunque osservate delle caratteristiche positive, quali la possibilità di paragonare con due finestre di vista due *layer* appartenenti allo stesso livello di approfondimento (solo per il secondo livello) e la possibilità di salvare viste predefinite del modello.

Questo progetto vuole inoltre porre le basi di un metodo di lavoro che può e deve essere implementato.

Uno dei principali obiettivi da perseguire è quello di popolare il database, inserendo informazioni che possono essere realmente utili ai gestori del parco. Possono essere aggiunte informazioni riferite agli elementi edilizi quali:

- | Destinazione d'uso;
- | Ente gestore;
- | Frequenza attività di manutenzione;
- | Ditta esecutrice dei lavori;
- | Periodo storico;
- | Eventuale imposizione di vincoli;
- | Materiali/tecniche costruttive.

Possono altresì essere implementate le informazioni riferite ai reperti e agli scavi come ad esempio:

- | Verifiche strutturali;
- | Attività di manutenzione ordinaria;
- | Attività di manutenzione straordinaria;
- | Cambiamenti di direzione del vento (fattore principale che pregiudica la stabilità delle tombe ancora integre);
- | Ditta esecutrice degli scavi;
- | Anno;
- | Spese dei lavori di scavo.

Possono inoltre essere inseriti dati che interessano prettamente i gestori del bene come:

- | Affluenza dei turisti;
- | Zone e percorsi più visitati;
- | Attività offerte;
- | Ricerca di zone con meno visibilità e affluenza.

Inserendo le informazioni appena citate e ottenendo i dati rilevati da fotogrammetria aerea su tutta l'area del parco si potrebbe quindi creare una piattaforma web utilizzabile direttamente dai visitatori che possono avere informazioni non solo sui reperti, sugli scavi e in generale sulle aree di interesse, ma possono anche utilizzare una mappa interattiva sempre aggiornata sui percorsi e sulle attività offerte.

Collegandomi invece con il lavoro svolto dalla mia collega del ramo dell'ingegneria civile, un ulteriore obiettivo può essere quello di unire il suo lavoro svolto presso la Cava delle Grotte e riguardante analisi geotecniche e geomeccaniche della parete di roccia al modello GIS.

Risulta infatti possibile estrarre, in formato *.shp* compatibile con i software utilizzati per questo progetto di tesi, i dati ottenuti dal suo lavoro, quali ad esempio: piani riferiti a famiglie di discontinuità della parete, nuvole di punti, elaborazioni tramite

stereogramma. Analisi di questo tipo possono essere ripetute periodicamente, producendo così dei dati dinamici, essenziali per studi sui possibili spostamenti della parete in esame.

Per ultimo, come obiettivo in corso d'opera, ci si è prefissati il fine di ottenere lo stesso risultato utilizzando il programma CityEngine, citato nei paragrafi precedenti. Essendo un software che utilizza regole di programmazione per la visualizzazione in 3D dei dati, risulta essere più complicato. Allo stesso tempo essendo più completo e con stili di visualizzazione più di dettaglio si possono ricreare modelli realistici e texturizzati. Una volta realizzato il modello si potrebbe quindi valutare se nella visualizzazione online ci siano differenze significative, o se le restrizioni riscontrate utilizzando il software ArcScene e passando direttamente alla visualizzazione su web siano le stesse anche con questo tipo di metodologia.

---

## 9. Riferimenti

---

### 9.1 Manuali di *software* utilizzati

---

- | Agisoft PhotoScan
- | ArcGIS 10.3.1
- | ArcScene 10.3.1
- | AutoCAD 2018
- | CityEngine
- | CityEngine WebViewer Online
- | ConvergO
- | Leica Geo Office
- | ENVILiDAR
- | Starnet
- | StarUML
- | FARO Scene

### 9.2 Bibliografia

---

- | AA.VV. *Rilievi GPS-RTK e stazioni permanenti GPS: sperimentazione del sistema RIR*, Conferenza nazionale ASITA, geomatica standardizzazione, interoperabilità e nuove tecnologie, Roma, 2004.
- | AA.VV., *Geomatica le radici del futuro. Tributo a Sergio Dequal & Riccardo Galetto*, in Manzino A., Spalla A. (a cura di), Mestre (VE), SIFET Società Italiana di Fotogrammetria e Topografia, 2011.
- | AA.VV., *OGC City geography markup language (CityGML) encoding standard*, Open Geospatial Consortium.
- | Bianchini M., *Manuale di rilievo e di documentazione digitale in archeologia*, Aracne, 2008.

- | Lingua A. M., *Cartografia numerica e GIS*, Politecnico di Torino, 2016.
- | Bartolucci D., *Principi di laser scanning 3D*, Palermo, Dario Flaccovio Editore, 2009.
- | Brovelli M. A., Cina A., Crespi M., Lingua A. M., Manzano A., Garretti L., *Ortoimmagini e modelli altimetrici a grande scala LINEE GUIDA*, CISIS Centro Interregionale di Coordinamento e documentazione per le informazioni territoriali.
- | Burgard W., Stachniss C., Arras K., Bennewitz M., *Introduction to Mobile Robotics SLAM: Simultaneous Localization and Mapping*, Uni Freiburg.
- | Colucci E., *Architettura e natura dei paesaggi archeologici. Analisi spaziali integrate in ambiente WEB-GIS per la conservazione e la comunicazione della memoria storica*, Tesi di laurea Magistrale, Politecnico di Torino, rel. Spanò A., Chiabrando F., Brocchini D., Noardo F., 2017.
- | Duce P., Ferrara R., Arca B., *Applicazione dei laser scanner terrestri in campo agro-forestale e ambientale*, Atti 15ª Conferenza Nazionale ASITA, Reggio di Colorno, 2011.
- | Graci G., Pileri P., Sedazzari M., *Gis e ambiente. Guida all'uso di ArcGIS per l'analisi del territorio e la valutazione ambientale*, Palermo, Dario Flaccovio Editore, 2008.
- | Guandalini B., Salerno G., *Manuale ArcGIS 10. Guida pratica con esercizi svolti*, Palermo, Dario Flaccovio Editore, 2013.
- | Falorni P., *Macigno, Carta Geologica d'Italia – Catalogo delle Formazioni*, APAT-CNR Commissione Italiana di Stratigrafia.
- | Kraus K., *Fotogrammetria*, Torino, Libreria universitaria Levrotto & Bella, 1998.
- | Lingua A., Noardo F., Vigna B., *Un nuovo approccio per la gestione delle risorse idriche sotterranee in ambito transfrontaliero: Prog. ALCOTRA-ALIRHYS*, Atti 17ª Conferenza Nazionale ASITA, 5-7 novembre 2013, Riva del Garda.
- | Micheletti N., Chandler J. H., Lane S. N., *Structure from Motion (SfM) Photogrammetry*, British Society for Geomorphology, Geomorphological Techniques, Chap. 2, 2015.
- | Rinaudo F., Nex F., *LIDAR e Fotogrammetria Digitale verso una nuova integrazione*, GEOmedia n°3, 2011.

- | Semplici A., *“Bianca e sfolgorante appare la Rocca...” Guida al parco archeominerario di San Silbestro*, Piombino, Parchi Val di Cornia, 2011.
- | Shervais K., Dietrich J., *Structure from Motion (SfM) Photogrammetry Data Exploration and Processing Manual*, UNAVCO, 2016.
- | Rinaudo F., Nex F., *LIDAR e Fotogrammetria Digitale verso una nuova integrazione*, GEOmedia, 2011.
- | Westoby M.J., Brasington J., Glasser N.F., Hambrey M.J., Reynolds J.M., *‘Structure from Motion’ photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications*, *Geomorphology*, 2012.

### 9.2.1 *Legislazioni e regolamenti*

- | Direttiva 2007/2/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 14 marzo 2007, *che istituisce un’infrastruttura per l’informazione territoriale nella Comunità europea (INSPIRE)*, Gazzetta ufficiale dell’Unione europea.
- | D.lgs. 27 gennaio 2010, n.32, *Attuazione della direttiva 2007/2/CE*, Supplemento ordinario n.47/L alla GAZZETTA UFFICIALE.
- | Decreto 10 novembre 2011, *Regole tecniche per la definizione del contenuto del Repertorio nazionale dei dati territoriali, nonché delle modalità di prima costituzione e di aggiornamento dello stesso*, Gazzetta Ufficiale n.48, Supplemento ordinario n.37 2012.
- | Regolamento (UE) n.1312 della commissione del 10 dicembre 2014, Gazzetta ufficiale dell’Unione europea.

### 9.3 Sitografia

---

- | <http://areeweb.polito.it/ricerca/ALIRHYS/> - data ultima consultazione 27/11/2017

- | AMAT<sup>49</sup>: <http://www.archeologiatoscana.it/it/musei/72-parco-di-baratti-e-populonia> - data ultima consultazione 22/12/17
- | <https://www.borghiditoscana.net/populonia-e-baratti/#> - data ultima consultazione 22/12/17
- | CAM<sup>50</sup>:<http://www.unipd.it/musei/geologia/approfondimenti/panchina.html> - data ultima consultazione 22/12/17
- | <https://www.citygml.org/> - data ultima consultazione 5/02/2018
- | <http://docs.geonode.org/en/master/index.html> - data ultima consultazione 05/01/2018
- | <http://www.pcn.minambiente.it/mattm/> - data ultima consultazione 27/11/2017
- | <https://www.gps.gov/> - data ultima consultazione 15/11/2017
- | <http://www.leica-geosystems.it/it/index.htm> - data ultima consultazione 20/11/2017
- | <https://inspire.ec.europa.eu/> - data ultima consultazione 10/01/2018
- | <http://it.smartnet-eu.com/> - data ultima consultazione 17/11/2017
- | <http://www.sinanet.isprambiente.it/it> - data ultima consultazione 10/01/2018
- | <https://geoslam.com/hardware/zeb-revo/>- data ultima consultazione 05/01/2018
- | [http://www.edilportale.com/prodotti/geoslam/laser-scanner-portatile/zeb-revo\\_247041.html](http://www.edilportale.com/prodotti/geoslam/laser-scanner-portatile/zeb-revo_247041.html) - data ultima consultazione 05/01/2018
- | <http://www.parchivaldicornia.it/> - data ultima consultazione 15/12/2017
- | <http://www.progetto-metropolis.it/rilievo-con-tecnologia-laser-scanner-terrestre-tls> - data ultima consultazione 05/01/2018
- | <http://host154-194-static.207-37-b.business.telecomitalia.it/rdn/rdn.php> - data ultima consultazione 05/01/2018
- | <http://www.regione.toscana.it> - data ultima consultazione 27/02/2018
- | [https://www.3dcitydb.org/3dcitydb/fileadmin/downloaddata/3DCityDB\\_Documentation\\_v3.3.pdf](https://www.3dcitydb.org/3dcitydb/fileadmin/downloaddata/3DCityDB_Documentation_v3.3.pdf) - data ultima consultazione 2/03/2018

---

<sup>49</sup> L'AMAT (Associazione dei Musei Archeologici della Toscana) nata del 2001 e costituita da soci provenienti da oltre 30 musei archeologici distribuiti nella regione Toscana.

<sup>50</sup> Centro di Ateneo per i Musei.

- | <http://www.3dcitydb.org/3dcitydb-web-map/1.1/3dwebclient/index.html>  
- data ultima consultazione 2/03/2018
- | <https://www.3dcitydb.org/3dcitydb/VisualizationsApp/> - data ultima consultazione 2/03/2018
- | <http://www.virtualcitysystems.de/en/news/439-3d-city-database-3-3> - data ultima consultazione 2/03/2018
- | <http://www.esri.com/software/cityengine> - data ultima consultazione 2/03/2018

---

## ALLEGATI

---

### Allegato 1: Coordinate rilevate con riferimento al geode

---

#### *baratti\_2017\_STATICO*

RECORD	X	Y	Z
100	623045,733	4760671,956	16,594
200	623029,051	4760851,646	8,011
300	623115,755	4760780,243	11,394
400	621456,992	4760598,533	161,417
500	621429,727	4760502,982	172,031
600	622555,735	4760824,616	3,204
1000	622856,213	4760047,360	50,121
2000	622884,688	4760104,500	46,894
3000	622613,581	4759835,827	99,008
4000	622637,215	4759831,651	97,848

#### *baratti\_2017\_RTK*

RECORD	X	Y	Z
1	623079,608	4760661,296	16,366
2	623122,244	4760783,445	11,295
3	623032,351	4760869,798	5,444
4	622924,994	4760852,782	5,941
5	622976,905	4760732,507	12,597
6	623053,223	4760768,798	13,403
7N	622921,420	4760773,521	6,849
8	622893,927	4760749,027	9,155
9	622817,902	4760711,582	16,202
10	622757,441	4760623,305	24,335
11	622714,286	4760669,839	25,067
12	622670,505	4760597,071	28,686
13	622765,107	4760572,826	23,037
14	622827,207	4760603,238	15,167
15	622827,081	4760603,372	14,739
16	622956,439	4760574,237	15,084
17	622983,360	4760618,403	17,737
18	623076,193	4760513,120	21,642
19	623079,938	4760555,429	20,149
20	623250,881	4760740,851	8,491

21	623092,165	4760941,030	2,793
22	623012,255	4760951,678	0,895
23	622846,934	4760861,867	0,478
24	623167,641	4760855,573	7,650
25	623171,326	4760706,991	11,740
30	623215,956	4760846,419	8,075
31	623265,911	4760873,902	6,751
32	623279,227	4760508,750	23,227
33	623306,318	4760356,708	28,363
34	623453,650	4760548,039	9,820
35	623379,417	4760721,283	7,858
36	623150,461	4760278,873	29,523
37	623127,640	4760011,180	42,324
38	622891,821	4760121,182	45,549
39	622908,244	4760249,899	36,601
<i>popm01</i>	621509,607	4760502,826	166,845
<i>popm02</i>	621529,333	4760570,213	161,252
<i>popm03</i>	621508,814	4760624,049	161,933
<i>popm04</i>	621541,232	4760731,782	177,152
<i>popf05</i>	621516,060	4760733,815	176,923
<i>popf06</i>	621471,453	4760717,133	168,078
<i>popf07</i>	621477,278	4760582,444	161,308
<i>popm08</i>	621405,438	4760586,153	163,165
<i>popm09</i>	621438,105	4760567,668	164,141
<i>popm10</i>	621451,149	4760547,298	164,936
<i>popm11</i>	621427,398	4760504,049	171,833
<i>popm12</i>	621414,574	4760486,784	176,778
<i>popm13</i>	621438,125	4760472,326	183,169
<i>popf14</i>	621443,286	4760440,890	183,728
<i>popm15</i>	621430,373	4760410,353	189,843
<i>popm16</i>	621338,795	4760415,720	191,573
<i>popm17</i>	621330,196	4760314,712	185,889
<i>popm18</i>	621302,377	4760266,436	177,719
<i>popm19</i>	621457,589	4760263,709	176,255
<i>popm20</i>	621452,178	4760340,253	186,610
<i>popm21</i>	621432,072	4760316,673	185,275
<i>popm22</i>	621535,281	4760351,544	179,038
<i>popm23</i>	621525,024	4760443,186	170,632
<i>popm24</i>	621472,652	4760481,146	173,335
<i>popm25</i>	621488,518	4760492,217	171,210
<i>popm26</i>	621644,122	4760120,136	127,543
<i>popm27</i>	621698,233	4759864,370	154,828
<i>popm28</i>	622017,263	4760419,747	100,281
<i>marm01</i>	622523,796	4760821,664	3,700

<i>marf02</i>	622475,151	4760849,034	3,963
<i>marf03</i>	622385,491	4760909,227	2,568
<i>marf04</i>	622336,479	4760985,214	0,756
<i>marf05</i>	622299,860	4761048,272	2,847
<i>marf06</i>	622258,743	4761142,977	1,149
<i>marm07</i>	622336,056	4760845,343	7,168
<i>marm08</i>	622053,250	4760677,440	28,132
<i>marm09</i>	621804,335	4760336,884	79,050

**baratti\_2017\_V\_CAVA**

RECORD	X	Y	Z
5000	622651,141	4759855,784	99,439
6000	622652,338	4759870,857	96,008

**baratti\_2017\_CAVA**

RECORD	X	Y	Z
CL001	622654,253	4759854,616	99,378
CL002	622653,810	4759844,300	96,003
CL003	622651,573	4759842,963	97,339
CL004	622614,697	4759814,009	102,663
CL005	622613,364	4759821,001	99,902
CA006	622635,505	4759839,535	97,729
CL10	622653,815	4759850,644	98,102
CL11	622655,057	4759847,468	95,928
CL12	622651,566	4759842,385	96,901
CL13	622652,555	4759840,852	96,906
CL14	622654,472	4759840,431	97,152
CL15	622654,747	4759839,201	95,196
CL16	622655,089	4759838,872	96,802
CL17	622656,454	4759837,069	97,453
CL18	622657,009	4759836,206	98,218
CA19	622645,736	4759850,350	97,345
CA20	622635,509	4759839,539	97,716
CA21	622635,827	4759828,908	98,005
CA22	622626,841	4759833,200	98,021
CA23	622620,618	4759823,746	98,461
CA24	622609,627	4759835,306	99,224
CA25	622602,487	4759848,566	100,572
CA26	622649,173	4759840,599	94,514
CL27	622612,200	4759830,535	99,816
CL50	622623,378	4759812,207	100,262
CL51	622614,696	4759814,042	102,656

CL52	622613,364	4759821,035	99,900
CL53	622606,761	4759818,188	105,689
CL54	622602,985	4759825,712	103,566
CL55	622605,949	4759828,731	100,141
CL56	622600,353	4759829,856	104,274
CL57	622599,328	4759830,163	105,180
CL58	622598,223	4759829,301	107,540
CL59	622601,236	4759834,039	100,581
CL60	622599,005	4759836,566	102,890
CL61	622595,715	4759838,257	104,682
CL62	622599,736	4759840,909	100,848
CL63	622592,456	4759843,986	103,737
CL64	622599,900	4759843,323	101,613
CL65	622598,354	4759846,085	102,957
CL66	622593,134	4759849,936	106,400
CL67	622597,297	4759849,894	104,528
CL68	622598,973	4759855,362	103,899
CL69	622601,772	4759857,820	102,076
CL70	622602,143	4759859,962	103,904
CL71	622605,632	4759856,157	101,762
CL72	622618,476	4759825,727	99,264
CL73	622615,791	4759825,809	98,540
CL74	622615,606	4759828,809	98,014
CL75	622612,480	4759826,426	98,314
CL76	622609,872	4759825,507	99,231

**baratti\_2017\_SENTIERO**

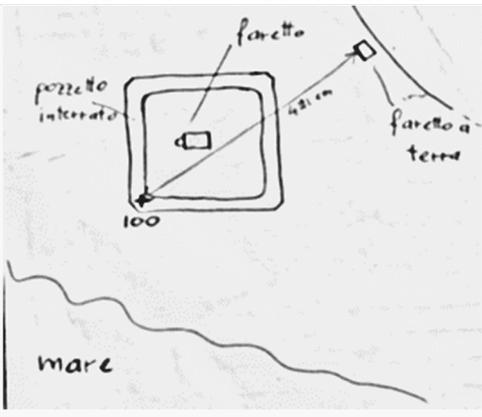
RECORD	X	Y	Z
100	622657,559	4759872,683	95,447
101	622659,338	4759873,989	96,571
102	622662,907	4759873,940	96,129
103	622667,621	4759874,082	95,663
104	622677,881	4759875,655	94,080
105	622686,864	4759874,526	93,302
106	622688,404	4759875,105	92,437
107	622690,550	4759875,292	92,243
108	622679,094	4759869,921	94,683
109	622676,680	4759871,924	94,615
110	622670,237	4759872,325	95,261
111	622667,747	4759870,444	95,336
112	622666,600	4759868,633	96,126
113	622666,600	4759868,634	96,126
114	622665,784	4759870,973	96,155

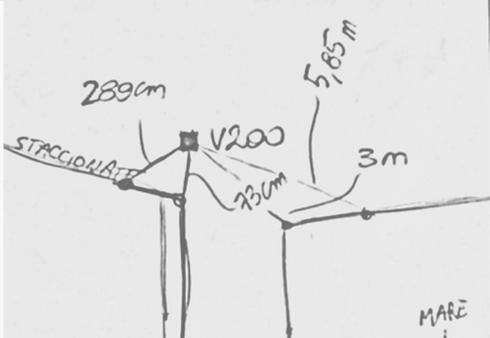
115	622658,372	4759871,803	96,975
116	622657,122	4759873,839	96,471

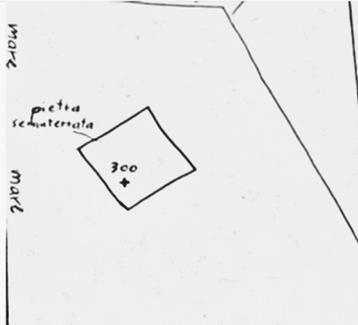
**populonia\_2017\_MURO**

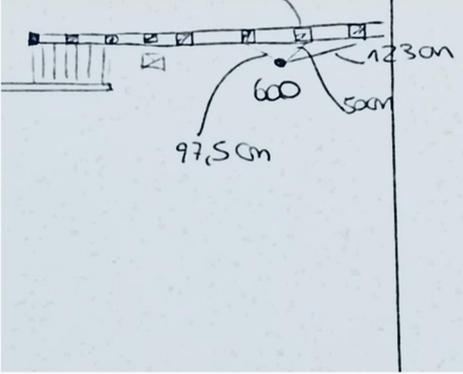
RECORD	X	Y	Z
T1	621424,489	4760479,716	176,776
T2	621428,697	4760478,488	177,533
T3	621428,419	4760478,400	182,535
T4	621431,918	4760477,548	176,283
T5	621434,724	4760476,707	177,385
T6	621434,169	4760477,592	182,769
T7	621438,092	4760475,741	176,193
T8	621441,045	4760474,858	177,391
T9	621442,898	4760474,995	179,619
T10	621449,425	4760468,041	179,790
T11	621447,438	4760473,626	175,946
T12	621457,362	4760470,777	176,155
T13	621423,714	4760479,995	181,121
T14	621427,103	4760479,715	181,223
T15	621430,205	4760478,816	181,210
T16	621433,355	4760477,888	181,189
T17	621436,483	4760476,947	181,164
T18	621439,724	4760476,032	181,185
T19	621442,833	4760475,096	181,139

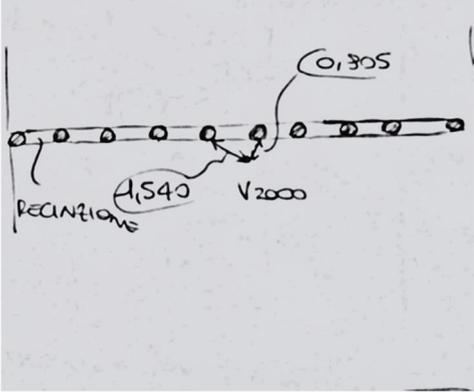
## Allegato 2: Monografie dei vertici

MONOGRAFIA VERTICE	
LUOGO	Necropoli San Cerbone
OPERATORE	Luca Colombo
VERTICE	100
<b>PLANIMETRIA DI BASE</b>	<b>DISEGNO MONOGRAFIA VERTICE</b>
	
TIPO DI MATERIALIZZAZIONE	Tassello con vite a croce
ACQUISIZIONE FOTO	Matteo con fotocamera Nikon
STRUMENTO DI RILIEVO	Geomax
ALTEZZA STRUMENTALE	1,572 m (inclinata) 1,565 m (verticale)
STRUMENTO DI MISURA	Metro
DATA	25/09/2017
ORA INIZIO ACQUISIZIONE	16:45
ORA FINE ACQUISIZIONE	17:53
TIPO DI ANTENNA	Geomax zenit 35 codice:1011
COORDINATE UTM WGS84 (x;y;z)	(623045,733; 4760671,956; 16,594)
COORDINATE LOCALI (x;y;z)	(3045,733; 1671,956; 16,594)
NOTE	Esistente un chiodo a testa emisferica da non considerare

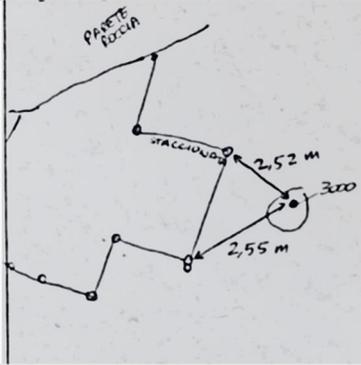
MONOGRAFIA VERTICE	
LUOGO	Necropoli San Cerbone
OPERATORE	Alice Lazzarato
VERTICE	200
<b>PLANIMETRIA DI BASE</b>	<b>DISEGNO MONOGRAFIA VERTICE</b>
	
TIPO DI MATERIALIZZAZIONE	Paletto di legno con ottido e rotella "Politecnico di Torino"
ACQUISIZIONE FOTO	Matteo con fotocamera Nikon
STRUMENTO DI RILIEVO	Geomax
ALTEZZA STRUMENTALE	1,509 m (inclinata) 1,502 m (verticale)
STRUMENTO DI MISURA	Rotella metrica
DATA	25/09/2017
ORA INIZIO ACQUISIZIONE	16:49
ORA FINE ACQUISIZIONE	17:50
TIPO DI ANTENNA	Geomax zenith 35 codice: 2011
COORDINATE UTM WGS84 (x;y;z)	(623029,051; 4760851,646; 8,011)
COORDINATE LOCALI (x;y;z)	(2884,688; 1104,500; 8,011)

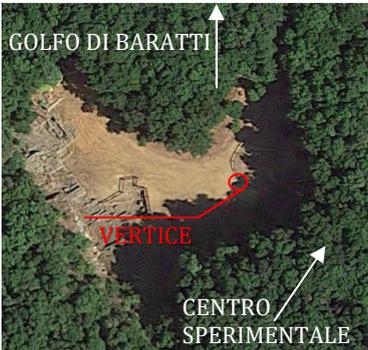
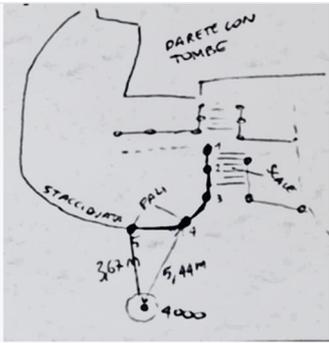
MONOGRAFIA VERTICE	
LUOGO	Necropoli San Cerbone
OPERATORE	Luca Colombo
VERTICE	300
<b>PLANIMETRIA DI BASE</b>	<b>DISEGNO MONOGRAFIA VERTICE</b>
	
TIPO DI MATERIALIZZAZIONE	Tassello con vite a croce
ACQUISIZIONE FOTO	Matteo con fotocamera Nikon
STRUMENTO DI RILIEVO	Leica-3
ALTEZZA STRUMENTALE	9,44 m (verticale)
STRUMENTO DI MISURA	Uncino
DATA	25/09/2017
ORA INIZIO ACQUISIZIONE	16:58
ORA FINE ACQUISIZIONE	17:49
TIPO DI ANTENNA	Leica-3 GPS SYSTEM 1200
COORDINATE UTM WGS84 (x;y;z)	(623115,755; 4760780,243; 11,394)
COORDINATE LOCALI (x;y;z)	(3115,755; 1780,243; 11,394)

MONOGRAFIA VERTICE	
LUOGO	Baratti
OPERATORE	Elisabetta Colucci
VERTICE	600
<b>PLANIMETRIA DI BASE</b>	<b>DISEGNO MONOGRAFIA VERTICE</b>
	
TIPO DI MATERIALIZZAZIONE	Chiodo topografico
ACQUISIZIONE FOTO	Cellulare Luca Colombo
STRUMENTO DI RILIEVO	Leica-4
ALTEZZA STRUMENTALE	9,44 m (verticale)
STRUMENTO DI MISURA	Uncino
DATA	26/09/2017
ORA INIZIO ACQUISIZIONE	18:05
ORA FINE ACQUISIZIONE	19:10
TIPO DI ANTENNA	Leica-4 GPS SYSTEM 1202
COORDINATE UTM WGS84 (x;y;z)	(622555,734; 4760824,616; 3,204)
COORDINATE LOCALI (x;y;z)	(2555,735; 1824,616; 3,204)

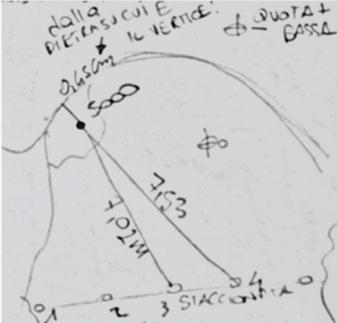
MONOGRAFIA VERTICE	
LUOGO	Centro Sperimentale
OPERATORE	Elena Salvatore
VERTICE	2000
<b>PLANIMETRIA DI BASE</b>	<b>DISEGNO MONOGRAFIA VERTICE</b>
	
TIPO DI MATERIALIZZAZIONE	Picchetto di legno con dischetto "Politecnico di Torino"
ACQUISIZIONE FOTO	Cellulare Elena Salvatore
STRUMENTO DI RILIEVO	Leica-4
ALTEZZA STRUMENTALE	1,131 m (verticale)
STRUMENTO DI MISURA	Uncino
DATA	28/09/2017

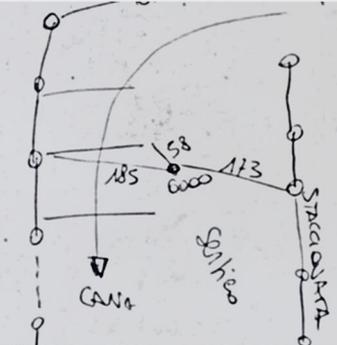
ORA INIZIO ACQUISIZIONE	10:59
ORA FINE ACQUISIZIONE	11:15
TIPO DI ANTENNA	Leica-4 GPS SYSTEM 1202
COORDINATE UTM WGS84 (x;y;z)	(622884,688; 4760104,500; 46,894)
COORDINATE LOCALI (x;y;z)	(2884,688; 1104,500; 46,894)

MONOGRAFIA VERTICE	
LUOGO	Cava delle Grotte
OPERATORE	Alice Lazzarato
VERTICE	3000
<b>PLANIMETRIA DI BASE</b>	<b>DISEGNO MONOGRAFIA VERTICE</b>
	
TIPO DI MATERIALIZZAZIONE	Tassello rosso con vite
ACQUISIZIONE FOTO	Cellulare Alice Lazzarato
STRUMENTO DI RILIEVO	Geomax
ALTEZZA STRUMENTALE	1,573 m (inclinata)
STRUMENTO DI MISURA	Metro
DATA	28/09/2017
ORA INIZIO ACQUISIZIONE	11:00
ORA FINE ACQUISIZIONE	12:35
TIPO DI ANTENNA	Geomax zenith 35 codice:1011
COORDINATE UTM WGS84 (x;y;z)	(622613,581; 4759835,827; 99,008)
COORDINATE LOCALI (x;y;z)	(2613,581; 835,827; 99,008)

MONOGRAFIA VERTICE	
LUOGO	Cava delle Grotte
OPERATORE	Alice Lazzarato
VERTICE	4000
<b>PLANIMETRIA DI BASE</b>	<b>DISEGNO MONOGRAFIA VERTICE</b>
	
TIPO DI MATERIALIZZAZIONE	Tassello rosso con vite + dischetto "Politecnico di Torino"
ACQUISIZIONE FOTO	Cellulare Alice Lazzarato
STRUMENTO DI RILIEVO	Antenna GPS Geomax
ALTEZZA STRUMENTALE	1,518 m (inclinata)

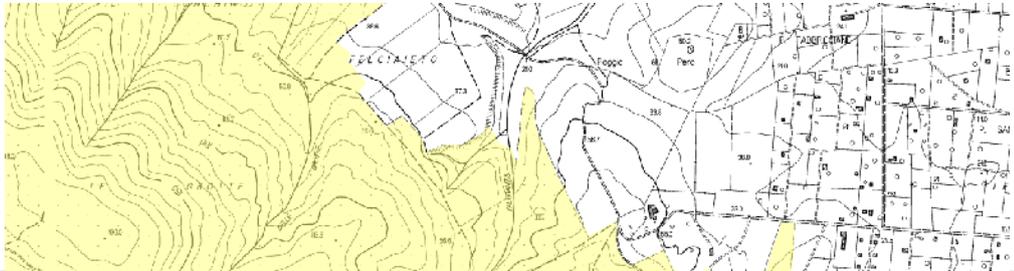
STRUMENTO DI MISURA	Metro
DATA	28/09/2017
ORA INIZIO ACQUISIZIONE	11:02
ORA FINE ACQUISIZIONE	12:35
TIPO DI ANTENNA	Geomax zenit 35 codice:1011
COORDINATE UTM WGS84 (x;y;z)	(622637,215; 4769831,651; 97,848)
COORDINATE LOCALI (x;y;z)	(2637,215; 831,651; 97,848)

MONOGRAFIA VERTICE	
LUOGO	Cava delle Grotte
OPERATORE	Elisabetta Colucci
VERTICE	5000
PLANIMETRIA DI BASE	DISEGNO MONOGRAFIA VERTICE
	
TIPO DI MATERIALIZZAZIONE	Chiodo rosso con rotella
ACQUISIZIONE FOTO	Cellulare Elisabetta Colucci
STRUMENTO DI RILIEVO	Multi station DIATI
ALTEZZA STRUMENTALE	1,535 m (inclinata)
STRUMENTO DI MISURA	Rotella metrica
DATA	28/09/2017
ORA INIZIO ACQUISIZIONE	/
ORA FINE ACQUISIZIONE	/
TIPO DI ANTENNA	/
COORDINATE UTM WGS84 (x;y;z)	(622651,141; 4759855,78; 99,439)
COORDINATE LOCALI (x;y;z)	(2652,338; 855,784; 99,439)

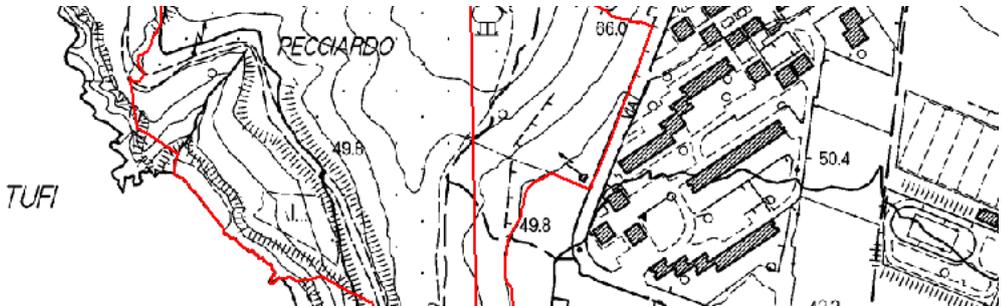
MONOGRAFIA VERTICE	
LUOGO	Cava delle Grotte
OPERATORE	Elisabetta Colucci
VERTICE	5000
PLANIMETRIA DI BASE	DISEGNO MONOGRAFIA VERTICE
	
TIPO DI MATERIALIZZAZIONE	Tassello rosso con vite
ACQUISIZIONE FOTO	Cellulare Elisabetta Colucci
STRUMENTO DI RILIEVO	Con prisma

<b>ALTEZZA STRUMENTALE</b>	1,605 m (inclinata)
<b>STRUMENTO DI MISURA</b>	Rotella metrica
<b>DATA</b>	28/09/2017
<b>ORA INIZIO ACQUISIZIONE</b>	/
<b>ORA FINE ACQUISIZIONE</b>	/
<b>TIPO DI ANTENNA</b>	/
<b>COORDINATE UTM WGS84 (x;y;z)</b>	(622652,338; 4759870,86; 96,008)
<b>COORDINATE LOCALI (x;y;z)</b>	(2652,338; 870,857; 96,008)

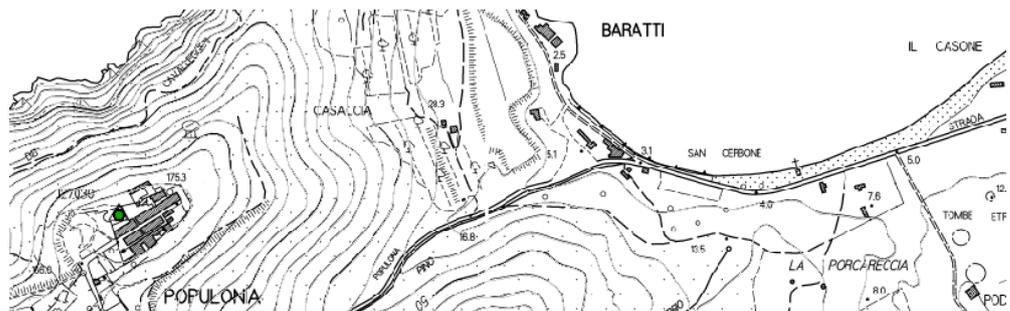
## Allegato 3: Entità ricavate dal sito della regione Toscana

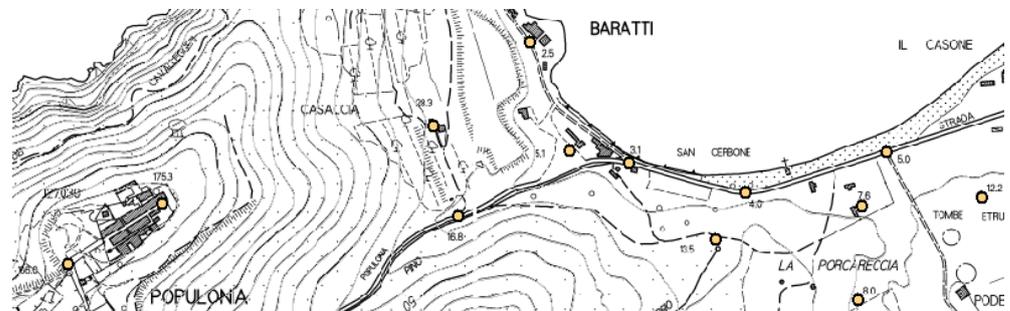
<b>Nome del file</b>	Ambiti_provinciali
	
<b>Descrizione</b>	Entità geometrica di tipo areale la cui informazione risiede nel codice abbinato provincia.
<b>Shape</b>	Poligono
<b>Sistema di riferimento</b>	sistema di coordinate piane Gauss-Boaga Roma 1940

<b>Nome del file</b>	Area_parco_archeologico
	
<b>Descrizione</b>	Entità geometrica di tipo areale indicante le aree naturali protette di interesse locale.
<b>Shape</b>	Poligono
<b>Sistema di riferimento</b>	sistema di coordinate piane Gauss-Boaga Roma 1940

<b>Nome del file</b>	Area_di_limite_amministrativo
	
<b>Descrizione</b>	Entità areale contenente le aree di Comune che insistono sull'area del parco archeologico, come da catasto.
<b>Shape</b>	Poligono
<b>Sistema di riferimento</b>	sistema di coordinate piane Gauss-Boaga Roma 1940

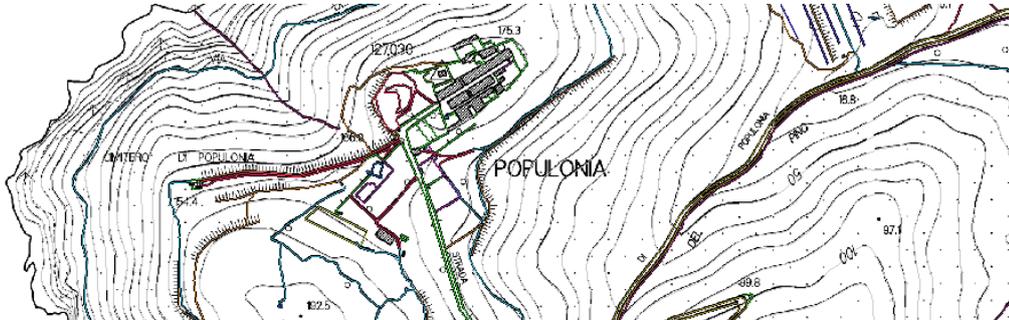
<b>Nome del file</b>	Arco_idrico
	
<b>Descrizione</b>	Copertura di tipo lineare indicante i corsi d'acqua definiti su base cartografica.
<b>Shape</b>	Linea
<b>Sistema di riferimento</b>	sistema di coordinate piane Gauss-Boaga Roma 1940

<b>Nome del file</b>	Vertice_trigonometrico
	
<b>Descrizione</b>	Copertura puntuale indicante gli elementi noti sul terreno quali vertici trigonometrici, punti di appoggio fotografico e caposaldi di livellazione.
<b>Shape</b>	Punto
<b>Sistema di riferimento</b>	sistema di coordinate piane Gauss-Boaga Roma 1940

<b>Nome del file</b>	Punti_quotati
	
<b>Descrizione</b>	Entità puntuali contenenti informazioni di quota.
<b>Shape</b>	Punto
<b>Sistema di riferimento</b>	sistema di coordinate piane Gauss-Boaga Roma 1940

<b>Nome del file</b>	Urbanizzato_puntuale
	
<b>Descrizione</b>	Entità di tipo puntuale contenente nuclei urbani con estensioni inferiori ai quattro ettari.
<b>Shape</b>	Punto
<b>Sistema di riferimento</b>	sistema di coordinate piane Gauss-Boaga Roma 1940

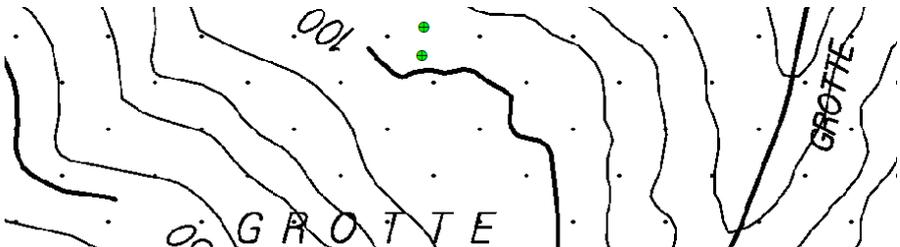
#### Allegato 4: Entità ricavate dal sito della regione Toscana e categorizzate

<b>Nome del file</b>	Elementi_di_copertura
	
<b>Descrizione</b>	Entità di tipo lineare la cui informazione risiede nel codice a cui sono abbinate. Gli elementi sono di tipo misto e non devono essere intesi come facenti parte di un'unica categoria di appartenenza.
<b>Shape</b>	Linea
<b>Sistema di riferimento</b>	sistema di coordinate piane Gauss-Boaga Roma 1940
<b>Categorizzazione</b>	L'entità è stata categorizzata a seconda dei diversi codici presenti nella sezione riferita all'area del parco archeologico.

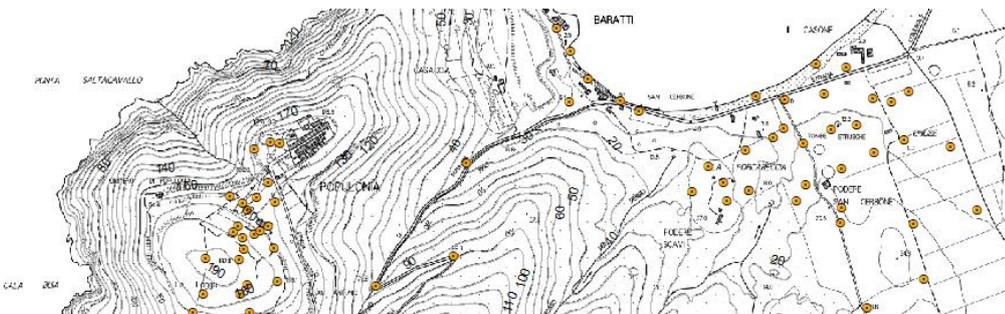
## Allegato 5: Nuove entità

<b>Nome del file</b>	Coordinate_MURO
	
<b>Descrizione</b>	Coordinate misurate tramite collimazione con stazione totale sulla parete del muro presso Populonia alta.
<b>Shape</b>	Punto
<b>Sistema di riferimento</b>	sistema di coordinate UTM ETRF2000

<b>Nome del file</b>	Coordinate_CAVA
	
<b>Descrizione</b>	Coordinate misurate tramite collimazione con stazione totale sulla parete della cava presso Baratti.
<b>Shape</b>	Punto
<b>Sistema di riferimento</b>	sistema di coordinate UTM ETRF2000

<b>Nome del file</b>	Coordinate_V_CAVA
	
<b>Descrizione</b>	Coordinate misurate tramite collimazione con stazione totale sui prismi corrispondenti ai vertici della poligonale calcolata nella cava presso Baratti.
<b>Shape</b>	Punto
<b>Sistema di riferimento</b>	sistema di coordinate UTM ETRF2000

<b>Nome del file</b>	Coordinate_SENTIERO
	
<b>Descrizione</b>	Coordinate misurate tramite collimazione con stazione totale sulla parete delle tombe a camera, scavate nella roccia, e situate nella Necropoli delle Grotte.
<b>Shape</b>	Punto
<b>Sistema di riferimento</b>	sistema di coordinate UTM ETRF2000

<b>Nome del file</b>	Coordinate_RTK
	
<b>Descrizione</b>	Coordinate misurate tramite utilizzo di ricevitori GPS in modalità dinamica (tecnica stop and go).
<b>Shape</b>	Punto
<b>Sistema di riferimento</b>	sistema di coordinate UTM ETRF2000

## Allegato 6: Tabelle degli attributi

---

### ambiti\_provinciali

AREA	PERIMETER	AM_PROV_	AM_PROV_ID	CODPROV	NOME	SIGLA
1212214605,27	637492,02	10	10	09049	LIVORNO	LI

### area\_limite\_amministrativo

FOGLIO	CODICE	RECORD	ISTAT	TOPON	AREA	E_CENT	N_CENT
317070	0912	103619	49012	PIOMBINO	10554291,39	1624396,44	4755508,73
317060	0912	5727	49012	PIOMBINO	425224,85	1622081,41	4755863,47
317030	0912	70270	49012	PIOMBINO	35826821,82	1625500,88	4759315,23
317020	0912	25297	49012	PIOMBINO	84,33	1621749,81	4758707,57
305150	0912	7625	49012	PIOMBINO	8708835,24	1623655,27	4761854,12

### area\_parco\_archeologico

AREA	PERIMETER	AP_ANPIL_	AP_ANPIL_I	CODICE	NOME
12871590,15	48252,72	48	55	APLI04	BARATTI POPULONIA

### curve\_dilivello

FOGLIO	CODICE	RECORD	VALORE	FOGLIO	CODICE	RECORD	VALORE
317070	0801	35191	150,00	317070	0802	98748	170,00
317070	0802	35403	160,00	317070	0802	98770	160,00
317070	0802	35459	170,00	317070	0802	99014	70,00
317070	0801	96212	150,00	317070	0801	99671	50,00
317070	0802	96223	140,00	317070	0801	100257	100,00
317070	0802	96269	130,00	317070	0802	100331	80,00
317070	0802	96308	120,00	317070	0802	101256	70,00
317070	0802	96351	110,00	317070	0802	101269	70,00
317070	0801	96819	150,00	317070	0802	101607	60,00
317070	0802	96896	90,00	317070	0802	111430	40,00
317070	0802	98405	130,00	317060	0802	1	80,00
317070	0802	98585	140,00	317060	0801	36	50,00
317070	0802	98712	140,00	317060	0801	60	50,00
317070	0802	98723	140,00	317060	0802	89	40,00
317070	0802	98741	130,00	317060	0801	1801	100,00

[estratto della tabella]

### urbanizzato\_puntuale

FOGLIO	CODICE	RECORD	TOPON
317030	0231	4044	BARATTI
317020	0231	456	POPULONIA

**entità\_areali**

FOGLIO	CODICE	RECORD	TOPON	AREA
317060	0305	1091	MARE TIRRENO	37264120,09
305150	0714	6507	CEDUO	120495,66
305150	0714	29123	PINO	200477,99
317030	0305	13426	MARE TIRRENO	1005165,87
317020	0712	277	OLIVO	8347,75
317020	0712	293	OLIVO	8276,55
317020	0712	313	OLIVO	14033,09
317020	0714	2332	CEDUO	404261,89
317020	0714	2457	CEDUO	71174,91
317020	0714	3653	CEDUO	4215049,73
317020	0228	4814	CIMITERO DI POPULONIA	202,44

**quota\_al\_suolo**

FOGLIO	CODICE	RECORD	VALORE
317070	0804	1902	165,60
317060	0804	54	17,80
317060	0804	56	57,30
317060	0804	58	49,80
317060	0804	60	84,50
317060	0804	64	36,50
317060	0804	66	107,80
317030	0804	3188	210,60
317030	0804	3190	198,00
317030	0804	3192	229,10
317030	0804	3194	253,80

[estratto della tabella]

**vertici\_trigonometrici**

FOGLIO	CODICE	RECORD	NUMERO	FOG50K
317030	0909	1690	3170301	317
317020	0907	446	127030	317
317020	0907	448	127021	317
305150	0907	2200	119210	305

**elementi\_puntuali**

FOGLIO	CODICE	RECORD	FOGLIO	CODICE	RECORD
317070	0704	834	317060	0729	82
317070	0719	1218	317060	0212	84
317070	0719	1220	317030	0313	1692
317070	0212	1958	317030	0719	1744

[estratto della tabella]

**elementi\_copertura**

FOGLIO	CODICE	RECORD	DIMENS	FOGLIO	CODICE	RECORD	DIMENS
317070	0103	49145	41,23	317060	0702	5313	44,48
317070	0101	49176	2008,95	317060	0103	5318	6,69
317070	0103	49635	125,98	317060	0102	6206	1897,29
317070	0103	49650	87,22	317030	0205	622	105,94
317070	0103	49842	303,87	317030	0205	731	86,12
317070	0101	50200	453,31	317030	0205	821	47,78
317070	0103	50291	282,61	317030	0205	957	30,03

[estratto della tabella]

**arco\_viario**

FOGLIO	CODICE	RECORD	TIPO	IDENTIF	CLASSE	STATO	SEDE	TRATTO	NODOI	NODOF
317030	0131	72264	304	4000208	312	031	060	332	024	071
317030	0131	72281	304	4000208	312	031	063	332	071	096
317030	0131	72285	304	4000208	312	031	063	332	096	071
317030	0131	72289	304	4000208	312	031	060	332	071	093
317030	0131	72299	304	4000208	312	031	060	332	093	093
317030	0131	72309	304	4000208	312	031	060	332	093	071
317030	0131	72319	304	4000208	312	031	063	332	071	096
317030	0131	72327	304	4000208	312	031	060	332	071	071
317030	0131	72350	304	4000208	312	031	060	332	071	024
317030	0131	72390	303	3490230	312	031	060	332	081	071
317020	0131	30029	304	4000208	312	031	060	332	072	071
317020	0131	30106	304	4000208	312	031	063	332	071	096
317020	0131	30110	304	4000208	312	031	063	332	096	071
317020	0131	30114	304	4000208	312	031	060	332	071	024

TOPON	E_NODOI	N_NODOI	E_NODOF	N_NODOF
STRADA COMUNALE DI POPULONIA	1622236,41	4760775,67	1622466,32	4760860,32
STRADA COMUNALE DI POPULONIA	1622466,32	4760860,32	1622468,47	4760860,09
STRADA COMUNALE DI POPULONIA	1622468,47	4760860,09	1622470,67	4760859,87
STRADA COMUNALE DI POPULONIA	1622470,67	4760859,87	1622688,11	4760805,79
STRADA COMUNALE DI POPULONIA	1622688,11	4760805,79	1622870,41	4760854,50
STRADA COMUNALE DI POPULONIA	1622870,41	4760854,50	1623285,75	4760991,36
STRADA COMUNALE DI POPULONIA	1623285,75	4760991,36	1623289,77	4760995,06
STRADA COMUNALE DI POPULONIA	1623294,33	4760999,63	1623605,35	4761373,67
STRADA COMUNALE DI POPULONIA	1623620,36	4761386,17	1624340,81	4761846,76
S.P. DELLA PRINCIPESSA (N.23)	1625070,00	4761480,93	1625088,23	4758513,63
STRADA COMUNALE DI POPULONIA	1621651,75	4760756,75	1621829,64	4760344,12
STRADA COMUNALE DI POPULONIA	1621829,64	4760344,12	1621826,74	4760344,91
STRADA COMUNALE DI POPULONIA	1621826,74	4760344,91	1621825,52	4760346,85
STRADA COMUNALE DI POPULONIA	1621825,52	4760346,85	1622236,41	4760775,67

**arco\_idrico**

FOGLIO	CODICE	RECORD	TIPO	IDENTIF	SCORRIM	MEZZER	NODOI	NODOF
317060	0321	7265	206	753	058	211	072	072
317030	0321	72680	206	734	058	211	072	024
317030	0321	72716	206	735	058	211	093	072
317030	0321	72751	206	737	058	211	072	075
317030	0321	72812	206	738	058	211	072	075
317030	0321	72841	206	739	058	211	072	072
317030	0321	73100	206	726	058	211	024	093
317030	0321	73115	206	726	058	211	093	072
317030	0321	73122	206	107	058	211	072	075
317030	0321	73178	206	741	058	211	072	075
317030	0321	73317	206	743	058	211	072	093
317030	0321	73409	206	743	058	211	093	072

TOPON	E_NODOI	N_NODOI	E_NODOF	N_NODOF
FOSSO DEL PECCIARDO	1622114,26	4755630,62	1622045,23	4755511,13
RIO FANALE	1622503,60	4757345,14	1622298,37	4757300,20
FOSSO DELLA FOCECCHIOLA	1623613,88	4761380,77	1623430,43	4761485,06
FOSSO DEL GIGANTE	1622706,35	4757131,09	1623113,09	4756507,27
FOSSO DEI DIACCIONI	1623529,32	4756678,39	1623059,71	4756322,64
FOSSO DEL BERLANGONE	1622334,96	4758078,03	1623783,57	4758358,91
FOSSO DEL PINO	1622236,51	4760769,52	1622468,47	4760860,09
FOSSO DEL PINO	1622468,47	4760860,09	1622487,58	4760874,54
RIO SALIVOLI	1623362,95	4756731,28	1623113,09	4756507,27
FOSSO BOTTAGONE	1623944,59	4759144,34	1624791,11	4757836,79
FOSSO DI VALGRANITA	1622894,75	4759284,54	1623289,77	4760995,06
FOSSO DI VALGRANITA	1623289,77	4760995,06	1623170,80	4761089,78

[estratto della tabella]

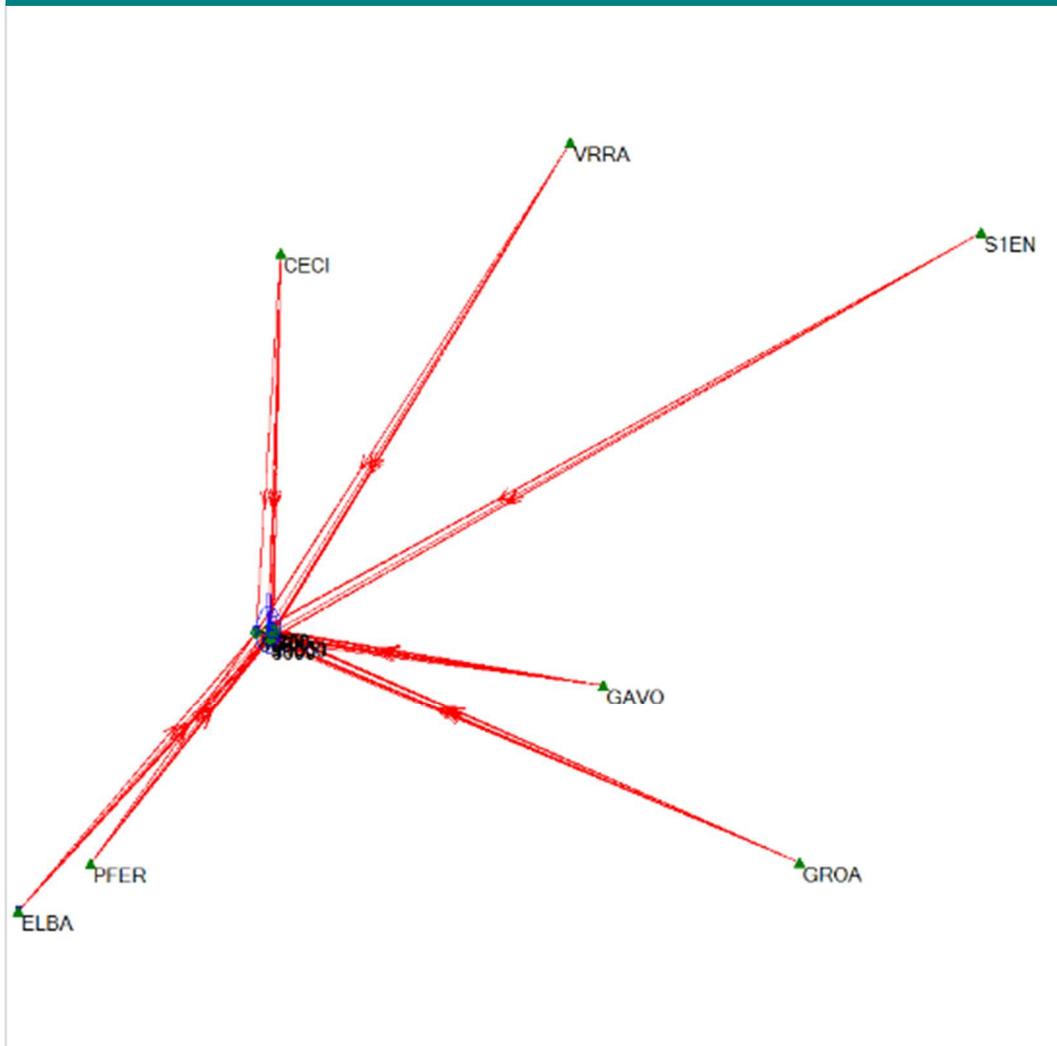
**Tabella\_aggregazione**

CODICE	MEANING	CODICE	MEANING
0322	AREA IDRICA	0608	GHIACCIAIO/NEVAIO
0132	ARCO FERROVIARIO	0709	GIARDINO/PARCO
0321	ARCO IDRICO	0710	LIMITE DI ORTO/VIVAIO
0912	AREA LIMITE AMMINISTRATIVO	0711	LIMITE DI VIGNETO
0222	ISOLATO	0712	LIMITE DI OLIVETO
0230	AREA URBANIZZATA	0713	LIMITE DI FRUTTETO
0131	ARCO VIARIO	0714	LIMITE DI BOSCO MACCHIA
0801	CURVA DIRETTRICE	0905	LIMITE DI ZONA DI CENSURA MILITARE
0802	CURVA ORDINARIA	0906	LIMITE DI ZONA CATOGRAFATA
0123	PIATTAFORMA GIREVOLE	0101	STRADA SFALTATA

[estratto della tabella]

# Allegato 7

## Report di calcolo delle baseline per i vertici 1000 e 2000 e compensazione della rete



## Risultati - Baseline CECI - v1000

### Informazioni progetto

Nome progetto: rete GNSS baratti 2017 (3)  
 Data creazione: 03/05/2018 12:48:31  
 Fuso orario: 1h 00'  
 Nome sistema coordinate: UTM WGS84 F32  
 Software applicazione: LEICA Geo Office 8.4  
 Elaborazione memoria a nuclei: PSI-Pro 4.0  
 effettuato: 10/09/2017 18:12:51

### Informazioni punto

	<b>Riferimento: CECI</b>	<b>rover: v1000</b>
Tipo ricevitore / S/N:	LEICAGR30 / 1705454	GX1230+ GNSS / 351372
Tipo antenna / S/N:	AS10 / -	AX1203+ GNSS Tripod / -
Altezza antenna:	0.0000 m	1.0800 m
Coordinate iniziali:		
Latitudine:	43° 18' 39.60786" N	42° 58' 59.40980" N
Longitudine:	10° 31' 35.87367" E	10° 30' 24.69639" E
Quota ellis.:	75.5669 m	98.1250 m

### Parametri elaborazione

Parametri	Selezionate	Usate	Commento
Angolo di cut-off:	15°	15°	
Tipo effemeridi (GPS):	Trasmesse	Trasmesse	
Tipo effemeridi (GLONASS):	Trasmesse	Trasmesse	
Tipo soluzione:	Automatico	Fase: tutto fix	
Tipo GNSS:	Automatico	GPS / GLONASS	
Frequenza:	Automatico	L1 e L2	
Fissa ambiguità fino a:	80 km	80 km	
Durata minima per soluzione float (statico):	5' 00"	5' 00"	
Frequenza di campionamento:	Usa tutto	30	
Modello troposferico:	Hopfield	Hopfield	
Modello ionosferico:	Automatico	Calcolato	
Usa modello stocastico:	Sì	Sì	
Distanza minima:	8 km	8 km	
Attività ionosferica:	Automatico	Automatico	

### Selezione satellite

Satelliti GPS disattivati manualmente (PRN):	Nessuno
Satelliti GLONASS disattivati manualmente (ID slot):	Nessuno
Satelliti Galileo esclusi manualmente:	Nessuno

Manually disabled Beidou  
satellites: Nessuno

## Coordinate finali

	<b>Riferimento:CECI</b>	<b>rover:v1000</b>
Coordinate:		
Latitudine:	43° 18' 39.60786" N	42° 58' 59.40958" N
Longitudine:	10° 31' 35.87367" E	10° 30' 24.69532" E
Quota ellis.:	75.5669 m	98.1462 m
Tipo soluzione:	Fase: tutto fix	
Tipo GNSS:	GPS / GLONASS	
Frequenza:	IonoFree (L3)	
Ambiguità:	Sì	
Qualità:	Dp. Lat: 0.0013 m      Dp. Lon: 0.0011 m      Dp. Quota: 0.0042 m Qualità plan.: 0.0017 m      Dp. dislivello: 0.0013 m	

## Risultati - Baseline GAVO - v1000

---

### Informazioni progetto

---

Nome progetto: rete GNSS baratti 2017 (3)  
 Data creazione: 03/05/2018 12:48:31  
 Fuso orario: 1h 00'  
 Nome sistema coordinate: UTM WGS84 F32  
 Software applicazione: LEICA Geo Office 8.4  
 Elaborazione memoria a nuclei: PSI-Pro 4.0  
 effettuato: 10/09/2017 18:12:51

---

### Informazioni punto

---

	<b>Riferimento: GAVO</b>	<b>rover: v1000</b>
Tipo ricevitore / S/N:	LEICAGR30 / 1703887	GX1230+ GNSS / 351372
Tipo antenna / S/N:	AR10 / -	AX1203+ GNSS Tripod / -
Altezza antenna:	0.0000 m	1.0800 m
Coordinate iniziali:		
Latitudine:	42° 56' 11.67773" N	42° 58' 59.40980" N
Longitudine:	10° 53' 20.17974" E	10° 30' 24.69639" E
Quota ellis.:	101.6404 m	98.1250 m

---

### Parametri elaborazione

---

Parametri	Selezionate	Usate	Commento
Angolo di cut-off:	15°	15°	
Tipo effemeridi (GPS):	Trasmesse	Trasmesse	
Tipo effemeridi (GLONASS):	Trasmesse	Trasmesse	
Tipo soluzione:	Automatico	Fase: tutto fix	
Tipo GNSS:	Automatico	GPS / GLONASS	
Frequenza:	Automatico	L1 e L2	
Fissa ambiguità fino a:	80 km	80 km	
Durata minima per soluzione float (statico):	5' 00"	5' 00"	
Frequenza di campionamento:	Usa tutto	30	
Modello troposferico:	Hopfield	Hopfield	
Modello ionosferico:	Automatico	Calcolato	
Usa modello stocastico:	Sì	Sì	
Distanza minima:	8 km	8 km	
Attività ionosferica:	Automatico	Automatico	

---

### Selezione satellite

---

Satelliti GPS disattivati manualmente (PRN):	Nessuno
Satelliti GLONASS disattivati manualmente (ID slot):	Nessuno
Satelliti Galileo esclusi manualmente:	Nessuno

Manually disabled Beidou  
satellites: Nessuno

---

## Coordinate finali

---

	<b>Riferimento:GAVO</b>	<b>rover:v1000</b>
Coordinate:		
Latitudine:	42° 56' 11.67773" N	42° 58' 59.40904" N
Longitudine:	10° 53' 20.17974" E	10° 30' 24.69576" E
Quota ellis.:	101.6404 m	98.1532 m
Tipo soluzione:	Fase: tutto fix	
Tipo GNSS:	GPS / GLONASS	
Frequenza:	IonoFree (L3)	
Ambiguità:	Sì	
Qualità:	Dp. Lat: 0.0014 m      Dp. Lon: 0.0012 m      Dp. Quota: 0.0046 m Qualità plan.: 0.0018 m      Dp. dislivello: 0.0012 m	

## Risultati - Baseline GROA - v1000

---

### Informazioni progetto

---

Nome progetto: rete GNSS baratti 2017 (3)  
 Data creazione: 03/05/2018 12:48:31  
 Fuso orario: 1h 00'  
 Nome sistema coordinate: UTM WGS84 F32  
 Software applicazione: LEICA Geo Office 8.4  
 Elaborazione memoria a nuclei: PSI-Pro 4.0  
 effettuato: 10/09/2017 18:12:51

---

### Informazioni punto

---

	<b>Riferimento: GROA</b>	<b>rover: v1000</b>
Tipo ricevitore / S/N:	GMX902GG / 7330544	GX1230+ GNSS / 351372
Tipo antenna / S/N:	AS10 / -	AX1203+ GNSS Tripod / -
Altezza antenna:	0.0000 m	1.0800 m
Coordinate iniziali:		
Latitudine:	42° 46' 54.30388" N	42° 58' 59.40980" N
Longitudine:	11° 06' 33.43138" E	10° 30' 24.69639" E
Quota ellis.:	68.0321 m	98.1250 m

---

### Parametri elaborazione

---

Parametri	Selezionate	Usate	Commento
Angolo di cut-off:	15°	15°	
Tipo effemeridi (GPS):	Trasmesse	Trasmesse	
Tipo effemeridi (GLONASS):	Trasmesse	Trasmesse	
Tipo soluzione:	Automatico	Fase: tutto fix	
Tipo GNSS:	Automatico	GPS / GLONASS	
Frequenza:	Automatico	L1 e L2	
Fissa ambiguità fino a:	80 km	80 km	
Durata minima per soluzione float (statico):	5' 00"	5' 00"	
Frequenza di campionamento:	Usa tutto	30	
Modello troposferico:	Hopfield	Hopfield	
Modello ionosferico:	Automatico	Calcolato	
Usa modello stocastico:	Sì	Sì	
Distanza minima:	8 km	8 km	
Attività ionosferica:	Automatico	Automatico	

---

### Selezione satellite

---

Satelliti GPS disattivati manualmente (PRN):	Nessuno
Satelliti GLONASS disattivati manualmente (ID slot):	Nessuno
Satelliti Galileo esclusi manualmente:	Nessuno

Manually disabled Beidou  
satellites: Nessuno

---

## Coordinate finali

---

	<b>Riferimento:GROA</b>	<b>rover:v1000</b>
Coordinate:		
Latitudine:	42° 46' 54.30388" N	42° 58' 59.40910" N
Longitudine:	11° 06' 33.43138" E	10° 30' 24.69567" E
Quota ellis.:	68.0321 m	98.1880 m
Tipo soluzione:	Fase: tutto fix	
Tipo GNSS:	GPS / GLONASS	
Frequenza:	IonoFree (L3)	
Ambiguità:	Sì	
Qualità:	Dp. Lat: 0.0013 m      Dp. Lon: 0.0011 m      Dp. Quota: 0.0042 m Qualità plan.: 0.0017 m      Dp. dislivello: 0.0011 m	

## Risultati - Baseline PFER - v1000

### Informazioni progetto

Nome progetto: rete GNSS baratti 2017 (3)  
 Data creazione: 03/05/2018 12:48:31  
 Fuso orario: 1h 00'  
 Nome sistema coordinate: UTM WGS84 F32  
 Software applicazione: LEICA Geo Office 8.4  
 Elaborazione memoria a nuclei: PSI-Pro 4.0  
 effettuato: 10/09/2017 18:12:51

### Informazioni punto

	<b>Riferimento: PFER</b>	<b>rover: v1000</b>
Tipo ricevitore / S/N:	LEICAGR30 / 1703545	GX1230+ GNSS / 351372
Tipo antenna / S/N:	AR10 / -	AX1203+ GNSS Tripod / -
Altezza antenna:	0.0000 m	1.0800 m
Coordinate iniziali:		
Est:	605893.7685 m	622856.2231 m
Nord:	4738634.6314 m	4760047.3682 m
Quota ellis.:	71.9472 m	98.1250 m

### Parametri elaborazione

Parametri	Selezionate	Usate	Commento
Angolo di cut-off:	15°	15°	
Tipo effemeridi (GPS):	Trasmesse	Trasmesse	
Tipo effemeridi (GLONASS):	Trasmesse	Trasmesse	
Tipo soluzione:	Automatico	Fase: tutto fix	
Tipo GNSS:	Automatico	GPS / GLONASS	
Frequenza:	Automatico	L1 e L2	
Fissa ambiguità fino a:	80 km	80 km	
Durata minima per soluzione float (statico):	5' 00"	5' 00"	
Frequenza di campionamento:	Usa tutto	30	
Modello troposferico:	Hopfield	Hopfield	
Modello ionosferico:	Automatico	Calcolato	
Usa modello stocastico:	Sì	Sì	
Distanza minima:	8 km	8 km	
Attività ionosferica:	Automatico	Automatico	

### Selezione satellite

Satelliti GPS disattivati manualmente (PRN):	Nessuno
Satelliti GLONASS disattivati manualmente (ID slot):	Nessuno
Satelliti Galileo esclusi manualmente:	Nessuno

Manually disabled Beidou  
satellites: Nessuno

---

## Coordinate finali

---

	<b>Riferimento:PFER</b>	<b>rover:v1000</b>
Coordinate:		
Est:	605893.7685 m	622856.2018 m
Nord:	4738634.6314 m	4760047.3476 m
Quota ellis.:	71.9472 m	98.1331 m
Tipo soluzione:	Fase: tutto fix	
Tipo GNSS:	GPS / GLONASS	
Frequenza:	IonoFree (L3)	
Ambiguità:	Sì	
Qualità:	Dp. E: 0.0012 m      Dp. N: 0.0014 m      Dp. Quota: 0.0046 m Qualità plan.: 0.0019 m      Dp. dislivello: 0.0014 m	

## Risultati - Baseline S1EN - v1000

---

### Informazioni progetto

---

Nome progetto: rete GNSS baratti 2017 (3)  
 Data creazione: 03/05/2018 12:48:31  
 Fuso orario: 1h 00'  
 Nome sistema coordinate: UTM WGS84 F32  
 Software applicazione: LEICA Geo Office 8.4  
 Elaborazione memoria a nuclei: PSI-Pro 4.0  
 effettuato: 10/09/2017 18:12:51

---

### Informazioni punto

---

	<b>Riferimento: S1EN</b>	<b>rover: v1000</b>
Tipo ricevitore / S/N:	GMX902GNSS / 10210078	GX1230+ GNSS / 351372
Tipo antenna / S/N:	AS10 / -	AX1203+ GNSS Tripod / -
Altezza antenna:	0.0000 m	1.0800 m
Coordinate iniziali:		
Latitudine:	43° 18' 53.79132" N	42° 58' 59.40980" N
Longitudine:	11° 20' 15.84963" E	10° 30' 24.69639" E
Quota ellis.:	386.7587 m	98.1250 m

---

### Parametri elaborazione

---

Parametri	Selezionate	Usate	Commento
Angolo di cut-off:	15°	15°	
Tipo effemeridi (GPS):	Trasmesse	Trasmesse	
Tipo effemeridi (GLONASS):	Trasmesse	Trasmesse	
Tipo soluzione:	Automatico	Fase: tutto fix	
Tipo GNSS:	Automatico	GPS / GLONASS	
Frequenza:	Automatico	L1 e L2	
Fissa ambiguità fino a:	80 km	80 km	
Durata minima per soluzione float (statico):	5' 00"	5' 00"	
Frequenza di campionamento:	Usa tutto	30	
Modello troposferico:	Hopfield	Hopfield	
Modello ionosferico:	Automatico	Calcolato	
Usa modello stocastico:	Sì	Sì	
Distanza minima:	8 km	8 km	
Attività ionosferica:	Automatico	Automatico	

---

### Selezione satellite

---

Satelliti GPS disattivati manualmente (PRN):	Nessuno
Satelliti GLONASS disattivati manualmente (ID slot):	Nessuno
Satelliti Galileo esclusi manualmente:	Nessuno

Manually disabled Beidou  
satellites: Nessuno

---

## Coordinate finali

---

	<b>Riferimento:S1EN</b>	<b>rover:v1000</b>
Coordinate:		
Latitudine:	43° 18' 53.79132" N	42° 58' 59.40973" N
Longitudine:	11° 20' 15.84963" E	10° 30' 24.69564" E
Quota ellis.:	386.7587 m	98.1207 m
Tipo soluzione:	Fase: tutto fix	
Tipo GNSS:	GPS / GLONASS	
Frequenza:	IonoFree (L3)	
Ambiguità:	Sì	
Qualità:	Dp. Lat: 0.0020 m      Dp. Lon: 0.0017 m      Dp. Quota: 0.0067 m Qualità plan.: 0.0026 m      Dp. dislivello: 0.0019 m	

## Risultati - Baseline VRRRA - v1000

---

### Informazioni progetto

---

Nome progetto: rete GNSS baratti 2017 (3)  
 Data creazione: 03/05/2018 12:48:31  
 Fuso orario: 1h 00'  
 Nome sistema coordinate: UTM WGS84 F32  
 Software applicazione: LEICA Geo Office 8.4  
 Elaborazione memoria a nuclei: PSI-Pro 4.0  
 effettuato: 10/09/2017 18:12:51

---

### Informazioni punto

---

	<b>Riferimento: VRRRA</b>	<b>rover: v1000</b>
Tipo ricevitore / S/N:	LEICAGR30 / 1703686	GX1230+ GNSS / 351372
Tipo antenna / S/N:	AR10 / -	AX1203+ GNSS Tripod / -
Altezza antenna:	0.0000 m	1.0800 m
Coordinate iniziali:		
Latitudine:	43° 24' 02.40737" N	42° 58' 59.40980" N
Longitudine:	10° 51' 54.25585" E	10° 30' 24.69639" E
Quota ellis.:	597.8198 m	98.1250 m

---

### Parametri elaborazione

---

Parametri	Selezionate	Usate	Commento
Angolo di cut-off:	15°	15°	
Tipo effemeridi (GPS):	Trasmesse	Trasmesse	
Tipo effemeridi (GLONASS):	Trasmesse	Trasmesse	
Tipo soluzione:	Automatico	Fase: tutto fix	
Tipo GNSS:	Automatico	GPS / GLONASS	
Frequenza:	Automatico	L1 e L2	
Fissa ambiguità fino a:	80 km	80 km	
Durata minima per soluzione float (statico):	5' 00"	5' 00"	
Frequenza di campionamento:	Usa tutto	30	
Modello troposferico:	Hopfield	Hopfield	
Modello ionosferico:	Automatico	Calcolato	
Usa modello stocastico:	Sì	Sì	
Distanza minima:	8 km	8 km	
Attività ionosferica:	Automatico	Automatico	

---

### Selezione satellite

---

Satelliti GPS disattivati manualmente (PRN):	Nessuno
Satelliti GLONASS disattivati manualmente (ID slot):	Nessuno
Satelliti Galileo esclusi manualmente:	Nessuno

Manually disabled Beidou  
satellites: Nessuno

---

## Coordinate finali

---

	<b>Riferimento:VRR</b>	<b>rover:v1000</b>
Coordinate:		
Latitudine:	43° 24' 02.40737" N	42° 58' 59.40941" N
Longitudine:	10° 51' 54.25585" E	10° 30' 24.69531" E
Quota ellis.:	597.8198 m	98.0987 m
Tipo soluzione:	Fase: tutto fix	
Tipo GNSS:	GPS / GLONASS	
Frequenza:	IonoFree (L3)	
Ambiguità:	Sì	
Qualità:	Dp. Lat: 0.0013 m      Dp. Lon: 0.0012 m      Dp. Quota: 0.0044 m Qualità plan.: 0.0018 m      Dp. dislivello: 0.0013 m	

## Risultati - Baseline CECI - v2000

### Informazioni progetto

Nome progetto: rete GNSS baratti 2017 (3)  
 Data creazione: 03/05/2018 12:48:31  
 Fuso orario: 1h 00'  
 Nome sistema coordinate: UTM WGS84 F32  
 Software applicazione: LEICA Geo Office 8.4  
 Elaborazione memoria a nuclei: PSI-Pro 4.0  
 effettuato: 10/09/2017 18:12:52

### Informazioni punto

	<b>Riferimento: CECI</b>	<b>rover: v1001</b>
Tipo ricevitore / S/N:	LEICAGR30 / 1705454	GX1230+ GNSS / 351372
Tipo antenna / S/N:	AS10 / -	AX1203+ GNSS Tripod / -
Altezza antenna:	0.0000 m	1.1310 m
Coordinate iniziali:		
Latitudine:	43° 18' 39.60786" N	42° 59' 01.24497" N
Longitudine:	10° 31' 35.87367" E	10° 30' 25.99846" E
Quota ellis.:	75.5669 m	94.8954 m

### Parametri elaborazione

Parametri	Selezionate	Usate	Commento
Angolo di cut-off:	15°	15°	
Tipo effemeridi (GPS):	Trasmesse	Trasmesse	
Tipo effemeridi (GLONASS):	Trasmesse	Trasmesse	
Tipo soluzione:	Automatico	Fase: tutto fix	
Tipo GNSS:	Automatico	GPS / GLONASS	
Frequenza:	Automatico	L1 e L2	
Fissa ambiguità fino a:	80 km	80 km	
Durata minima per soluzione float (statico):	5' 00"	5' 00"	
Frequenza di campionamento:	Usa tutto	30	
Modello troposferico:	Hopfield	Hopfield	
Modello ionosferico:	Automatico	Calcolato	
Usa modello stocastico:	Sì	Sì	
Distanza minima:	8 km	8 km	
Attività ionosferica:	Automatico	Automatico	

### Selezione satellite

Satelliti GPS disattivati manualmente (PRN):	Nessuno
Satelliti GLONASS disattivati manualmente (ID slot):	Nessuno
Satelliti Galileo esclusi manualmente:	Nessuno

Manually disabled Beidou  
satellites: Nessuno

---

## Coordinate finali

---

	<b>Riferimento:CECI</b>	<b>rover:v1001</b>
Coordinate:		
Latitudine:	43° 18' 39.60786" N	42° 59' 01.24520" N
Longitudine:	10° 31' 35.87367" E	10° 30' 25.99764" E
Quota ellis.:	75.5669 m	94.9007 m
Tipo soluzione:	Fase: tutto fix	
Tipo GNSS:	GPS / GLONASS	
Frequenza:	IonoFree (L3)	
Ambiguità:	Sì	
Qualità:	Dp. Lat: 0.0010 m      Dp. Lon: 0.0009 m      Dp. Quota: 0.0029 m Qualità plan.: 0.0013 m      Dp. dislivello: 0.0010 m	

## Risultati - Baseline GAVO - v2000

---

### Informazioni progetto

---

Nome progetto: rete GNSS baratti 2017 (3)  
 Data creazione: 03/05/2018 12:48:31  
 Fuso orario: 1h 00'  
 Nome sistema coordinate: UTM WGS84 F32  
 Software applicazione: LEICA Geo Office 8.4  
 Elaborazione memoria a nuclei: PSI-Pro 4.0  
 effettuato: 10/09/2017 18:12:52

---

### Informazioni punto

---

	<b>Riferimento: GAVO</b>	<b>rover: v1001</b>
Tipo ricevitore / S/N:	LEICAGR30 / 1703887	GX1230+ GNSS / 351372
Tipo antenna / S/N:	AR10 / -	AX1203+ GNSS Tripod / -
Altezza antenna:	0.0000 m	1.1310 m
Coordinate iniziali:		
Latitudine:	42° 56' 11.67773" N	42° 59' 01.24497" N
Longitudine:	10° 53' 20.17974" E	10° 30' 25.99846" E
Quota ellis.:	101.6404 m	94.8954 m

---

### Parametri elaborazione

---

Parametri	Selezionate	Usate	Commento
Angolo di cut-off:	15°	15°	
Tipo effemeridi (GPS):	Trasmesse	Trasmesse	
Tipo effemeridi (GLONASS):	Trasmesse	Trasmesse	
Tipo soluzione:	Automatico	Fase: tutto fix	
Tipo GNSS:	Automatico	GPS / GLONASS	
Frequenza:	Automatico	L1 e L2	
Fissa ambiguità fino a:	80 km	80 km	
Durata minima per soluzione float (statico):	5' 00"	5' 00"	
Frequenza di campionamento:	Usa tutto	30	
Modello troposferico:	Hopfield	Hopfield	
Modello ionosferico:	Automatico	Calcolato	
Usa modello stocastico:	Sì	Sì	
Distanza minima:	8 km	8 km	
Attività ionosferica:	Automatico	Automatico	

---

### Selezione satellite

---

Satelliti GPS disattivati manualmente (PRN):	Nessuno
Satelliti GLONASS disattivati manualmente (ID slot):	Nessuno
Satelliti Galileo esclusi manualmente:	Nessuno

Manually disabled Beidou satellites: Nessuno

### Coordinate finali

	<b>Riferimento:GAVO</b>	<b>rover:v1001</b>
Coordinate:		
Latitudine:	42° 56' 11.67773" N	42° 59' 01.24477" N
Longitudine:	10° 53' 20.17974" E	10° 30' 25.99842" E
Quota ellis.:	101.6404 m	94.9116 m
Tipo soluzione:	Fase: tutto fix	
Tipo GNSS:	GPS / GLONASS	
Frequenza:	IonoFree (L3)	
Ambiguità:	Sì	
Qualità:	Dp. Lat: 0.0010 m      Dp. Lon: 0.0009 m      Dp. Quota: 0.0030 m	
	Qualità plan.: 0.0013 m      Dp. dislivello: 0.0009 m	

## Risultati - Baseline GROA - v2000

### Informazioni progetto

Nome progetto: rete GNSS baratti 2017 (3)  
 Data creazione: 03/05/2018 12:48:31  
 Fuso orario: 1h 00'  
 Nome sistema coordinate: UTM WGS84 F32  
 Software applicazione: LEICA Geo Office 8.4  
 Elaborazione memoria a nuclei: PSI-Pro 4.0  
 effettuato: 10/09/2017 18:12:52

### Informazioni punto

	<b>Riferimento: GROA</b>	<b>rover: v1001</b>
Tipo ricevitore / S/N:	GMX902GG / 7330544	GX1230+ GNSS / 351372
Tipo antenna / S/N:	AS10 / -	AX1203+ GNSS Tripod / -
Altezza antenna:	0.0000 m	1.1310 m
Coordinate iniziali:		
Latitudine:	42° 46' 54.30388" N	42° 59' 01.24497" N
Longitudine:	11° 06' 33.43138" E	10° 30' 25.99846" E
Quota ellis.:	68.0321 m	94.8954 m

### Parametri elaborazione

Parametri	Selezionate	Usate	Commento
Angolo di cut-off:	15°	15°	
Tipo effemeridi (GPS):	Trasmesse	Trasmesse	
Tipo effemeridi (GLONASS):	Trasmesse	Trasmesse	
Tipo soluzione:	Automatico	Fase: tutto fix	
Tipo GNSS:	Automatico	GPS / GLONASS	
Frequenza:	Automatico	L1 e L2	
Fissa ambiguità fino a:	80 km	80 km	
Durata minima per soluzione float (statico):	5' 00"	5' 00"	
Frequenza di campionamento:	Usa tutto	30	
Modello troposferico:	Hopfield	Hopfield	
Modello ionosferico:	Automatico	Calcolato	
Usa modello stocastico:	Sì	Sì	
Distanza minima:	8 km	8 km	
Attività ionosferica:	Automatico	Automatico	

### Selezione satellite

Satelliti GPS disattivati manualmente (PRN):	Nessuno
Satelliti GLONASS disattivati manualmente (ID slot):	Nessuno
Satelliti Galileo esclusi manualmente:	Nessuno

Manually disabled Beidou satellites: Nessuno

### Coordinate finali

	<b>Riferimento:GROA</b>	<b>rover:v1001</b>
Coordinate:		
Latitudine:	42° 46' 54.30388" N	42° 59' 01.24476" N
Longitudine:	11° 06' 33.43138" E	10° 30' 25.99824" E
Quota ellis.:	68.0321 m	94.9562 m
Tipo soluzione:	Fase: tutto fix	
Tipo GNSS:	GPS / GLONASS	
Frequenza:	IonoFree (L3)	
Ambiguità:	Sì	
Qualità:	Dp. Lat: 0.0009 m      Dp. Lon: 0.0008 m      Dp. Quota: 0.0028 m Qualità plan.: 0.0012 m      Dp. dislivello: 0.0008 m	

## Risultati - Baseline PFER - v2000

---

### Informazioni progetto

---

Nome progetto: rete GNSS baratti 2017 (3)  
 Data creazione: 03/05/2018 12:48:31  
 Fuso orario: 1h 00'  
 Nome sistema coordinate: UTM WGS84 F32  
 Software applicazione: LEICA Geo Office 8.4  
 Elaborazione memoria a nuclei: PSI-Pro 4.0  
 effettuato: 10/09/2017 18:12:52

---

### Informazioni punto

---

	<b>Riferimento: PFER</b>	<b>rover: v1001</b>
Tipo ricevitore / S/N:	LEICAGR30 / 1703545	GX1230+ GNSS / 351372
Tipo antenna / S/N:	AR10 / -	AX1203+ GNSS Tripod / -
Altezza antenna:	0.0000 m	1.1310 m
Coordinate iniziali:		
Latitudine:	42° 47' 34.58823" N	42° 59' 01.24497" N
Longitudine:	10° 17' 41.38382" E	10° 30' 25.99846" E
Quota ellis.:	71.9472 m	94.8954 m

---

### Parametri elaborazione

---

Parametri	Selezionate	Usate	Commento
Angolo di cut-off:	15°	15°	
Tipo effemeridi (GPS):	Trasmesse	Trasmesse	
Tipo effemeridi (GLONASS):	Trasmesse	Trasmesse	
Tipo soluzione:	Automatico	Fase: tutto fix	
Tipo GNSS:	Automatico	GPS / GLONASS	
Frequenza:	Automatico	L1 e L2	
Fissa ambiguità fino a:	80 km	80 km	
Durata minima per soluzione float (statico):	5' 00"	5' 00"	
Frequenza di campionamento:	Usa tutto	30	
Modello troposferico:	Hopfield	Hopfield	
Modello ionosferico:	Automatico	Calcolato	
Usa modello stocastico:	Sì	Sì	
Distanza minima:	8 km	8 km	
Attività ionosferica:	Automatico	Automatico	

---

### Selezione satellite

---

Satelliti GPS disattivati manualmente (PRN):	Nessuno
Satelliti GLONASS disattivati manualmente (ID slot):	Nessuno
Satelliti Galileo esclusi manualmente:	Nessuno

Manually disabled Beidou  
satellites: Nessuno

---

## Coordinate finali

---

	<b>Riferimento:PFER</b>	<b>rover:v1001</b>
Coordinate:		
Latitudine:	42° 47' 34.58823" N	42° 59' 01.24475" N
Longitudine:	10° 17' 41.38382" E	10° 30' 25.99799" E
Quota ellis.:	71.9472 m	94.9036 m
Tipo soluzione:	Fase: tutto fix	
Tipo GNSS:	GPS / GLONASS	
Frequenza:	IonoFree (L3)	
Ambiguità:	Sì	
Qualità:	Dp. Lat: 0.0010 m      Dp. Lon: 0.0010 m      Dp. Quota: 0.0032 m Qualità plan.: 0.0014 m      Dp. dislivello: 0.0010 m	

## Risultati - Baseline S1EN - v2000

### Informazioni progetto

Nome progetto: rete GNSS baratti 2017 (3)  
 Data creazione: 03/05/2018 12:48:31  
 Fuso orario: 1h 00'  
 Nome sistema coordinate: UTM WGS84 F32  
 Software applicazione: LEICA Geo Office 8.4  
 Elaborazione memoria a nuclei: PSI-Pro 4.0  
 effettuato: 10/09/2017 18:12:52

### Informazioni punto

	<b>Riferimento: S1EN</b>	<b>rover: v1001</b>
Tipo ricevitore / S/N:	GMX902GNSS / 10210078	GX1230+ GNSS / 351372
Tipo antenna / S/N:	AS10 / -	AX1203+ GNSS Tripod / -
Altezza antenna:	0.0000 m	1.1310 m
Coordinate iniziali:		
Latitudine:	43° 18' 53.79132" N	42° 59' 01.24497" N
Longitudine:	11° 20' 15.84963" E	10° 30' 25.99846" E
Quota ellis.:	386.7587 m	94.8954 m

### Parametri elaborazione

Parametri	Selezionate	Usate	Commento
Angolo di cut-off:	15°	15°	
Tipo effemeridi (GPS):	Trasmesse	Trasmesse	
Tipo effemeridi (GLONASS):	Trasmesse	Trasmesse	
Tipo soluzione:	Automatico	Fase: tutto fix	
Tipo GNSS:	Automatico	GPS / GLONASS	
Frequenza:	Automatico	L1 e L2	
Fissa ambiguità fino a:	80 km	80 km	
Durata minima per soluzione float (statico):	5' 00"	5' 00"	
Frequenza di campionamento:	Usa tutto	30	
Modello troposferico:	Hopfield	Hopfield	
Modello ionosferico:	Automatico	Calcolato	
Usa modello stocastico:	Sì	Sì	
Distanza minima:	8 km	8 km	
Attività ionosferica:	Automatico	Automatico	

### Selezione satellite

Satelliti GPS disattivati manualmente (PRN):	Nessuno
Satelliti GLONASS disattivati manualmente (ID slot):	Nessuno
Satelliti Galileo esclusi manualmente:	Nessuno

Manually disabled Beidou  
satellites: Nessuno

---

## Coordinate finali

---

	<b>Riferimento:S1EN</b>	<b>rover:v1001</b>
Coordinate:		
Latitudine:	43° 18' 53.79132" N	42° 59' 01.25013" N
Longitudine:	11° 20' 15.84963" E	10° 30' 25.99932" E
Quota ellis.:	386.7587 m	94.7082 m
Tipo soluzione:	Float	
Tipo GNSS:	GPS / GLONASS	
Frequenza:	IonoFree (L3)	
Ambiguità:	No	
Qualità:	Dp. Lat: 0.0145 m      Dp. Lon: 0.0230 m      Dp. Quota: 0.0211 m Qualità plan.: 0.0272 m      Dp. dislivello: 0.0238 m	

## Risultati - Baseline VRRRA - v2000

---

### Informazioni progetto

---

Nome progetto: rete GNSS baratti 2017 (3)  
 Data creazione: 03/05/2018 12:48:31  
 Fuso orario: 1h 00'  
 Nome sistema coordinate: UTM WGS84 F32  
 Software applicazione: LEICA Geo Office 8.4  
 Elaborazione memoria a nuclei: PSI-Pro 4.0  
 effettuato: 10/09/2017 18:12:52

---

### Informazioni punto

---

	<b>Riferimento: VRRRA</b>	<b>rover: v1001</b>
Tipo ricevitore / S/N:	LEICAGR30 / 1703686	GX1230+ GNSS / 351372
Tipo antenna / S/N:	AR10 / -	AX1203+ GNSS Tripod / -
Altezza antenna:	0.0000 m	1.1310 m
Coordinate iniziali:		
Latitudine:	43° 24' 02.40737" N	42° 59' 01.24497" N
Longitudine:	10° 51' 54.25585" E	10° 30' 25.99846" E
Quota ellis.:	597.8198 m	94.8954 m

---

### Parametri elaborazione

---

Parametri	Selezionate	Usate	Commento
Angolo di cut-off:	15°	15°	
Tipo effemeridi (GPS):	Trasmesse	Trasmesse	
Tipo effemeridi (GLONASS):	Trasmesse	Trasmesse	
Tipo soluzione:	Automatico	Fase: tutto fix	
Tipo GNSS:	Automatico	GPS / GLONASS	
Frequenza:	Automatico	L1 e L2	
Fissa ambiguità fino a:	80 km	80 km	
Durata minima per soluzione float (statico):	5' 00"	5' 00"	
Frequenza di campionamento:	Usa tutto	30	
Modello troposferico:	Hopfield	Hopfield	
Modello ionosferico:	Automatico	Calcolato	
Usa modello stocastico:	Sì	Sì	
Distanza minima:	8 km	8 km	
Attività ionosferica:	Automatico	Automatico	

---

### Selezione satellite

---

Satelliti GPS disattivati manualmente (PRN):	Nessuno
Satelliti GLONASS disattivati manualmente (ID slot):	Nessuno
Satelliti Galileo esclusi manualmente:	Nessuno

Manually disabled Beidou  
satellites: Nessuno

---

## Coordinate finali

---

	<b>Riferimento:VRR</b>	<b>rover:v1001</b>
Coordinate:		
Latitudine:	43° 24' 02.40737" N	42° 59' 01.24473" N
Longitudine:	10° 51' 54.25585" E	10° 30' 25.99837" E
Quota ellis.:	597.8198 m	94.8723 m
Tipo soluzione:	Fase: tutto fix	
Tipo GNSS:	GPS / GLONASS	
Frequenza:	IonoFree (L3)	
Ambiguità:	Sì	
Qualità:	Dp. Lat: 0.0011 m      Dp. Lon: 0.0010 m      Dp. Quota: 0.0033 m Qualità plan.: 0.0014 m      Dp. dislivello: 0.0011 m	

## Rete Compensazione

www.MOVE3.com

(c) 1993-2012 Grontmij

Licenziato da Leica Geosystems AG

Creato: 03/06/2018 14:15:59

### Informazioni progetto

Nome progetto: rete GNSS baratti 2017 (3)  
 Data creazione: 03/05/2018 12:48:31  
 Fuso orario: 1h 00'  
 Nome sistema coordinate: UTM WGS84 F32  
 Proiezione: UTM 32  
 Projection type: UTM  
 Software applicazione: LEICA Geo Office 8.4  
 Elaborazione memoria a nuclei: MOVE3 4.1

### Informazioni generali

#### Compensazione

Tipo: Costrizioni  
 Dimensione: 3D  
 Sistema di coordinate: WGS 1984  
 Modalità quota: Ellissoidale

Numero di iterazioni: 1  
 Correzione coordinate massime nell'ultima iterazione: 0.0000 m  (tolleranza raggiunta)

#### Stazioni

Numero di stazioni (parzialmente) note: 7  
 Numero di stazioni sconosciute: 10  
 Totale: 17

#### Osservazioni

Differenze coordinate GPS: 339 (113 baseline)  
 Coordinate note: 21  
 Totale: 360

#### sconosciuti

Coordinate: 51  
 Totale: 51

Gradi di libertà: 309

#### Test

Alfa (multidimensionale): 0.7040  
 Alfa 0 (monodimensionale): 5.0 %  
 Beta: 80.0 %  
 Sigma a priori (GPS): 10.0

Valore critico test W: 1.96  
 Valore critico test T (bidimensionale): 2.42  
 Valore critico test T (tridimensionale): 1.89  
 Valore critico test F: 0.96  
 Test F: 4.13  (rifiutato)

Risultati basati su un fattore di varianza a posteriori

### Compensazione risultati

#### Coordinate

Stazione	Coordinate	Corr	Dp
100	Latitudine	42° 59' 19.54066" N	-0.0075 m
	Longitudine	10° 30' 33.55660" E	-0.0093 m
			0.0013 m
			0.0011 m

200	Quota	64.6305 m	0.0423 m	0.0029 m	
	Latitudine	42° 59' 25.37360" N	-0.0075 m	0.0013 m	
	Longitudine	10° 30' 32.96270" E	-0.0093 m	0.0011 m	
300	Quota	56.0460 m	0.0424 m	0.0030 m	
	Latitudine	42° 59' 23.00916" N	-0.0074 m	0.0016 m	
	Longitudine	10° 30' 36.73356" E	-0.0092 m	0.0014 m	
3000	Quota	59.4293 m	0.0424 m	0.0037 m	
	Latitudine	42° 58' 52.69523" N	-0.0088 m	0.0029 m	
	Longitudine	10° 30' 13.81906" E	-0.0093 m	0.0025 m	
400	Quota	147.0511 m	0.0425 m	0.0077 m	
	Latitudine	42° 59' 18.08025" N	-0.0078 m	0.0015 m	
	Longitudine	10° 29' 23.36550" E	-0.0090 m	0.0013 m	
4000	Quota	209.4457 m	0.0419 m	0.0035 m	
	Latitudine	42° 58' 52.54619" N	-0.0089 m	0.0030 m	
	Longitudine	10° 30' 14.85894" E	-0.0093 m	0.0024 m	
500	Quota	145.8909 m	0.0420 m	0.0076 m	
	Latitudine	42° 59' 14.99937" N	-0.0075 m	0.0016 m	
	Longitudine	10° 29' 22.08717" E	-0.0093 m	0.0014 m	
600	Quota	220.0598 m	0.0425 m	0.0041 m	
	Latitudine	42° 59' 24.77269" N	-0.0144 m	0.0129 m	
	Longitudine	10° 30' 12.04674" E	-0.0106 m	0.0066 m	
CECI	Quota	51.2378 m	0.0475 m	0.0195 m	
	Latitudine	43° 18' 39.60786" N	0.0000 m	-	fissi
	Longitudine	10° 31' 35.87367" E	0.0000 m	-	fissi
ELBA	Quota	75.5669 m	0.0000 m	-	fissi
	Latitudine	42° 45' 10.43120" N	0.0000 m	-	fissi
	Longitudine	10° 12' 39.93620" E	0.0000 m	-	fissi
GAVO	Quota	271.7620 m	0.0000 m	-	fissi
	Latitudine	42° 56' 11.67773" N	0.0000 m	-	fissi
	Longitudine	10° 53' 20.17974" E	0.0000 m	-	fissi
GROA	Quota	101.6404 m	0.0000 m	-	fissi
	Latitudine	42° 46' 54.30388" N	0.0000 m	-	fissi
	Longitudine	11° 06' 33.43138" E	0.0000 m	-	fissi
PFER	Quota	68.0321 m	0.0000 m	-	fissi
	Latitudine	42° 47' 34.58823" N	0.0000 m	-	fissi
	Longitudine	10° 17' 41.38382" E	0.0000 m	-	fissi
S1EN	Quota	71.9472 m	0.0000 m	-	fissi
	Latitudine	43° 18' 53.79132" N	0.0000 m	-	fissi
	Longitudine	11° 20' 15.84963" E	0.0000 m	-	fissi
VRRRA	Quota	386.7587 m	0.0000 m	-	fissi
	Latitudine	43° 24' 02.40737" N	0.0000 m	-	fissi
	Longitudine	10° 51' 54.25585" E	0.0000 m	-	fissi
v1000	Quota	597.8198 m	0.0000 m	-	fissi
	Latitudine	42° 58' 59.40953" N	-0.0084 m	0.0045 m	
	Longitudine	10° 30' 24.69592" E	-0.0105 m	0.0039 m	
v1001	Quota	98.1627 m	0.0377 m	0.0144 m	
	Latitudine	42° 59' 01.24474" N	-0.0071 m	0.0027 m	
	Longitudine	10° 30' 25.99807" E	-0.0089 m	0.0024 m	
	Quota	94.9349 m	0.0394 m	0.0079 m	

**Osservazioni e residui**

	Stazione	Obiettivo	Reg oss	Resid	Resid (ENH)	Dp
<b>DX</b>	CECI	v1001	24753.2239 m	-0.0345 m	-0.0090 m	0.0059 m
<b>DY</b>			2989.3963 m	-0.0156 m	0.0147 m	0.0026 m
<b>DZ</b>			-26518.2692 m	-0.0145 m	-0.0367 m	0.0058 m
<b>DX</b>	CECI	v1000	24798.8901 m	-0.0127 m	-0.0131 m	0.0108 m
<b>DY</b>			2967.8605 m	-0.0157 m	0.0022 m	0.0046 m
<b>DZ</b>			-26557.4990 m	-0.0115 m	-0.0190 m	0.0103 m
<b>DX</b>	CECI	600	24292.6717 m	0.0166 m	-0.0069 m	0.0187 m
<b>DY</b>			2582.5341 m	-0.0039 m	0.0030 m	0.0070 m
<b>DZ</b>			-26016.9455 m	0.0188 m	0.0242 m	0.0138 m
<b>DX</b>	CECI	500	24822.4930 m	0.0265 m	-0.0089 m	0.0033 m
<b>DY</b>			1529.6082 m	-0.0041 m	0.0068 m	0.0015 m
<b>DZ</b>			-26122.4506 m	0.0333 m	0.0412 m	0.0029 m
<b>DX</b>	CECI	4000	25015.8370 m	-0.0038 m	-0.0104 m	0.0055 m
<b>DY</b>			2781.4123 m	-0.0113 m	-0.0049 m	0.0026 m
<b>DZ</b>			-26679.9047 m	-0.0122 m	-0.0126 m	0.0059 m
<b>DX</b>	CECI	3000	25017.8838 m	0.0120 m	-0.0109 m	0.0057 m
<b>DY</b>			2757.8290 m	-0.0089 m	0.0040 m	0.0027 m
<b>DZ</b>			-26675.7491 m	0.0151 m	0.0177 m	0.0060 m
<b>DX</b>	CECI	300	24233.0671 m	-0.0120 m	-0.0086 m	0.0030 m

DY			3140.2755 m	-0.0110 m	0.0085 m	0.0014 m
DZ			-26051.1675 m	-0.0013 m	-0.0109 m	0.0028 m
DX	CECI	200	24197.2975 m	0.0118 m	-0.0187 m	0.0024 m
DY			3046.7565 m	-0.0168 m	0.0036 m	0.0012 m
DZ			-26000.1026 m	0.0130 m	0.0151 m	0.0023 m
DX	VRRA	v1001	36193.1493 m	-0.0484 m	0.0077 m	0.0059 m
DY			-22773.2979 m	-0.0015 m	0.0006 m	0.0026 m
DZ			-34120.5463 m	-0.0444 m	-0.0652 m	0.0058 m
DX	VRRA	v1000	36238.8155 m	-0.0433 m	-0.0131 m	0.0108 m
DY			-22794.8337 m	-0.0216 m	-0.0027 m	0.0046 m
DZ			-34159.7761 m	-0.0478 m	-0.0667 m	0.0103 m
DX	VRRA	600	35732.5971 m	-0.0095 m	0.0010 m	0.0187 m
DY			-23180.1601 m	-0.0008 m	-0.0052 m	0.0070 m
DZ			-33619.2226 m	-0.0160 m	-0.0178 m	0.0138 m
DX	VRRA	500	36262.4184 m	0.0012 m	-0.0090 m	0.0033 m
DY			-24233.0860 m	-0.0090 m	-0.0028 m	0.0015 m
DZ			-33724.7277 m	-0.0044 m	-0.0034 m	0.0029 m
DX	VRRA	4000	36455.7624 m	-0.0300 m	-0.0016 m	0.0055 m
DY			-22981.2820 m	-0.0074 m	-0.0215 m	0.0026 m
DZ			-34282.1818 m	-0.0588 m	-0.0628 m	0.0059 m
DX	VRRA	3000	36457.8092 m	-0.0024 m	-0.0001 m	0.0057 m
DY			-23004.8652 m	-0.0006 m	-0.0095 m	0.0027 m
DZ			-34278.0262 m	-0.0153 m	-0.0123 m	0.0060 m
DX	VRRA	300	35672.9925 m	-0.0054 m	0.0051 m	0.0030 m
DY			-22622.4188 m	0.0042 m	0.0026 m	0.0014 m
DZ			-33653.4446 m	-0.0007 m	-0.0037 m	0.0028 m
DX	VRRA	200	35637.2229 m	0.0180 m	-0.0059 m	0.0024 m
DY			-22715.9377 m	-0.0025 m	-0.0019 m	0.0012 m
DZ			-33602.3797 m	0.0137 m	0.0219 m	0.0023 m
DX	GAVO	v1001	2272.9026 m	-0.0210 m	0.0087 m	0.0059 m
DY			-31267.6575 m	0.0048 m	0.0012 m	0.0026 m
DZ			3824.8896 m	-0.0167 m	-0.0259 m	0.0058 m
DX	GAVO	v1000	2318.5688 m	0.0018 m	-0.0031 m	0.0108 m
DY			-31289.1933 m	-0.0028 m	-0.0148 m	0.0046 m
DZ			3785.6598 m	-0.0191 m	-0.0120 m	0.0103 m
DX	GAVO	600	1812.3504 m	0.0148 m	0.0032 m	0.0187 m
DY			-31674.5197 m	0.0061 m	-0.0058 m	0.0070 m
DZ			4326.2134 m	0.0067 m	0.0160 m	0.0138 m
DX	GAVO	500	2342.1717 m	0.0278 m	0.0048 m	0.0033 m
DY			-32727.4456 m	0.0102 m	-0.0098 m	0.0015 m
DZ			4220.7082 m	0.0138 m	0.0308 m	0.0029 m
DX	GAVO	4000	2535.5157 m	0.0128 m	0.0039 m	0.0055 m
DY			-31475.6416 m	0.0065 m	-0.0151 m	0.0026 m
DZ			3663.2541 m	-0.0079 m	0.0047 m	0.0059 m
DX	GAVO	3000	2537.5625 m	0.0248 m	0.0034 m	0.0057 m
DY			-31499.2248 m	0.0083 m	-0.0082 m	0.0027 m
DZ			3667.4097 m	0.0129 m	0.0277 m	0.0060 m
DX	GAVO	300	1752.7458 m	0.0229 m	0.0067 m	0.0030 m
DY			-31116.7784 m	0.0112 m	-0.0046 m	0.0014 m
DZ			4291.9913 m	0.0166 m	0.0293 m	0.0028 m
DX	GAVO	200	1716.9762 m	0.0503 m	-0.0040 m	0.0024 m
DY			-31210.2973 m	0.0056 m	-0.0103 m	0.0012 m
DZ			4343.0562 m	0.0329 m	0.0594 m	0.0023 m
DX	S1EN	v1000	37350.8105 m	-0.0355 m	-0.0054 m	0.0108 m
DY			-61627.3563 m	-0.0126 m	0.0071 m	0.0046 m
DZ			-27089.4702 m	-0.0254 m	-0.0446 m	0.0103 m
DX	S1EN	500	37374.4134 m	0.0507 m	-0.0018 m	0.0033 m
DY			-63065.6086 m	0.0083 m	0.0106 m	0.0015 m
DZ			-26654.4218 m	0.0629 m	0.0805 m	0.0029 m
DX	S1EN	4000	37567.7574 m	-0.0359 m	0.0121 m	0.0055 m
DY			-61813.8045 m	0.0052 m	-0.0039 m	0.0026 m
DZ			-27211.8759 m	-0.0376 m	-0.0506 m	0.0059 m
DX	S1EN	3000	37569.8042 m	-0.0173 m	0.0107 m	0.0057 m
DY			-61837.3877 m	0.0075 m	0.0067 m	0.0027 m
DZ			-27207.7203 m	-0.0054 m	-0.0149 m	0.0060 m
DX	GROA	v1001	-5751.3719 m	0.0118 m	0.0044 m	0.0059 m
DY			-51172.8509 m	0.0068 m	0.0012 m	0.0026 m
DZ			16455.7199 m	0.0135 m	0.0187 m	0.0058 m
DX	GROA	v1000	-5705.7057 m	0.0260 m	-0.0055 m	0.0108 m
DY			-51194.3867 m	-0.0005 m	-0.0128 m	0.0046 m
DZ			16416.4901 m	0.0061 m	0.0228 m	0.0103 m
DX	GROA	600	-6211.9241 m	0.0190 m	-0.0023 m	0.0187 m

			-51579.7132 m	0.0014 m	-0.0047 m	0.0070 m
DZ			16957.0437 m	0.0112 m	0.0215 m	0.0138 m
DX	GROA	500	-5682.1028 m	0.0493 m	-0.0078 m	0.0033 m
DY			-52632.6390 m	0.0017 m	-0.0145 m	0.0015 m
DZ			16851.5385 m	0.0253 m	0.0529 m	0.0029 m
DX	GROA	4000	-5488.7588 m	0.0365 m	0.0013 m	0.0055 m
DY			-51380.8350 m	0.0085 m	-0.0137 m	0.0026 m
DZ			16294.0844 m	0.0160 m	0.0384 m	0.0059 m
DX	GROA	3000	-5486.7121 m	0.0500 m	0.0014 m	0.0057 m
DY			-51404.4182 m	0.0113 m	-0.0070 m	0.0027 m
DZ			16298.2400 m	0.0379 m	0.0633 m	0.0060 m
DX	GROA	300	-6271.5287 m	0.0244 m	0.0035 m	0.0030 m
DY			-51021.9718 m	0.0083 m	-0.0083 m	0.0014 m
DZ			16922.8216 m	0.0123 m	0.0271 m	0.0028 m
DX	GROA	200	-6307.2983 m	0.0470 m	-0.0062 m	0.0024 m
DY			-51115.4907 m	0.0030 m	-0.0124 m	0.0012 m
DZ			16973.8865 m	0.0263 m	0.0521 m	0.0023 m
DX	PFER	v1001	-17299.7373 m	-0.0246 m	-0.0013 m	0.0059 m
DY			14464.6880 m	-0.0058 m	0.0005 m	0.0026 m
DZ			15540.7702 m	-0.0227 m	-0.0339 m	0.0058 m
DX	PFER	v1000	-17254.0711 m	-0.0134 m	-0.0107 m	0.0108 m
DY			14443.1522 m	-0.0133 m	-0.0117 m	0.0046 m
DZ			15501.5404 m	-0.0304 m	-0.0321 m	0.0103 m
DX	PFER	600	-17760.2895 m	-0.0214 m	-0.0038 m	0.0187 m
DY			14057.8258 m	-0.0077 m	0.0064 m	0.0070 m
DZ			16042.0940 m	-0.0120 m	-0.0246 m	0.0138 m
DX	PFER	500	-17230.4682 m	0.0002 m	-0.0070 m	0.0033 m
DY			13004.8999 m	-0.0070 m	-0.0073 m	0.0015 m
DZ			15936.5888 m	-0.0110 m	-0.0082 m	0.0029 m
DX	PFER	4000	-17037.1242 m	0.0044 m	-0.0056 m	0.0055 m
DY			14256.7040 m	-0.0050 m	-0.0136 m	0.0026 m
DZ			15379.1347 m	-0.0153 m	-0.0079 m	0.0059 m
DX	PFER	3000	-17035.0775 m	0.0202 m	-0.0062 m	0.0057 m
DY			14233.1207 m	-0.0027 m	-0.0063 m	0.0027 m
DZ			15383.2903 m	0.0094 m	0.0207 m	0.0060 m
DX	PFER	300	-17819.8941 m	-0.0073 m	-0.0005 m	0.0030 m
DY			14615.5672 m	-0.0018 m	-0.0004 m	0.0014 m
DZ			16007.8719 m	-0.0075 m	-0.0106 m	0.0028 m
DX	PFER	200	-17855.6637 m	0.0186 m	-0.0103 m	0.0024 m
DY			14522.0482 m	-0.0070 m	-0.0051 m	0.0012 m
DZ			16058.9368 m	0.0089 m	0.0185 m	0.0023 m
DX	400	500	76.6508 m	0.0104 m	-0.0062 m	0.0028 m
DY			-15.2613 m	-0.0043 m	-0.0019 m	0.0013 m
DZ			-62.3107 m	0.0062 m	0.0111 m	0.0025 m
DX	200	100	124.3974 m	0.0001 m	-0.0001 m	0.0007 m
DY			36.7605 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0003 m
DZ			-125.8130 m	0.0001 m	0.0001 m	0.0007 m
DX	3000	v1001	-264.6598 m	-0.0112 m	-0.0069 m	0.0075 m
DY			231.5673 m	-0.0091 m	0.0063 m	0.0034 m
DZ			157.4798 m	-0.0032 m	-0.0114 m	0.0077 m
DX	3000	4000	-2.0468 m	0.0008 m	0.0003 m	0.0032 m
DY			23.5832 m	0.0005 m	0.0000 m	0.0015 m
DZ			-4.1556 m	0.0008 m	0.0012 m	0.0035 m
DX	100	v1001	431.5291 m	0.0040 m	-0.0001 m	0.0056 m
DY			-94.1207 m	0.0006 m	-0.0012 m	0.0024 m
DZ			-392.3537 m	0.0022 m	0.0044 m	0.0055 m
DX	100	v1000	477.1953 m	0.0030 m	0.0011 m	0.0106 m
DY			-115.6565 m	0.0017 m	0.0012 m	0.0045 m
DZ			-431.5835 m	0.0047 m	0.0056 m	0.0101 m
DX	100	500	500.7981 m	-0.0013 m	0.0007 m	0.0024 m
DY			-1553.9088 m	0.0005 m	0.0003 m	0.0010 m
DZ			3.4650 m	-0.0006 m	-0.0013 m	0.0019 m
DX	100	4000	694.1421 m	-0.0028 m	-0.0015 m	0.0052 m
DY			-302.1048 m	-0.0020 m	0.0029 m	0.0024 m
DZ			-553.9892 m	0.0011 m	-0.0015 m	0.0057 m
DX	100	3000	696.1889 m	0.0006 m	0.0010 m	0.0054 m
DY			-325.6880 m	0.0011 m	0.0019 m	0.0025 m
DZ			-549.8335 m	0.0033 m	0.0028 m	0.0057 m
DX	300	200	-35.7697 m	-0.0005 m	0.0000 m	0.0020 m
DY			-93.5189 m	-0.0001 m	0.0001 m	0.0009 m
DZ			51.0649 m	-0.0003 m	-0.0006 m	0.0018 m
DX	300	100	88.6277 m	0.0004 m	0.0000 m	0.0020 m

DZ			-56.7584 m	0.0001 m	0.0000 m	0.0009 m
DX			-74.7480 m	0.0003 m	0.0005 m	0.0018 m
DY	ELBA	v1001	-21636.6147 m	-0.0516 m	0.0165 m	0.0067 m
DZ			20644.5780 m	0.0075 m	0.0089 m	0.0030 m
DX	ELBA	v1000	18670.4905 m	-0.0336 m	-0.0592 m	0.0065 m
DY			-21590.9485 m	-0.0478 m	0.0100 m	0.0112 m
DZ			20623.0422 m	0.0016 m	0.0005 m	0.0048 m
DX	ELBA	600	18631.2607 m	-0.0426 m	-0.0632 m	0.0107 m
DY			-22097.1669 m	-0.0331 m	0.0076 m	0.0190 m
DZ			20237.7157 m	0.0018 m	0.0126 m	0.0072 m
DX	ELBA	500	19171.8143 m	-0.0127 m	-0.0323 m	0.0141 m
DY			-21567.3456 m	-0.0352 m	0.0072 m	0.0046 m
DZ			19184.7899 m	0.0010 m	0.0070 m	0.0021 m
DX	ELBA	4000	19066.3092 m	-0.0223 m	-0.0404 m	0.0042 m
DY			-21374.0016 m	-0.0310 m	0.0067 m	0.0064 m
DZ			20436.5939 m	0.0012 m	-0.0039 m	0.0030 m
DX	ELBA	3000	18508.8550 m	-0.0334 m	-0.0449 m	0.0067 m
DY			-21371.9548 m	-0.0207 m	0.0066 m	0.0065 m
DZ			20413.0107 m	0.0030 m	0.0045 m	0.0031 m
DX	ELBA	300	18513.0107 m	-0.0122 m	-0.0228 m	0.0067 m
DY			-22156.7714 m	-0.0395 m	0.0021 m	0.0043 m
DZ			20795.4571 m	-0.0049 m	0.0061 m	0.0021 m
DX	ELBA	200	19137.5922 m	-0.0284 m	-0.0485 m	0.0041 m
DY			-22192.5411 m	-0.0109 m	-0.0092 m	0.0040 m
DZ			20701.9382 m	-0.0113 m	0.0001 m	0.0019 m
DX	CECI	400	19188.6571 m	-0.0116 m	-0.0172 m	0.0038 m
DY			24745.8422 m	-0.0083 m	-0.0011 m	0.0028 m
DZ			1544.8695 m	-0.0027 m	0.0123 m	0.0014 m
DX	CECI	400	-26060.1399 m	0.0087 m	-0.0004 m	0.0027 m
DY			24745.8422 m	0.0163 m	-0.0068 m	0.0028 m
DZ			1544.8695 m	-0.0039 m	-0.0087 m	0.0014 m
DX	VRRA	400	-26060.1399 m	0.0025 m	0.0129 m	0.0027 m
DY			36185.7676 m	-0.0391 m	-0.0003 m	0.0028 m
DZ			-24217.8247 m	-0.0078 m	0.0075 m	0.0014 m
DX	VRRA	400	-33662.4170 m	-0.0274 m	-0.0478 m	0.0027 m
DY			36185.7676 m	0.0010 m	0.0019 m	0.0028 m
DZ			-24217.8247 m	0.0022 m	-0.0150 m	0.0014 m
DX	GAVO	400	-33662.4170 m	-0.0194 m	-0.0123 m	0.0027 m
DY			2265.5209 m	-0.0092 m	0.0121 m	0.0028 m
DZ			-32712.1843 m	0.0105 m	-0.0026 m	0.0014 m
DX	GAVO	400	4283.0189 m	-0.0101 m	-0.0121 m	0.0027 m
DY			2265.5209 m	0.0202 m	0.0060 m	0.0028 m
DZ			-32712.1843 m	0.0100 m	-0.0197 m	0.0014 m
DX	S1EN	400	4283.0189 m	-0.0067 m	0.0114 m	0.0027 m
DY			37297.7626 m	-0.0263 m	0.0096 m	0.0028 m
DZ			-63050.3473 m	0.0045 m	0.0200 m	0.0014 m
DX	S1EN	400	-26592.1111 m	0.0040 m	-0.0154 m	0.0027 m
DY			37297.7626 m	0.0054 m	0.0097 m	0.0028 m
DZ			-63050.3473 m	0.0109 m	-0.0076 m	0.0014 m
DX	GROA	400	-26592.1111 m	-0.0035 m	0.0030 m	0.0027 m
DY			-5758.7536 m	0.0100 m	0.0009 m	0.0028 m
DZ			-52617.3777 m	0.0029 m	-0.0066 m	0.0014 m
DX	GROA	400	16913.8492 m	0.0007 m	0.0081 m	0.0027 m
DY			-5758.7536 m	0.0296 m	-0.0011 m	0.0028 m
DZ			-52617.3777 m	0.0047 m	-0.0145 m	0.0014 m
DX	PFER	400	16913.8492 m	0.0080 m	0.0274 m	0.0027 m
DY			-17307.1190 m	-0.0344 m	0.0001 m	0.0028 m
DZ			13020.1612 m	-0.0062 m	0.0034 m	0.0014 m
DX	PFER	400	15998.8995 m	-0.0278 m	-0.0445 m	0.0027 m
DY			-17307.1190 m	-0.0004 m	-0.0023 m	0.0028 m
DZ			13020.1612 m	-0.0024 m	-0.0097 m	0.0014 m
DX	100	400	15998.8995 m	-0.0139 m	-0.0100 m	0.0027 m
DY			424.1474 m	-0.0019 m	0.0052 m	0.0017 m
DZ			-1538.6475 m	0.0050 m	0.0014 m	0.0009 m
DX	100	400	65.7757 m	0.0010 m	-0.0001 m	0.0017 m
DY			424.1474 m	0.0024 m	-0.0030 m	0.0017 m
DZ			-1538.6475 m	-0.0026 m	0.0004 m	0.0009 m
DX	ELBA	400	65.7757 m	0.0023 m	0.0030 m	0.0017 m
DY			-21643.9964 m	-0.0651 m	0.0150 m	0.0042 m
DZ			19200.0512 m	0.0036 m	0.0158 m	0.0021 m
DX	ELBA	400	19128.6199 m	-0.0371 m	-0.0717 m	0.0040 m
DY			-21643.9964 m	-0.0160 m	0.0066 m	0.0042 m

			19200.0512 m	0.0038 m	-0.0038 m	0.0021 m
DZ			19128.6199 m	-0.0191 m	-0.0240 m	0.0040 m
DX	S1EN	100	36873.6153 m	0.0189 m	-0.0034 m	0.0023 m
DY			-61511.6997 m	0.0004 m	0.0029 m	0.0012 m
DZ			-26657.8868 m	0.0215 m	0.0283 m	0.0022 m
DX	S1EN	100	36873.6153 m	-0.0158 m	-0.0019 m	0.0023 m
DY			-61511.6997 m	-0.0051 m	0.0020 m	0.0012 m
DZ			-26657.8868 m	-0.0129 m	-0.0209 m	0.0022 m
DX	S1EN	100	36873.6153 m	0.0403 m	-0.0008 m	0.0023 m
DY			-61511.6997 m	0.0073 m	0.0030 m	0.0012 m
DZ			-26657.8868 m	0.0427 m	0.0591 m	0.0022 m
DX	S1EN	100	36873.6153 m	-0.0478 m	0.0115 m	0.0023 m
DY			-61511.6997 m	0.0021 m	0.0095 m	0.0012 m
DZ			-26657.8868 m	-0.0307 m	-0.0549 m	0.0022 m
DX	CECI	100	24321.6949 m	0.0179 m	-0.0081 m	0.0023 m
DY			3083.5170 m	-0.0049 m	0.0048 m	0.0012 m
DZ			-26125.9156 m	0.0223 m	0.0275 m	0.0022 m
DX	CECI	100	24321.6949 m	0.0362 m	-0.0126 m	0.0023 m
DY			3083.5170 m	-0.0061 m	0.0006 m	0.0012 m
DZ			-26125.9156 m	0.0334 m	0.0480 m	0.0022 m
DX	CECI	100	24321.6949 m	0.0478 m	-0.0188 m	0.0023 m
DY			3083.5170 m	-0.0102 m	0.0000 m	0.0012 m
DZ			-26125.9156 m	0.0426 m	0.0621 m	0.0022 m
DX	CECI	100	24321.6949 m	0.0567 m	-0.0181 m	0.0023 m
DY			3083.5170 m	-0.0079 m	0.0013 m	0.0012 m
DZ			-26125.9156 m	0.0530 m	0.0759 m	0.0022 m
DX	CECI	100	24321.6949 m	-0.0168 m	-0.0062 m	0.0023 m
DY			3083.5170 m	-0.0094 m	0.0090 m	0.0012 m
DZ			-26125.9156 m	-0.0049 m	-0.0166 m	0.0022 m
DX	VRRA	100	35761.6203 m	0.0235 m	0.0036 m	0.0023 m
DY			-22679.1772 m	0.0082 m	-0.0008 m	0.0012 m
DZ			-33728.1927 m	0.0223 m	0.0332 m	0.0022 m
DX	VRRA	100	35761.6203 m	0.0104 m	-0.0058 m	0.0023 m
DY			-22679.1772 m	-0.0039 m	-0.0040 m	0.0012 m
DZ			-33728.1927 m	0.0034 m	0.0092 m	0.0022 m
DX	VRRA	100	35761.6203 m	0.0075 m	-0.0136 m	0.0023 m
DY			-22679.1772 m	-0.0124 m	-0.0100 m	0.0012 m
DZ			-33728.1927 m	-0.0090 m	-0.0026 m	0.0022 m
DX	VRRA	100	35761.6203 m	0.0390 m	-0.0103 m	0.0023 m
DY			-22679.1772 m	-0.0030 m	-0.0056 m	0.0012 m
DZ			-33728.1927 m	0.0279 m	0.0466 m	0.0022 m
DX	VRRA	100	35761.6203 m	-0.0375 m	0.0029 m	0.0023 m
DY			-22679.1772 m	-0.0043 m	0.0026 m	0.0012 m
DZ			-33728.1927 m	-0.0320 m	-0.0493 m	0.0022 m
DX	GAVO	100	1841.3736 m	0.0569 m	0.0062 m	0.0023 m
DY			-31173.5368 m	0.0173 m	-0.0096 m	0.0012 m
DZ			4217.2433 m	0.0419 m	0.0718 m	0.0022 m
DX	GAVO	100	1841.3736 m	0.0332 m	0.0013 m	0.0023 m
DY			-31173.5368 m	0.0077 m	-0.0128 m	0.0012 m
DZ			4217.2433 m	0.0143 m	0.0347 m	0.0022 m
DX	GAVO	100	1841.3736 m	0.0384 m	-0.0053 m	0.0023 m
DY			-31173.5368 m	0.0020 m	-0.0085 m	0.0012 m
DZ			4217.2433 m	0.0238 m	0.0441 m	0.0022 m
DX	GAVO	100	1841.3736 m	0.0569 m	-0.0026 m	0.0023 m
DY			-31173.5368 m	0.0083 m	-0.0081 m	0.0012 m
DZ			4217.2433 m	0.0425 m	0.0710 m	0.0022 m
DX	GAVO	100	1841.3736 m	-0.0163 m	0.0065 m	0.0023 m
DY			-31173.5368 m	0.0035 m	0.0004 m	0.0012 m
DZ			4217.2433 m	-0.0138 m	-0.0206 m	0.0022 m
DX	GROA	100	-6182.9010 m	0.0533 m	0.0040 m	0.0023 m
DY			-51078.7302 m	0.0145 m	-0.0108 m	0.0012 m
DZ			16848.0736 m	0.0363 m	0.0651 m	0.0022 m
DX	GROA	100	-6182.9010 m	0.0523 m	-0.0111 m	0.0023 m
DY			-51078.7302 m	-0.0010 m	-0.0160 m	0.0012 m
DZ			16848.0736 m	0.0254 m	0.0548 m	0.0022 m
DX	GROA	100	-6182.9010 m	0.0473 m	-0.0118 m	0.0023 m
DY			-51078.7302 m	-0.0027 m	-0.0138 m	0.0012 m
DZ			16848.0736 m	0.0237 m	0.0498 m	0.0022 m
DX	GROA	100	-6182.9010 m	0.0687 m	-0.0126 m	0.0023 m
DY			-51078.7302 m	0.0007 m	-0.0046 m	0.0012 m
DZ			16848.0736 m	0.0562 m	0.0877 m	0.0022 m
DX	GROA	100	-6182.9010 m	0.0079 m	0.0008 m	0.0023 m

			-51078.7302 m	0.0024 m	-0.0010 m	0.0012 m
DZ			16848.0736 m	0.0063 m	0.0103 m	0.0022 m
DX	PFER	100	-17731.2664 m	0.0280 m	-0.0002 m	0.0023 m
DY			14558.8087 m	0.0049 m	-0.0044 m	0.0012 m
DZ			15933.1239 m	0.0204 m	0.0347 m	0.0022 m
DX	PFER	100	-17731.2664 m	0.0124 m	-0.0095 m	0.0023 m
DY			14558.8087 m	-0.0074 m	-0.0083 m	0.0012 m
DZ			15933.1239 m	-0.0013 m	0.0071 m	0.0022 m
DX	PFER	100	-17731.2664 m	0.0329 m	-0.0164 m	0.0023 m
DY			14558.8087 m	-0.0107 m	-0.0117 m	0.0012 m
DZ			15933.1239 m	0.0122 m	0.0306 m	0.0022 m
DX	PFER	100	-17731.2664 m	0.0381 m	-0.0115 m	0.0023 m
DY			14558.8087 m	-0.0048 m	0.0010 m	0.0012 m
DZ			15933.1239 m	0.0352 m	0.0508 m	0.0022 m
DX	PFER	100	-17731.2664 m	-0.0318 m	-0.0014 m	0.0023 m
DY			14558.8087 m	-0.0071 m	0.0048 m	0.0012 m
DZ			15933.1239 m	-0.0236 m	-0.0399 m	0.0022 m
DX	ELBA	100	-22068.1437 m	-0.0041 m	-0.0004 m	0.0039 m
DY			20738.6987 m	-0.0012 m	0.0015 m	0.0019 m
DZ			19062.8442 m	-0.0018 m	-0.0043 m	0.0037 m
DX	ELBA	100	-22068.1437 m	-0.0205 m	0.0048 m	0.0039 m
DY			20738.6987 m	0.0012 m	0.0047 m	0.0019 m
DZ			19062.8442 m	-0.0121 m	-0.0228 m	0.0037 m
DX	ELBA	100	-22068.1437 m	-0.0036 m	-0.0015 m	0.0039 m
DY			20738.6987 m	-0.0022 m	0.0015 m	0.0019 m
DZ			19062.8442 m	-0.0016 m	-0.0040 m	0.0037 m
DX	ELBA	100	-22068.1437 m	0.0219 m	-0.0009 m	0.0039 m
DY			20738.6987 m	0.0030 m	0.0062 m	0.0019 m
DZ			19062.8442 m	0.0289 m	0.0358 m	0.0037 m
DX	ELBA	100	-22068.1437 m	-0.0401 m	0.0120 m	0.0039 m
DY			20738.6987 m	0.0050 m	0.0098 m	0.0019 m
DZ			19062.8442 m	-0.0223 m	-0.0435 m	0.0037 m

**Vettore residui baseline GPS**

	Stazione	Obiettivo	Reg vettore [m]	Resid [m]	Resid [ppm]
DV	CECI	v1001	36398.8625	0.0406	1.1
DV	CECI	v1000	36456.7401	0.0232	0.6
DV	CECI	600	35688.7213	0.0253	0.7
DV	CECI	500	36067.6903	0.0427	1.2
DV	CECI	4000	36678.9541	0.0170	0.5
DV	CECI	3000	36675.5466	0.0212	0.6
DV	CECI	300	35717.8695	0.0163	0.5
DV	CECI	200	35648.2435	0.0243	0.7
DV	VRRRA	v1001	54706.2961	0.0657	1.2
DV	VRRRA	v1000	54769.9416	0.0680	1.2
DV	VRRRA	600	54262.2377	0.0186	0.3
DV	VRRRA	500	55132.2293	0.0100	0.2
DV	VRRRA	4000	55067.5033	0.0664	1.2
DV	VRRRA	3000	55076.1178	0.0155	0.3
DV	VRRRA	300	54008.2453	0.0068	0.1
DV	VRRRA	200	53992.0865	0.0228	0.4
DV	GAVO	v1001	31582.6261	0.0273	0.9
DV	GAVO	v1000	31602.5410	0.0193	0.6
DV	GAVO	600	32019.9303	0.0173	0.5
DV	GAVO	500	33081.5030	0.0326	1.0
DV	GAVO	4000	31789.3737	0.0163	0.5
DV	GAVO	3000	31813.3664	0.0291	0.9
DV	GAVO	300	31460.2480	0.0304	1.0
DV	GAVO	200	31557.7693	0.0604	1.9
DV	S1EN	v1000	76986.0603	0.0454	0.6
DV	S1EN	500	78003.6920	0.0812	1.0
DV	S1EN	4000	77283.6918	0.0522	0.7
DV	S1EN	3000	77302.0876	0.0196	0.3
DV	GROA	v1001	54060.4260	0.0192	0.4
DV	GROA	v1000	54064.0496	0.0267	0.5
DV	GROA	600	54649.7588	0.0221	0.4
DV	GROA	500	55555.8758	0.0554	1.0
DV	GROA	4000	54181.3055	0.0408	0.8
DV	GROA	3000	54204.7124	0.0637	1.2
DV	GROA	300	54119.8260	0.0286	0.5
DV	GROA	200	54228.1129	0.0539	1.0

DV	PFER	v1001	27386.5596	0.0339	1.2
DV	PFER	v1000	27324.0804	0.0358	1.3
DV	PFER	600	27756.0647	0.0257	0.9
DV	PFER	500	26832.6540	0.0130	0.5
DV	PFER	4000	27019.1597	0.0167	0.6
DV	PFER	3000	27007.7991	0.0225	0.8
DV	PFER	300	28060.9228	0.0107	0.4
DV	PFER	200	28064.2845	0.0218	0.8
DV	400	500	99.9544	0.0128	128.4
DV	200	100	180.7068	0.0001	0.7
DV	3000	v1001	385.3156	0.0148	38.3
DV	3000	4000	24.0339	0.0012	51.2
DV	100	v1001	590.7770	0.0046	7.7
DV	100	v1000	653.7248	0.0059	8.9
DV	100	500	1632.6186	0.0015	0.9
DV	100	4000	938.0856	0.0036	3.8
DV	100	3000	945.0231	0.0036	3.8
DV	300	200	112.3961	0.0006	5.1
DV	300	100	129.0878	0.0005	4.0
DV	ELBA	v1001	35255.1969	0.0621	1.8
DV	ELBA	v1000	35193.7892	0.0640	1.8
DV	ELBA	600	35572.5791	0.0355	1.0
DV	ELBA	500	34593.7957	0.0417	1.2
DV	ELBA	4000	34886.6741	0.0456	1.3
DV	ELBA	3000	34873.8157	0.0242	0.7
DV	ELBA	300	35911.2934	0.0489	1.4
DV	ELBA	200	35906.5967	0.0195	0.5
DV	CECI	400	35970.4631	0.0123	0.3
DV	CECI	400	35970.4631	0.0170	0.5
DV	VRRA	400	55036.9978	0.0484	0.9
DV	VRRA	400	55036.9978	0.0195	0.4
DV	GAVO	400	33069.0768	0.0173	0.5
DV	GAVO	400	33069.0768	0.0235	0.7
DV	S1EN	400	77933.3674	0.0270	0.3
DV	S1EN	400	77933.3674	0.0127	0.2
DV	GROA	400	55568.2461	0.0104	0.2
DV	GROA	400	55568.2461	0.0310	0.6
DV	PFER	400	26926.3022	0.0446	1.7
DV	PFER	400	26926.3022	0.0141	0.5
DV	100	400	1597.3928	0.0054	3.4
DV	100	400	1597.3928	0.0043	2.7
DV	ELBA	400	34684.4150	0.0750	2.2
DV	ELBA	400	34684.4150	0.0252	0.7
DV	S1EN	100	76511.4085	0.0286	0.4
DV	S1EN	100	76511.4085	0.0210	0.3
DV	S1EN	100	76511.4085	0.0592	0.8
DV	S1EN	100	76511.4085	0.0569	0.7
DV	CECI	100	35827.5924	0.0291	0.8
DV	CECI	100	35827.5924	0.0497	1.4
DV	CECI	100	35827.5924	0.0649	1.8
DV	CECI	100	35827.5924	0.0780	2.2
DV	CECI	100	35827.5924	0.0199	0.6
DV	VRRA	100	54137.1364	0.0334	0.6
DV	VRRA	100	54137.1364	0.0116	0.2
DV	VRRA	100	54137.1364	0.0171	0.3
DV	VRRA	100	54137.1364	0.0481	0.9
DV	VRRA	100	54137.1364	0.0494	0.9
DV	GAVO	100	31511.3502	0.0727	2.3
DV	GAVO	100	31511.3502	0.0370	1.2
DV	GAVO	100	31511.3502	0.0452	1.4
DV	GAVO	100	31511.3502	0.0715	2.3
DV	GAVO	100	31511.3502	0.0216	0.7
DV	GROA	100	54139.8423	0.0661	1.2
DV	GROA	100	54139.8423	0.0581	1.1
DV	GROA	100	54139.8423	0.0530	1.0
DV	GROA	100	54139.8423	0.0887	1.6
DV	GROA	100	54139.8423	0.0104	0.2
DV	PFER	100	27932.4391	0.0350	1.3
DV	PFER	100	27932.4391	0.0145	0.5
DV	PFER	100	27932.4391	0.0367	1.3
DV	PFER	100	27932.4391	0.0521	1.9
DV	PFER	100	27932.4391	0.0402	1.4

	ELBA	100	35783.9156	0.0046	0.1
DV	ELBA	100	35783.9156	0.0238	0.7
DV	ELBA	100	35783.9156	0.0045	0.1
DV	ELBA	100	35783.9156	0.0364	1.0
DV	ELBA	100	35783.9156	0.0461	1.3

**Ellissi d'errore assoluta (2D - 39.4% 1D - 68.3%)**

Stazione	A [m]	B [m]	A/B	Phi	Dp quota [m]
100	0.0013	0.0011	1.2	11°	0.0029
200	0.0013	0.0011	1.2	9°	0.0030
300	0.0016	0.0014	1.2	2°	0.0037
3000	0.0030	0.0024	1.2	10°	0.0077
400	0.0015	0.0013	1.1	12°	0.0035
4000	0.0030	0.0024	1.2	9°	0.0076
500	0.0016	0.0013	1.2	18°	0.0041
600	0.0129	0.0065	2.0	4°	0.0195
CECI	0.0000	0.0000	1.0	0°	0.0000
ELBA	0.0000	0.0000	1.0	-87°	0.0000
GAVO	0.0000	0.0000	1.0	0°	0.0000
GROA	0.0000	0.0000	1.0	90°	0.0000
PFER	0.0000	0.0000	1.0	0°	0.0000
S1EN	0.0000	0.0000	1.0	0°	0.0000
VRRA	0.0000	0.0000	1.0	90°	0.0000
v1000	0.0045	0.0039	1.2	14°	0.0144
v1001	0.0027	0.0024	1.1	18°	0.0079

**Test ed errori stimati**

**Test delle coordinate**

Stazione		MDB	BNR	Test W	Test T
CECI	Latitudine	0.0091 m	999.9	0.00	0.00
	Longitudine	0.0078 m	999.9	0.00	
	Quota	0.0208 m	999.9	0.00	
ELBA	Latitudine	0.0114 m	4.9	1.98	12.06
	Longitudine	0.0101 m	4.1	2.81	
	Quota	0.0283 m	3.7	-4.86	
GAVO	Latitudine	0.0090 m	999.9	0.00	0.00
	Longitudine	0.0078 m	999.9	0.00	
	Quota	0.0209 m	999.9	0.00	
GROA	Latitudine	0.0089 m	999.9	0.00	0.00
	Longitudine	0.0077 m	999.9	0.00	
	Quota	0.0205 m	999.9	0.00	
PFER	Latitudine	0.0098 m	999.9	0.00	0.00
	Longitudine	0.0085 m	999.9	0.00	
	Quota	0.0225 m	999.9	0.00	
S1EN	Latitudine	0.0153 m	999.9	0.00	0.00
	Longitudine	0.0132 m	999.9	0.00	
	Quota	0.0349 m	999.9	0.00	
VRRA	Latitudine	0.0101 m	999.9	0.00	0.00
	Longitudine	0.0087 m	999.9	0.00	
	Quota	0.0232 m	999.9	0.00	

**Test delle osservazioni**

	Stazione	Obiettivo	MDB	Rosso	BNR	Test W	Test T
<b>DX</b>	CECI	v1001	0.0747 m	98	0.4	-0.80	0.43
<b>DY</b>			0.0513 m	98	0.4	-0.67	
<b>DZ</b>			0.0723 m	98	0.4	0.58	
<b>DX</b>	CECI	v1000	0.1026 m	97	0.5	0.01	0.13
<b>DY</b>			0.0641 m	96	0.5	-0.58	
<b>DZ</b>			0.0959 m	97	0.5	0.07	
<b>DX</b>	CECI	600	0.1272 m	84	1.2	0.28	0.19
<b>DY</b>			0.0508 m	84	1.2	-0.44	
<b>DZ</b>			0.0973 m	84	1.2	0.51	
<b>DX</b>	CECI	500	0.0839 m	99	0.2	0.03	0.30
<b>DY</b>			0.0444 m	99	0.2	-0.69	
<b>DZ</b>			0.0809 m	99	0.2	0.59	
<b>DX</b>	CECI	4000	0.0689 m	97	0.4	0.25	0.15
<b>DY</b>			0.0463 m	97	0.4	-0.60	

DZ			0.0804 m	98	0.4	-0.20	
DX	CECI	3000	0.0762 m	98	0.4	0.14	0.20
DY			0.0482 m	97	0.4	-0.69	
DZ			0.0802 m	98	0.4	0.31	
DX	CECI	300	0.0397 m	97	0.4	-0.61	0.62
DY			0.0255 m	97	0.4	-1.11	
DZ			0.0370 m	97	0.4	0.45	
DX	CECI	200	0.0430 m	98	0.3	0.36	1.22
DY			0.0277 m	98	0.3	-1.79	
DZ			0.0399 m	98	0.3	0.31	
DX	VRRA	v1001	0.0828 m	98	0.3	-0.42	0.36
DY			0.0568 m	98	0.3	0.29	
DZ			0.0801 m	98	0.3	-0.26	
DX	VRRA	v1000	0.1068 m	97	0.5	0.03	0.27
DY			0.0668 m	97	0.5	-0.47	
DZ			0.0999 m	97	0.5	-0.29	
DX	VRRA	600	0.1163 m	80	1.4	-0.05	0.12
DY			0.0461 m	80	1.4	0.07	
DZ			0.0884 m	79	1.4	-0.53	
DX	VRRA	500	0.0890 m	99	0.2	0.14	0.09
DY			0.0471 m	99	0.2	-0.48	
DZ			0.0858 m	99	0.2	0.03	
DX	VRRA	4000	0.0731 m	97	0.4	0.22	0.62
DY			0.0478 m	97	0.4	0.03	
DZ			0.0857 m	98	0.4	-1.09	
DX	VRRA	3000	0.0796 m	98	0.4	0.32	0.08
DY			0.0540 m	98	0.4	0.09	
DZ			0.0804 m	98	0.4	-0.47	
DX	VRRA	300	0.0484 m	98	0.3	-0.34	0.09
DY			0.0311 m	98	0.4	0.43	
DZ			0.0451 m	98	0.4	0.20	
DX	VRRA	200	0.0506 m	99	0.3	0.45	0.20
DY			0.0326 m	98	0.3	-0.32	
DZ			0.0469 m	99	0.3	0.10	
DX	GAVO	v1001	0.0760 m	98	0.4	-0.30	0.13
DY			0.0521 m	98	0.4	0.42	
DZ			0.0735 m	98	0.4	-0.07	
DX	GAVO	v1000	0.1099 m	97	0.5	0.49	0.11
DY			0.0673 m	97	0.5	-0.01	
DZ			0.1005 m	97	0.5	-0.56	
DX	GAVO	600	0.1182 m	81	1.4	0.22	0.08
DY			0.0472 m	81	1.3	0.30	
DZ			0.0904 m	81	1.4	0.07	
DX	GAVO	500	0.0839 m	99	0.2	0.58	0.21
DY			0.0444 m	99	0.2	0.48	
DZ			0.0810 m	99	0.2	-0.46	
DX	GAVO	4000	0.0725 m	97	0.4	0.63	0.21
DY			0.0488 m	98	0.4	0.35	
DZ			0.0838 m	98	0.4	-0.68	
DX	GAVO	3000	0.0782 m	98	0.4	0.51	0.15
DY			0.0530 m	98	0.4	0.26	
DZ			0.0786 m	98	0.4	-0.30	
DX	GAVO	300	0.0444 m	98	0.4	0.47	0.69
DY			0.0277 m	97	0.4	1.02	
DZ			0.0400 m	97	0.4	0.17	
DX	GAVO	200	0.0429 m	98	0.3	1.53	1.78
DY			0.0271 m	98	0.3	0.29	
DZ			0.0386 m	98	0.3	0.04	
DX	S1EN	v1000	0.1600 m	98	0.3	-0.19	0.05
DY			0.0979 m	98	0.3	-0.18	
DZ			0.1446 m	98	0.3	0.07	
DX	S1EN	500	0.1181 m	99	0.2	0.05	0.26
DY			0.0625 m	99	0.2	-0.20	
DZ			0.1140 m	99	0.1	0.51	
DX	S1EN	4000	0.0961 m	98	0.3	-0.43	0.28
DY			0.0643 m	98	0.3	0.54	
DZ			0.1109 m	99	0.3	-0.26	
DX	S1EN	3000	0.0964 m	98	0.3	-0.45	0.12
DY			0.0608 m	98	0.3	0.45	
DZ			0.1016 m	98	0.3	0.15	
DX	GROA	v1001	0.0699 m	97	0.4	0.00	0.06
DY			0.0480 m	97	0.4	0.28	

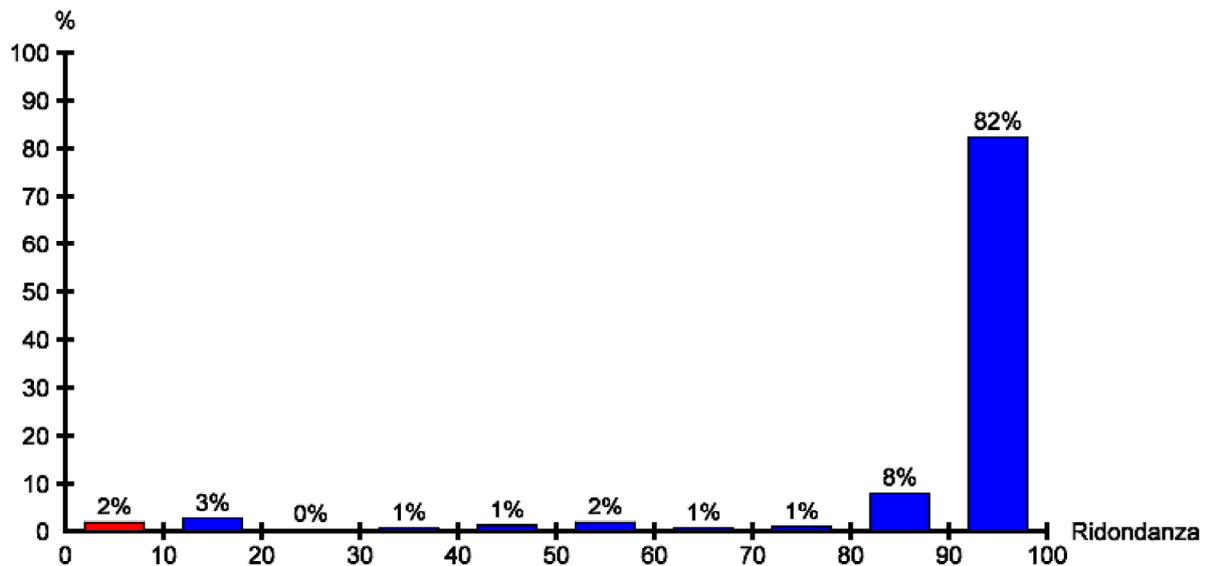
			0.0677 m	97	0.4	0.14		
DX	GROA	v1000	0.1018 m	97	0.5	0.60	0.13	
DY			0.0636 m	96	0.5	-0.17		
DZ			0.0952 m	96	0.5	-0.37		
DX	GROA	600	0.1156 m	80	1.4	0.39	0.11	
DY			0.0459 m	79	1.4	-0.09		
DZ			0.0879 m	79	1.4	0.24		
DX	GROA	500	0.0824 m	99	0.2	1.02	0.45	
DY			0.0436 m	99	0.3	-0.21		
DZ			0.0795 m	99	0.2	-0.40		
DX	GROA	4000	0.0724 m	97	0.4	1.00	0.42	
DY			0.0478 m	97	0.4	0.23		
DZ			0.0834 m	98	0.4	-0.52		
DX	GROA	3000	0.0752 m	98	0.4	0.76	0.46	
DY			0.0508 m	98	0.4	0.16		
DZ			0.0755 m	97	0.4	-0.12		
DX	GROA	300	0.0436 m	98	0.4	0.86	0.58	
DY			0.0280 m	98	0.4	0.65		
DZ			0.0406 m	98	0.4	-0.23		
DX	GROA	200	0.0437 m	98	0.3	1.71	1.54	
DY			0.0282 m	98	0.3	-0.05		
DZ			0.0405 m	98	0.3	-0.31		
DX	PFER	v1001	0.0811 m	98	0.4	-0.19	0.09	
DY			0.0556 m	98	0.4	-0.11		
DZ			0.0785 m	98	0.4	-0.11		
DX	PFER	v1000	0.1113 m	97	0.4	0.38	0.15	
DY			0.0695 m	97	0.5	-0.33		
DZ			0.1040 m	97	0.4	-0.46		
DX	PFER	600	0.1469 m	88	1.0	-0.22	0.09	
DY			0.0580 m	88	1.0	-0.27		
DZ			0.1116 m	88	1.0	-0.15		
DX	PFER	500	0.1015 m	99	0.2	0.24	0.05	
DY			0.0537 m	99	0.2	-0.25		
DZ			0.0979 m	99	0.2	-0.18		
DX	PFER	4000	0.0717 m	97	0.4	0.59	0.16	
DY			0.0490 m	98	0.4	-0.22		
DZ			0.0835 m	98	0.4	-0.59		
DX	PFER	3000	0.0875 m	98	0.3	0.47	0.10	
DY			0.0552 m	98	0.4	-0.28		
DZ			0.0922 m	98	0.3	-0.15		
DX	PFER	300	0.0497 m	98	0.3	-0.07	0.04	
DY			0.0319 m	98	0.3	-0.12		
DZ			0.0462 m	98	0.3	-0.17		
DX	PFER	200	0.0521 m	99	0.3	0.72	0.35	
DY			0.0336 m	99	0.3	-0.71		
DZ			0.0481 m	99	0.3	-0.21		
DX	400	500	0.0146 m	85	1.2	1.20	2.37	⚠
DY			0.0086 m	82	1.3	-2.23	⚠	
DZ			0.0123 m	84	1.2	0.28		
DX	200	100	0.0072 m	3	14.3	0.63	0.28	
DY			0.0046 m	3	14.0	-0.57		
DZ			0.0067 m	3	14.3	-0.09		
DX	3000	v1001	0.0378 m	88	1.1	-0.59	0.50	
DY			0.0255 m	87	1.1	-0.98		
DZ			0.0374 m	86	1.1	0.70		
DX	3000	4000	0.0196 m	9	8.5	0.28	0.34	
DY			0.0129 m	9	8.6	0.70		
DZ			0.0209 m	10	8.4	0.03		
DX	100	v1001	0.0252 m	15	6.5	1.53	1.12	
DY			0.0173 m	15	6.5	0.19		
DZ			0.0248 m	14	6.6	-0.73		
DX	100	v1000	0.0448 m	15	6.2	-0.42	0.48	
DY			0.0283 m	16	6.2	0.44		
DZ			0.0419 m	17	6.1	0.76		
DX	100	500	0.0136 m	12	8.1	-1.34	2.55	⚠
DY			0.0079 m	10	8.3	2.21	⚠	
DZ			0.0117 m	7	9.2	-0.27		
DX	100	4000	0.0194 m	49	2.6	-0.81	0.50	
DY			0.0128 m	50	2.7	-0.81		
DZ			0.0212 m	57	2.4	0.84		
DX	100	3000	0.0204 m	67	2.1	-0.43	0.14	
DY			0.0137 m	66	2.0	0.20		

DZ			0.0213 m	59	2.2	0.56		
DX	300	200	0.0077 m	45	3.1	-0.15	0.02	
DY			0.0049 m	45	3.1	-0.02		
DZ			0.0071 m	45	3.1	-0.04		
DX	300	100	0.0077 m	55	2.5	0.06	0.01	
DY			0.0050 m	55	2.5	0.08		
DZ			0.0072 m	55	2.5	0.07		
DX	ELBA	v1001	0.0592 m	95	0.6	-1.36	1.11	
DY			0.0439 m	96	0.5	1.01		
DZ			0.0627 m	97	0.5	0.40		
DX	ELBA	v1000	0.0965 m	96	0.5	-0.35	0.29	
DY			0.0660 m	97	0.5	0.66		
DZ			0.0904 m	96	0.6	-0.24		
DX	ELBA	600	0.1317 m	84	1.2	-0.73	0.23	
DY			0.0521 m	84	1.2	0.39		
DZ			0.1043 m	86	1.1	-0.14		
DX	ELBA	500	0.0811 m	98	0.3	-0.63	0.24	
DY			0.0430 m	98	0.4	0.36		
DZ			0.0783 m	99	0.3	0.08		
DX	ELBA	4000	0.0822 m	97	0.4	-0.42	0.22	
DY			0.0582 m	98	0.4	0.36		
DZ			0.1006 m	98	0.4	-0.19		
DX	ELBA	3000	0.0966 m	98	0.4	-0.35	0.06	
DY			0.0702 m	98	0.3	0.23		
DZ			0.0981 m	98	0.4	0.13		
DX	ELBA	300	0.0503 m	97	0.5	-0.93	0.95	
DY			0.0298 m	96	0.6	-0.38		
DZ			0.0445 m	96	0.5	-0.29		
DX	ELBA	200	0.0522 m	98	0.4	-0.02	0.45	
DY			0.0313 m	96	0.5	-1.03		
DZ			0.0463 m	97	0.5	-0.35		
DX	CECI	400	0.0579 m	99	0.3	-0.69	0.24	
DY			0.0369 m	98	0.3	-0.35		
DZ			0.0532 m	98	0.3	0.80		
DX	CECI	400	0.0461 m	98	0.4	0.89	0.31	
DY			0.0313 m	98	0.4	-0.35		
DZ			0.0420 m	98	0.4	-0.47		
DX	VRRA	400	0.0658 m	99	0.2	-0.82	0.46	
DY			0.0420 m	99	0.3	0.03		
DZ			0.0606 m	99	0.3	-0.01		
DX	VRRA	400	0.0522 m	98	0.3	0.80	0.49	
DY			0.0354 m	98	0.3	0.23		
DZ			0.0475 m	98	0.3	-1.20		
DX	GAVO	400	0.0563 m	99	0.3	-0.12	0.44	
DY			0.0348 m	98	0.3	1.08		
DZ			0.0501 m	98	0.3	-0.59		
DX	GAVO	400	0.0518 m	98	0.3	1.40	0.92	
DY			0.0345 m	98	0.3	0.88		
DZ			0.0462 m	98	0.3	-1.18		
DX	S1EN	400	0.0919 m	99	0.2	-0.91	0.29	
DY			0.0593 m	99	0.2	0.24		
DZ			0.0832 m	99	0.2	0.58		
DX	S1EN	400	0.0666 m	99	0.2	0.34	0.20	
DY			0.0452 m	99	0.2	0.69		
DZ			0.0611 m	99	0.3	-0.34		
DX	GROA	400	0.0548 m	98	0.3	0.48	0.09	
DY			0.0350 m	98	0.3	0.19		
DZ			0.0504 m	98	0.3	-0.38		
DX	GROA	400	0.0461 m	98	0.4	1.48	0.84	
DY			0.0313 m	98	0.4	0.43		
DZ			0.0422 m	98	0.4	-0.66		
DX	PFER	400	0.0610 m	99	0.3	-0.67	0.43	
DY			0.0390 m	99	0.3	0.15		
DZ			0.0561 m	99	0.3	-0.21		
DX	PFER	400	0.0510 m	98	0.3	0.53	0.24	
DY			0.0346 m	98	0.3	-0.16		
DZ			0.0465 m	98	0.3	-0.83		
DX	100	400	0.0098 m	86	1.2	-1.34	2.92	⚠
DY			0.0063 m	81	1.4	2.82		⚠
DZ			0.0091 m	81	1.3	0.09		
DX	100	400	0.0080 m	23	4.7	1.52	7.41	⚠
DY			0.0053 m	33	3.9	-4.41		⚠

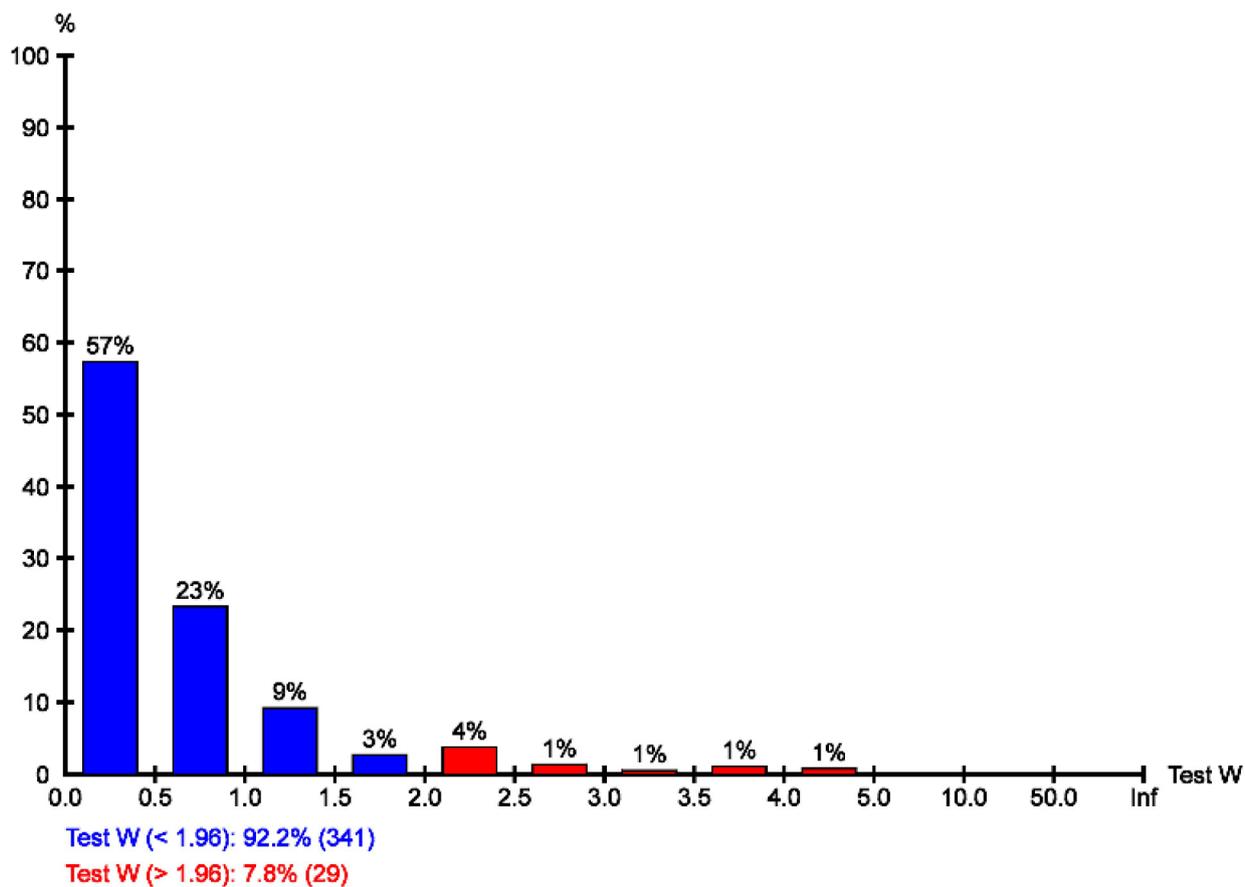
DZ			0.0074 m	33	4.1	0.91			
DX	ELBA	400	0.0537 m	97	0.4	-2.09	⚠	2.58	⚠
DY			0.0346 m	97	0.5	1.37			
DZ			0.0491 m	97	0.5	-0.03			
DX	ELBA	400	0.0546 m	97	0.4	-0.20		0.24	
DY			0.0369 m	97	0.4	0.38			
DZ			0.0571 m	98	0.4	-0.45			
DX	S1EN	100	0.0840 m	99	0.2	0.15		0.14	
DY			0.0529 m	99	0.2	-0.33			
DZ			0.0751 m	99	0.2	0.42			
DX	S1EN	100	0.0774 m	99	0.2	-0.23		0.10	
DY			0.0465 m	99	0.2	-0.17			
DZ			0.0672 m	99	0.2	-0.20			
DX	S1EN	100	0.0595 m	99	0.2	0.59		0.99	
DY			0.0428 m	99	0.2	0.17			
DZ			0.0593 m	99	0.2	0.86			
DX	S1EN	100	0.0279 m	96	0.5	-2.85	⚠	5.09	⚠
DY			0.0184 m	97	0.5	1.38			
DZ			0.0267 m	97	0.5	-0.21			
DX	CECI	100	0.0433 m	98	0.3	0.13		0.54	
DY			0.0284 m	98	0.3	-0.60			
DZ			0.0403 m	98	0.3	0.74			
DX	CECI	100	0.0438 m	98	0.3	0.99		2.03	⚠
DY			0.0273 m	98	0.3	-1.60			
DZ			0.0400 m	98	0.3	1.16			
DX	CECI	100	0.0613 m	99	0.2	1.10		2.00	⚠
DY			0.0369 m	99	0.2	-1.32			
DZ			0.0533 m	99	0.2	1.13			
DX	CECI	100	0.0362 m	98	0.4	2.04	⚠	5.58	⚠
DY			0.0260 m	98	0.3	-1.60			
DZ			0.0360 m	98	0.4	1.48			
DX	CECI	100	0.0177 m	92	0.8	-2.07	⚠	3.23	⚠
DY			0.0116 m	92	0.8	-2.00	⚠		
DZ			0.0168 m	92	0.8	1.36			
DX	VRRA	100	0.0476 m	99	0.3	0.31		0.51	
DY			0.0312 m	98	0.3	0.60			
DZ			0.0444 m	98	0.3	0.46			
DX	VRRA	100	0.0570 m	99	0.2	0.43		0.12	
DY			0.0354 m	99	0.3	-0.42			
DZ			0.0521 m	99	0.2	-0.02			
DX	VRRA	100	0.0760 m	99	0.2	0.60		0.31	
DY			0.0457 m	99	0.2	-0.77			
DZ			0.0660 m	99	0.2	-0.47			
DX	VRRA	100	0.0420 m	98	0.3	1.52		1.59	
DY			0.0302 m	98	0.3	-0.72			
DZ			0.0417 m	98	0.3	0.29			
DX	VRRA	100	0.0199 m	93	0.7	-2.30	⚠	6.32	⚠
DY			0.0131 m	94	0.7	0.41			
DZ			0.0189 m	94	0.7	-1.27			
DX	GAVO	100	0.0435 m	98	0.3	1.36		2.98	⚠
DY			0.0276 m	98	0.3	1.47			
DZ			0.0391 m	98	0.3	0.42			
DX	GAVO	100	0.0458 m	98	0.3	1.39		0.87	
DY			0.0279 m	98	0.3	0.29			
DZ			0.0410 m	98	0.3	-0.50			
DX	GAVO	100	0.0645 m	99	0.2	0.98		0.65	
DY			0.0380 m	99	0.2	-0.19			
DZ			0.0550 m	99	0.2	0.28			
DX	GAVO	100	0.0397 m	98	0.3	2.04	⚠	3.45	⚠
DY			0.0282 m	98	0.3	0.19			
DZ			0.0389 m	98	0.3	0.60			
DX	GAVO	100	0.0172 m	91	0.8	-1.30		2.57	⚠
DY			0.0112 m	91	0.8	1.65			
DZ			0.0161 m	91	0.8	-0.90			
DX	GROA	100	0.0444 m	98	0.3	1.49		2.28	⚠
DY			0.0291 m	98	0.3	1.05			
DZ			0.0415 m	98	0.3	0.13			
DX	GROA	100	0.0440 m	98	0.3	2.30	⚠	2.51	⚠
DY			0.0274 m	98	0.3	-0.99			
DZ			0.0404 m	98	0.3	-0.19			
DX	GROA	100	0.0626 m	99	0.2	1.50		1.15	

DY			0.0376 m	99	0.2	-0.64		
DZ			0.0544 m	99	0.2	0.09		
DX	GROA	100	0.0385 m	98	0.4	2.52	⚠	5.76
DY			0.0276 m	98	0.3	-0.78		
DZ			0.0382 m	98	0.3	1.08		
DX	GROA	100	0.0164 m	90	0.9	0.63		0.45
DY			0.0110 m	91	0.9	0.34		
DZ			0.0159 m	91	0.9	0.15		
DX	PFER	100	0.0502 m	99	0.3	0.66		0.44
DY			0.0329 m	99	0.3	0.25		
DZ			0.0468 m	99	0.3	0.14		
DX	PFER	100	0.0496 m	99	0.3	0.82		0.36
DY			0.0308 m	99	0.3	-0.72		
DZ			0.0454 m	98	0.3	-0.29		
DX	PFER	100	0.0863 m	99	0.2	0.91		0.47
DY			0.0520 m	99	0.2	-0.78		
DZ			0.0763 m	99	0.2	-0.04		
DX	PFER	100	0.0415 m	98	0.3	1.20		1.86
DY			0.0298 m	98	0.3	-0.89		
DZ			0.0412 m	98	0.3	0.84		
DX	PFER	100	0.0180 m	92	0.8	-2.48	⚠	5.31
DY			0.0121 m	93	0.8	-0.60		
DZ			0.0174 m	92	0.8	-0.40		
DX	ELBA	100	0.0517 m	97	0.4	-0.14		0.01
DY			0.0315 m	97	0.5	-0.09		
DZ			0.0463 m	97	0.4	0.04		
DX	ELBA	100	0.0400 m	96	0.5	-0.92		0.53
DY			0.0251 m	96	0.6	0.61		
DZ			0.0365 m	95	0.6	-0.11		
DX	ELBA	100	0.0554 m	97	0.4	-0.10		0.01
DY			0.0338 m	97	0.4	-0.14		
DZ			0.0483 m	97	0.4	0.02		
DX	ELBA	100	0.0349 m	94	0.6	0.34		1.07
DY			0.0254 m	95	0.6	0.01		
DZ			0.0369 m	96	0.6	1.11		
DX	ELBA	100	0.0228 m	86	1.0	-3.68	⚠	7.84
DY			0.0149 m	86	1.1	2.24	⚠	
DZ			0.0218 m	86	1.0	0.04		

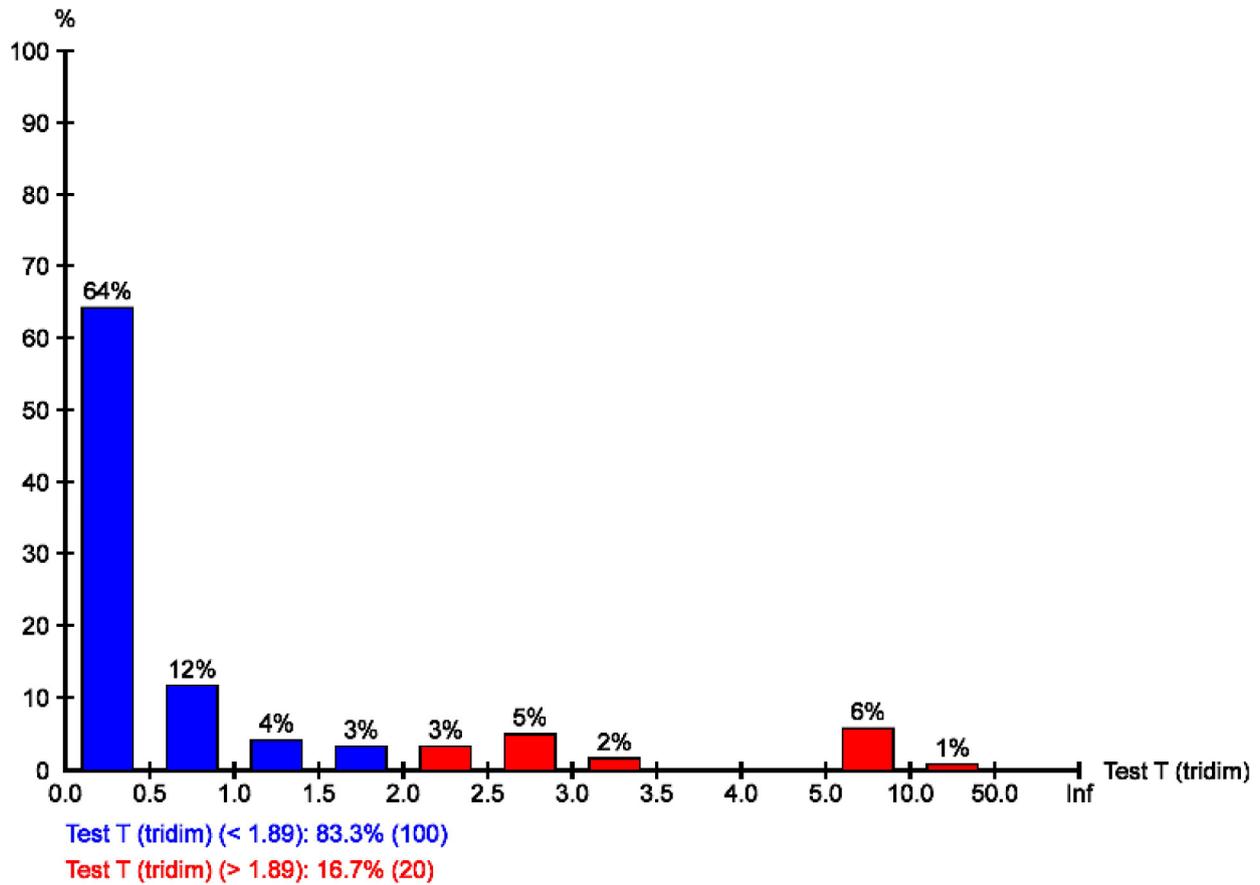
Ridondanza:



Test W:



Test T (tridimensionale):



**Errori stimati (coordinate)**

**Errori stimati per coordinate con test W rifiutati (max. 10)**

Stazione		Test W	Fatt	Err stim
ELBA	Quota	-4.86	2.5	-0.0491 m
ELBA	Longitudine	2.81	1.4	0.0102 m
ELBA	Latitudine	1.98	1.0	0.0081 m

**Errori stimati per stazioni con test T rifiutati (max. 10)**

Stazione		Test T	Fatt	Err stim
ELBA	Latitudine	12.06	2.5	0.0087 m
	Longitudine			0.0106 m
	Quota			-0.0493 m

**Errori stimati (osservazioni)**

**Errori stimati per osservazioni con test W rifiutati (max. 10)**

	Stazione	Obiettivo	Test W	Fatt	Err stim
DY	100	400	-4.41	2.2	-0.0083 m
DX	ELBA	100	-3.68	1.9	-0.0300 m
DY			2.24	1.1	0.0119 m
DX	S1EN	100	-2.85	1.5	-0.0284 m
DY	100	400	2.82	1.4	0.0064 m
DX	GROA	100	2.52	1.3	0.0346 m
DX	PFER	100	-2.48	1.3	-0.0160 m
DX	GROA	100	2.30	1.2	0.0362 m
DX	VRRR	100	-2.30	1.2	-0.0163 m
DY	400	500	-2.23	1.1	-0.0068 m

**Errori stimati per osservazioni con test W dell'altezza antenna rifiutati (max. 10)**

Stazione	Obiettivo	Test W	Fatt	MDB [m]	Est ant err [m]
ELBA	400	-2.35	1.2	0.1006	-0.0843
S1EN	100	-3.26	1.7	0.0484	-0.0564

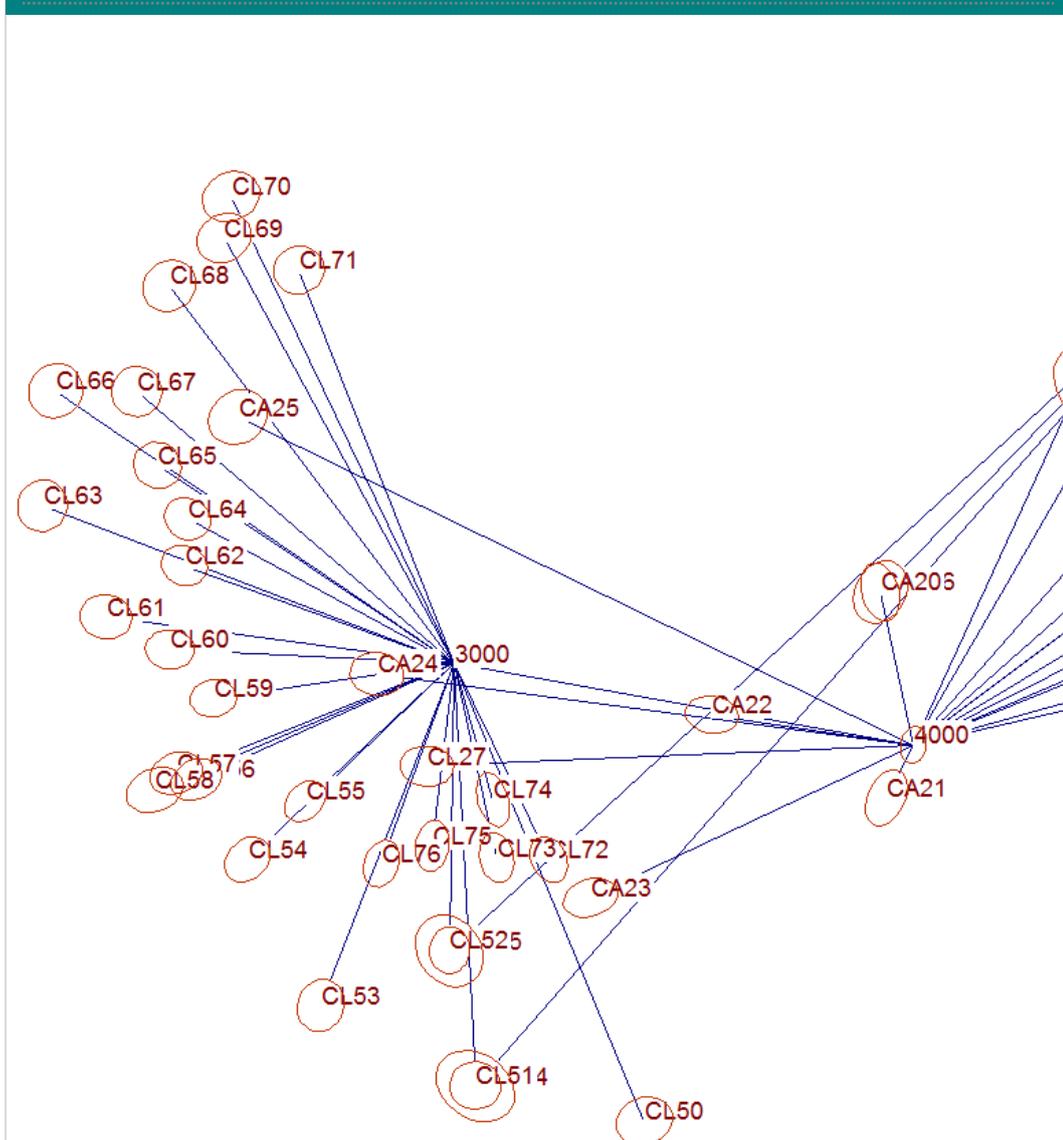
CECI	100	3.57	1.8	0.0591	0.0754
VRRA	100	-4.28	2.2	0.0344	-0.0525
GAVO	100	2.79	1.4	0.0751	0.0750
GAVO	100	3.12	1.6	0.0645	0.0718
GROA	100	2.42	1.2	0.0775	0.0671
GROA	100	2.20	1.1	0.0751	0.0591
GROA	100	3.91	2.0	0.0627	0.0877
PFER	100	-3.83	2.0	0.0315	-0.0431

**Errori stimati per osservazioni con test T rifiutati (max. 10)**

	<b>Stazione</b>	<b>Obiettivo</b>	<b>Test T</b>	<b>Fatt</b>	<b>Err stim</b>
DX	ELBA	100	7.84	2.0	-0.0471 m
DY					0.0056 m
DZ					-0.0270 m
DX	100	400	7.41	2.0	0.0068 m
DY					-0.0072 m
DZ					0.0050 m
DX	VRRA	100	6.32	1.8	-0.0400 m
DY					-0.0045 m
DZ					-0.0341 m
DX	GROA	100	5.76	1.7	0.0699 m
DY					0.0007 m
DZ					0.0571 m
DX	CECI	100	5.58	1.7	0.0579 m
DY					-0.0079 m
DZ					0.0540 m
DX	PFER	100	5.31	1.7	-0.0343 m
DY					-0.0077 m
DZ					-0.0255 m
DX	S1EN	100	5.09	1.6	-0.0493 m
DY					0.0022 m
DZ					-0.0317 m
DX	GAVO	100	3.45	1.4	0.0579 m
DY					0.0085 m
DZ					0.0432 m
DX	CECI	100	3.23	1.3	-0.0182 m
DY					-0.0102 m
DZ					-0.0053 m
DX	GAVO	100	2.98	1.3	0.0576 m
DY					0.0176 m
DZ					0.0424 m

# Allegato 8

## Report di calcolo della compensazione della rete topografica



report starnet rete cava  
MicroSurvey STAR\*NET-PRO Version 7, 2, 2, 7  
Run Date: Fri Mar 09 2018 14:13:14

Summary of Files Used and Option Settings

=====

Project Folder and Data Files

Project Name CAVA  
Project Folder F:\TEAM\_DIRECT\_BARATTI2017\RETE MARKER  
Data File List 1. cava.dat

Project Option Settings

STAR\*NET Run Mode : Adjust with Error Propagation  
Type of Adjustment : 3D  
Project Units : Meters; GONS  
Coordinate System : UTM; Zone 32  
Ellipsoid : WGS-84  
Major Axis; 1 / Flattening : 6378137.000; 298.257223563000  
Geoid Height : 90.0000 (Default, Meters)  
Longitude Sign Convention : Positive West  
Input/Output Coordinate Order : East-North  
Angle Data Station Order : At-From-To  
Distance/Vertical Data Type : Slope/Zenith  
Convergence Limit; Max Iterations : 0.001000; 10  
Default Coefficient of Refraction : 0.070000  
Create Coordinate File : Yes  
Create Geodetic Position File : No  
Create Ground Scale Coordinate File : No  
Create Dump File : No

Instrument Standard Error Settings

Project Default Instrument  
Distances (Constant) : 0.002000 Meters  
Distances (PPM) : 1.000000  
Angles : 1.000000 MilliGons  
Directions : 1.000000 MilliGons  
Azimuths & Bearings : 1.000000 MilliGons  
Zeniths : 3.000000 MilliGons  
Elevation Differences (Constant) : 0.015240 Meters  
Elevation Differences (PPM) : 0.000000  
Differential Levels : 0.002403 Meters / Km  
Centering Error Instrument : 0.001000 Meters  
Centering Error Target : 0.001000 Meters  
Centering Error Vertical : 0.003000 Meters

Summary of Unadjusted Input Observations

=====

report starnet rete cava  
 Number of Entered Stations (Meters) = 2

Fixed Stations	E	N	Elev	Description
3000	622613.5810	4759835.8270	99.0080	
Partially Fixed	E	N	Elev	Description
	StdErr	StdErr	StdErr	
4000	622637.2150	4759831.6510	97.8480	
	0.0020	0.0020	0.0500	

Number of Measured Distance Observations (Meters) = 57

From	To	Distance	StdErr	HI	HT	Comb Grid	Type
5000	6000	15.4950	0.0026	1.535	1.605	0.9997556	S
5000	4000	27.9144	0.0025	1.535	1.549	0.9997554	S
4000	5000	27.9140	0.0025	1.555	1.530	0.9997554	S
4000	3000	24.0266	0.0025	1.555	1.545	0.9997555	S
3000	4000	24.0260	0.0025	1.550	1.549	0.9997555	S
6000	5000	15.4920	0.0026	1.605	1.535	0.9997556	S
5000	CL001	3.6875	0.0030	1.535	0.000	0.9997554	S
5000	CL002	12.7980	0.0029	1.535	0.000	0.9997556	S
5000	CL003	13.3366	0.0027	1.535	0.000	0.9997555	S
5000	CL004	55.4768	0.0025	1.535	0.000	0.9997550	S
5000	CL005	51.3758	0.0025	1.535	0.000	0.9997553	S
5000	CA006	22.7887	0.0025	1.535	0.000	0.9997555	S
4000	CL10	25.2672	0.0025	1.555	0.000	0.9997556	S
4000	CL11	24.1064	0.0025	1.555	0.000	0.9997558	S
4000	CL12	18.1046	0.0025	1.555	0.000	0.9997557	S
4000	CL13	18.0711	0.0025	1.555	0.000	0.9997557	S
4000	CL14	19.5026	0.0025	1.555	0.000	0.9997557	S
4000	CL15	19.5578	0.0026	1.555	0.000	0.9997558	S
4000	CL16	19.4629	0.0025	1.555	0.000	0.9997557	S
4000	CL17	20.0927	0.0025	1.555	0.000	0.9997557	S
4000	CL18	20.3549	0.0025	1.555	0.000	0.9997556	S
4000	CA19	20.5693	0.0025	1.555	1.300	0.9997556	S
4000	CA20	8.0812	0.0025	1.555	1.300	0.9997555	S
4000	CA21	3.0765	0.0025	1.555	1.300	0.9997555	S
4000	CA22	10.4882	0.0025	1.555	1.300	0.9997556	S
4000	CA23	18.3882	0.0025	1.555	1.300	0.9997555	S
4000	CA24	27.8536	0.0025	1.555	1.300	0.9997555	S
4000	CA25	38.7118	0.0025	1.555	1.300	0.9997553	S
4000	CA26	15.3247	0.0026	1.555	1.500	0.9997559	S
4000	CL27	25.0460	0.0025	1.555	0.000	0.9997554	S
3000	CL50	25.5790	0.0025	1.550	0.000	0.9997552	S
3000	CL51	21.9190	0.0025	1.550	0.000	0.9997550	S
3000	CL52	14.8120	0.0025	1.550	0.000	0.9997552	S
3000	CL53	19.6000	0.0027	1.550	0.000	0.9997547	S
3000	CL54	14.9580	0.0026	1.550	0.000	0.9997549	S
3000	CL55	10.4320	0.0025	1.550	0.000	0.9997552	S
3000	CL56	14.9850	0.0027	1.550	0.000	0.9997549	S
3000	CL57	16.0220	0.0027	1.550	0.000	0.9997549	S
3000	CL58	18.0920	0.0029	1.550	0.000	0.9997547	S

		report	starnet	rete	cava		
3000	CL59	12.4770	0.0025	1.550	0.000	0.9997552	S
3000	CL60	14.7830	0.0025	1.550	0.000	0.9997550	S
3000	CL61	18.5010	0.0026	1.550	0.000	0.9997549	S
3000	CL62	14.7550	0.0025	1.550	0.000	0.9997552	S
3000	CL63	22.8740	0.0025	1.550	0.000	0.9997550	S
3000	CL64	15.6390	0.0025	1.550	0.000	0.9997551	S
3000	CL65	18.5210	0.0025	1.550	0.000	0.9997550	S
3000	CL66	25.5260	0.0026	1.550	0.000	0.9997547	S
3000	CL67	21.8870	0.0026	1.550	0.000	0.9997549	S
3000	CL68	24.6260	0.0025	1.550	0.000	0.9997549	S
3000	CL69	25.0150	0.0025	1.550	0.000	0.9997550	S
3000	CL70	26.9230	0.0025	1.550	0.000	0.9997549	S
3000	CL71	21.8670	0.0025	1.550	0.000	0.9997550	S
3000	CL72	11.3010	0.0025	1.550	0.000	0.9997553	S
3000	CL73	10.4580	0.0026	1.550	0.000	0.9997553	S
3000	CL74	7.7360	0.0028	1.550	0.000	0.9997554	S
3000	CL75	9.7300	0.0026	1.550	0.000	0.9997553	S
3000	CL76	11.0490	0.0025	1.550	0.000	0.9997553	S

Number of Zenith Observations (GONS) = 57

From	To	Zenith	StdErr	HI	HT
5000	6000	113.956800	17.33	1.535	1.605
5000	4000	103.557000	10.12	1.535	1.549
4000	5000	96.469150	10.12	1.555	1.530
4000	3000	97.002650	11.62	1.555	1.545
3000	4000	103.031300	11.62	1.550	1.549
6000	5000	86.117000	17.33	1.605	1.535
5000	CL001	128.492900	66.95	1.535	0.000
5000	CL002	125.397700	19.87	1.535	0.000
5000	CL003	117.572300	19.81	1.535	0.000
5000	CL004	98.061900	5.72	1.535	0.000
5000	CL005	101.328300	6.05	1.535	0.000
5000	CA006	109.097500	12.12	1.535	0.000
4000	CL10	103.325000	11.09	1.555	0.000
4000	CL11	109.257800	11.50	1.555	0.000
4000	CL12	108.891700	15.09	1.555	0.000
4000	CL13	108.891600	15.12	1.555	0.000
4000	CL14	107.424900	14.09	1.555	0.000
4000	CL15	113.862200	13.85	1.555	0.000
4000	CL16	108.595800	14.09	1.555	0.000
4000	CL17	106.246500	13.72	1.555	0.000
4000	CL18	103.767400	13.59	1.555	0.000
4000	CA19	102.403600	13.46	1.555	1.300
4000	CA20	103.199500	33.53	1.555	1.300
4000	CA21	102.417700	87.81	1.555	1.300
4000	CA22	100.607500	25.93	1.555	1.300
4000	CA23	98.825900	14.99	1.555	1.300
4000	CA24	97.480100	10.15	1.555	1.300
4000	CA25	95.967800	7.58	1.555	1.300
4000	CA26	114.274000	17.50	1.555	1.500
4000	CL27	98.996600	11.19	1.555	0.000

report starnet rete cava

3000	CL50	100.737400	10.98	1.550	0.000
3000	CL51	93.898400	12.64	1.550	0.000
3000	CL52	102.827100	18.47	1.550	0.000
3000	CL53	83.139400	13.69	1.550	0.000
3000	CL54	87.108500	17.99	1.550	0.000
3000	CL55	102.547200	26.05	1.550	0.000
3000	CL56	84.045000	17.78	1.550	0.000
3000	CL57	81.368900	16.50	1.550	0.000
3000	CL58	74.777900	14.23	1.550	0.000
3000	CL59	99.883600	21.86	1.550	0.000
3000	CL60	89.915100	18.32	1.550	0.000
3000	CL61	85.688000	14.59	1.550	0.000
3000	CL62	98.750800	18.55	1.550	0.000
3000	CL63	91.124000	12.09	1.550	0.000
3000	CL64	95.702100	17.50	1.550	0.000
3000	CL65	91.731600	14.79	1.550	0.000
3000	CL66	85.300400	10.76	1.550	0.000
3000	CL67	88.388100	12.53	1.550	0.000
3000	CL68	91.336300	11.29	1.550	0.000
3000	CL69	96.133500	11.19	1.550	0.000
3000	CL70	92.068500	10.41	1.550	0.000
3000	CL71	96.493400	12.70	1.550	0.000
3000	CL72	107.306200	23.95	1.550	0.000
3000	CL73	112.363000	25.58	1.550	0.000
3000	CL74	121.329300	33.34	1.550	0.000
3000	CL75	114.814400	27.27	1.550	0.000
3000	CL76	107.666100	24.48	1.550	0.000

Number of Measured Direction Observations (GONS) = 56

From	To	Direction	StdErr	t-T
Set 1				
5000	6000	214.767400	6.04	-0.01
5000	4000	43.052450	3.38	0.02
5000	CL001	332.580100	27.11	0.00
5000	CL002	395.190400	7.70	0.01
5000	CL003	7.582100	7.09	0.01
5000	CL004	55.392700	1.91	0.04
5000	CL005	62.350300	2.02	0.03
5000	CA006	58.501500	4.12	0.02
Set 2				
4000	5000	143.583600	3.38	-0.02
4000	3000	21.389850	3.88	-0.00
4000	CL10	155.991200	3.71	-0.02
4000	CL11	164.088500	3.91	-0.02
4000	CL12	169.381400	5.12	-0.01
4000	CL13	175.870600	5.13	-0.01
4000	CL14	180.300400	4.76	-0.01
4000	CL15	184.376700	4.82	-0.01
4000	CL16	185.820700	4.78	-0.01

		report	starnet	rete	cava
4000	CL17	192.784600	4.61	-0.01	
4000	CL18	195.860900	4.54	-0.00	
4000	CA19	137.486900	4.49	-0.02	
4000	CA20	96.724500	11.20	-0.01	
4000	CA21	340.000800	29.31	0.00	
4000	CA22	19.690200	8.64	-0.00	
4000	CA23	381.949800	5.00	0.01	
4000	CA24	18.640900	3.39	-0.00	
4000	CA25	39.112700	2.54	-0.02	
4000	CA26	169.369200	6.11	-0.01	
4000	CL27	7.414600	3.73	0.00	

Set 3

3000	4000	0.004800	3.88	0.00	
3000	CL50	63.839000	3.66	0.02	
3000	CL51	85.615900	4.25	0.02	
3000	CL52	89.806900	6.17	0.01	
3000	CL53	112.357500	4.86	0.02	
3000	CL54	140.351000	6.23	0.01	
3000	CL55	141.184500	8.70	0.01	
3000	CL56	161.879500	6.28	0.01	
3000	CL57	164.788900	5.95	0.01	
3000	CL58	163.291500	5.49	0.01	
3000	CL59	179.714800	7.29	0.00	
3000	CL60	192.094400	6.25	-0.00	
3000	CL61	197.478100	5.09	-0.00	
3000	CL62	211.266300	6.19	-0.00	
3000	CL63	212.335900	4.10	-0.01	
3000	CL64	220.780400	5.86	-0.01	
3000	CL65	226.612900	5.00	-0.01	
3000	CL66	227.322300	3.76	-0.01	
3000	CL67	234.227000	4.30	-0.01	
3000	CL68	247.994400	3.82	-0.02	
3000	CL69	257.500000	3.74	-0.02	
3000	CL70	260.696200	3.52	-0.02	
3000	CL71	265.142100	4.24	-0.02	
3000	CL72	60.140200	8.08	0.01	
3000	CL73	75.049900	8.83	0.01	
3000	CL74	70.987300	12.37	0.01	
3000	CL75	96.291000	9.56	0.01	
3000	CL76	110.838100	8.27	0.01	

#### Adjustment Statistical Summary

=====

Iterations = 2  
 Number of Stations = 55  
 Number of Observations = 173  
 Number of Unknowns = 165  
 Number of Redundant Obs = 8

report starnet rete cava

Observation	Count	Sum Squares of StdRes	Error Factor
Coordinates	3	3.619	5.108
Directions	56	0.000	0.000
Distances	57	3.434	1.141
Zeniths	57	9.127	1.861
Total	173	16.180	1.422

The Chi-Square Test at 5.00% Level Passed  
Lower/Upper Bounds (0.522/1.480)

Adjusted Station Information

Adjusted Coordinates (Meters)

Station	E	N	Elev	Description
3000	622613.5810	4759835.8270	99.0080	
4000	622637.2113	4759831.6516	97.8665	
5000	622651.1412	4759855.7840	99.4391	
6000	622652.3376	4759870.8575	96.0084	
CL001	622654.2528	4759854.6163	99.3783	
CL002	622653.8096	4759844.2998	96.0028	
CL003	622651.5729	4759842.9626	97.3395	
CL004	622614.6972	4759814.0089	102.6630	
CL005	622613.3636	4759821.0005	99.9025	
CA006	622635.5047	4759839.5346	97.7287	
CL10	622653.8151	4759850.6436	98.1025	
CL11	622655.0570	4759847.4684	95.9283	
CL12	622651.5660	4759842.3853	96.9011	
CL13	622652.5552	4759840.8519	96.9058	
CL14	622654.4721	4759840.4313	97.1521	
CL15	622654.7468	4759839.2005	95.1965	
CL16	622655.0894	4759838.8719	96.8016	
CL17	622656.4544	4759837.0694	97.4532	
CL18	622657.0085	4759836.2060	98.2177	
CA19	622645.7356	4759850.3498	97.3451	
CA20	622635.5091	4759839.5391	97.7156	
CA21	622635.8270	4759828.9075	98.0047	
CA22	622626.8411	4759833.1998	98.0214	
CA23	622620.6179	4759823.7457	98.4607	
CA24	622609.6274	4759835.3059	99.2238	
CA25	622602.4871	4759848.5660	100.5719	
CA26	622649.1725	4759840.5992	94.5142	
CL27	622612.1995	4759830.5345	99.8163	
CL50	622623.3785	4759812.2074	100.2618	
CL51	622614.6958	4759814.0425	102.6556	
CL52	622613.3635	4759821.0348	99.9005	
CL53	622606.7611	4759818.1875	105.6885	
CL54	622602.9848	4759825.7123	103.5663	

report starnet rete cava

CL55	622605.9493	4759828.7308	100.1407
CL56	622600.3527	4759829.8563	104.2744
CL57	622599.3283	4759830.1627	105.1803
CL58	622598.2235	4759829.3013	107.5398
CL59	622601.2359	4759834.0391	100.5808
CL60	622599.0054	4759836.5656	102.8901
CL61	622595.7145	4759838.2574	104.6823
CL62	622599.7357	4759840.9090	100.8475
CL63	622592.4555	4759843.9864	103.7369
CL64	622599.9003	4759843.3227	101.6130
CL65	622598.3537	4759846.0855	102.9568
CL66	622593.1338	4759849.9358	106.3998
CL67	622597.2965	4759849.8935	104.5281
CL68	622598.9732	4759855.3615	103.8990
CL69	622601.7718	4759857.8198	102.0764
CL70	622602.1431	4759859.9616	103.9037
CL71	622605.6319	4759856.1566	101.7619
CL72	622618.4762	4759825.7268	99.2639
CL73	622615.7908	4759825.8089	98.5398
CL74	622615.6060	4759828.8092	98.0144
CL75	622612.4803	4759826.4258	98.3142
CL76	622609.8716	4759825.5071	99.2307

Adjusted Positions and Ellipsoid Heights (Meters)  
(Average Geoid Height = 90.000 Meters)

Station	Latitude	Longitude	Ellip Ht
3000	42-58-52.695219	-10-30-13.819049	189.0080
4000	42-58-52.546200	-10-30-14.858760	187.8665
5000	42-58-53.320180	-10-30-15.492676	189.4391
6000	42-58-53.807976	-10-30-15.557397	186.0084
CL001	42-58-53.280533	-10-30-15.629095	189.3783
CL002	42-58-52.946461	-10-30-15.601382	186.0028
CL003	42-58-52.904424	-10-30-15.501599	187.3395
CL004	42-58-51.987509	-10-30-13.851081	192.6630
CL005	42-58-52.214859	-10-30-13.797742	189.9025
CA006	42-58-52.802655	-10-30-14.789659	187.7287
CL10	42-58-53.152044	-10-30-15.606636	188.1025
CL11	42-58-53.048423	-10-30-15.658943	185.9283
CL12	42-58-52.885719	-10-30-15.500836	186.9011
CL13	42-58-52.835451	-10-30-15.543289	186.9058
CL14	42-58-52.820710	-10-30-15.627565	187.1521
CL15	42-58-52.780663	-10-30-15.638717	185.1965
CL16	42-58-52.769816	-10-30-15.653580	186.8016
CL17	42-58-52.710610	-10-30-15.712402	187.4532
CL18	42-58-52.682309	-10-30-15.736179	188.2177
CA19	42-58-53.147211	-10-30-15.249787	187.3451
CA20	42-58-52.802797	-10-30-14.789859	187.7156
CA21	42-58-52.458074	-10-30-14.795488	188.0047
CA22	42-58-52.602386	-10-30-14.402255	188.0214
CA23	42-58-52.299615	-10-30-14.120104	188.4607
CA24	42-58-52.680624	-10-30-13.644129	189.2238

report starnet rete cava

CA25	42-58-53.114490	-10-30-13.339442	190.5719
CA26	42-58-52.829224	-10-30-15.393780	184.5142
CL27	42-58-52.524507	-10-30-13.753890	189.8163
CL50	42-58-51.924089	-10-30-14.232835	190.2618
CL51	42-58-51.988595	-10-30-13.851046	192.6556
CL52	42-58-52.215972	-10-30-13.797764	189.9005
CL53	42-58-52.127528	-10-30-13.504093	195.6885
CL54	42-58-52.373577	-10-30-13.343356	193.5663
CL55	42-58-52.469676	-10-30-13.476591	190.1407
CL56	42-58-52.509399	-10-30-13.230455	194.2744
CL57	42-58-52.519921	-10-30-13.185481	195.1803
CL58	42-58-52.492647	-10-30-13.136034	197.5398
CL59	42-58-52.644439	-10-30-13.272739	190.5808
CL60	42-58-52.727610	-10-30-13.176285	192.8901
CL61	42-58-52.784343	-10-30-13.032367	194.6823
CL62	42-58-52.867942	-10-30-13.211949	190.8475
CL63	42-58-52.971897	-10-30-12.893043	193.7369
CL64	42-58-52.946068	-10-30-13.221124	191.6130
CL65	42-58-53.036500	-10-30-13.155039	192.9568
CL66	42-58-53.164307	-10-30-12.927681	196.3998
CL67	42-58-53.160521	-10-30-13.111385	194.5281
CL68	42-58-53.336752	-10-30-13.189711	193.8990
CL69	42-58-53.414794	-10-30-13.315180	192.0764
CL70	42-58-53.483989	-10-30-13.333259	193.9037
CL71	42-58-53.358658	-10-30-13.484246	191.7619
CL72	42-58-52.365061	-10-30-14.027136	189.2639
CL73	42-58-52.369279	-10-30-13.908671	188.5398
CL74	42-58-52.466618	-10-30-13.902883	188.0144
CL75	42-58-52.391190	-10-30-13.763037	188.3142
CL76	42-58-52.362931	-10-30-13.647170	189.2307

Convergence Angles (GONS) and Grid Factors at Stations  
 (Grid Azimuth = Geodetic Azimuth - Convergence)  
 (Elevation Factor Includes a 90.00 Meter Geoid Height Correction)

Station	Convergence Angle	Scale	x	Elevation	=	Combined
3000	1.139315	0.99978495		0.99997036		0.99975532
4000	1.139533	0.99978502		0.99997054		0.99975557
5000	1.139671	0.99978506		0.99997029		0.99975536
6000	1.139688	0.99978507		0.99997083		0.99975590
CL001	1.139700	0.99978507		0.99997030		0.99975538
CL002	1.139692	0.99978507		0.99997083		0.99975591
CL003	1.139671	0.99978507		0.99997062		0.99975569
CL004	1.139318	0.99978495		0.99996979		0.99975475
CL005	1.139308	0.99978495		0.99997022		0.99975518
CA006	1.139520	0.99978502		0.99997056		0.99975558
CL10	1.139694	0.99978507		0.99997050		0.99975558
CL11	1.139705	0.99978508		0.99997084		0.99975593
CL12	1.139671	0.99978507		0.99997069		0.99975576
CL13	1.139679	0.99978507		0.99997069		0.99975576
CL14	1.139697	0.99978507		0.99997065		0.99975573

	report	starnet	rete	cava	
CL15	1.139699	0.99978507	0.99997096	0.99975604	
CL16	1.139702	0.99978508	0.99997071	0.99975579	
CL17	1.139714	0.99978508	0.99997060	0.99975569	
CL18	1.139719	0.99978508	0.99997048	0.99975557	
CA19	1.139619	0.99978505	0.99997062	0.99975567	
CA20	1.139520	0.99978502	0.99997056	0.99975559	
CA21	1.139520	0.99978502	0.99997052	0.99975554	
CA22	1.139438	0.99978499	0.99997051	0.99975551	
CA23	1.139376	0.99978497	0.99997045	0.99975542	
CA24	1.139279	0.99978494	0.99997033	0.99975527	
CA25	1.139217	0.99978492	0.99997011	0.99975504	
CA26	1.139648	0.99978506	0.99997106	0.99975613	
CL27	1.139301	0.99978495	0.99997023	0.99975519	
CL50	1.139398	0.99978498	0.99997016	0.99975515	
CL51	1.139318	0.99978495	0.99996979	0.99975475	
CL52	1.139308	0.99978495	0.99997022	0.99975518	
CL53	1.139246	0.99978493	0.99996931	0.99975425	
CL54	1.139213	0.99978492	0.99996965	0.99975457	
CL55	1.139242	0.99978493	0.99997018	0.99975512	
CL56	1.139190	0.99978491	0.99996953	0.99975445	
CL57	1.139181	0.99978491	0.99996939	0.99975431	
CL58	1.139170	0.99978490	0.99996902	0.99975393	
CL59	1.139200	0.99978491	0.99997011	0.99975503	
CL60	1.139180	0.99978491	0.99996975	0.99975466	
CL61	1.139150	0.99978490	0.99996947	0.99975437	
CL62	1.139189	0.99978491	0.99997007	0.99975499	
CL63	1.139122	0.99978489	0.99996962	0.99975451	
CL64	1.139191	0.99978491	0.99996995	0.99975487	
CL65	1.139178	0.99978490	0.99996974	0.99975465	
CL66	1.139131	0.99978489	0.99996920	0.99975410	
CL67	1.139169	0.99978490	0.99996949	0.99975440	
CL68	1.139187	0.99978491	0.99996959	0.99975451	
CL69	1.139214	0.99978492	0.99996988	0.99975480	
CL70	1.139218	0.99978492	0.99996959	0.99975452	
CL71	1.139249	0.99978493	0.99996993	0.99975486	
CL72	1.139357	0.99978497	0.99997032	0.99975529	
CL73	1.139332	0.99978496	0.99997043	0.99975540	
CL74	1.139332	0.99978496	0.99997052	0.99975548	
CL75	1.139302	0.99978495	0.99997047	0.99975542	
CL76	1.139277	0.99978494	0.99997033	0.99975527	
Project Averages:	1.139397	0.99978498	0.99997019	0.99975518	

Adjusted Observations and Residuals

=====

Adjusted Coordinate Observations (Meters)  
(Stations with Partially Fixed Coordinate Components)

Station File:Line	Component	Adj Coordinate	Residual	StdErr	StdRes
4000 1:29	E	622637.2113	-0.0037	0.0020	1.8

report starnet rete cava

N	4759831.6516	0.0006	0.0020	0.3
Elev	97.8665	0.0185	0.0500	0.4

Adjusted Measured Distance Observations (Meters)

File:Line	From	To	Distance	Residual	StdErr	StdRes
1:118	5000	6000	15.4935	-0.0015	0.0026	0.6
1:120	5000	4000	27.9145	0.0001	0.0025	0.0
1:123	4000	5000	27.9139	-0.0001	0.0025	0.0
1:125	4000	3000	24.0289	0.0023	0.0025	0.9
1:128	3000	4000	24.0294	0.0034	0.0025	1.4
1:132	6000	5000	15.4935	0.0015	0.0026	0.6
1:143	5000	CL001	3.6875	-0.0000	0.0030	0.0
1:144	5000	CL002	12.7980	-0.0000	0.0029	0.0
1:145	5000	CL003	13.3366	0.0000	0.0027	0.0
1:146	5000	CL004	55.4768	-0.0000	0.0025	0.0
1:147	5000	CL005	51.3758	-0.0000	0.0025	0.0
1:148	5000	CA006	22.7887	0.0000	0.0025	0.0
1:170	4000	CL10	25.2672	0.0000	0.0025	0.0
1:171	4000	CL11	24.1064	0.0000	0.0025	0.0
1:172	4000	CL12	18.1046	0.0000	0.0025	0.0
1:173	4000	CL13	18.0711	-0.0000	0.0025	0.0
1:174	4000	CL14	19.5026	-0.0000	0.0025	0.0
1:175	4000	CL15	19.5578	0.0000	0.0026	0.0
1:176	4000	CL16	19.4629	0.0000	0.0025	0.0
1:177	4000	CL17	20.0927	-0.0000	0.0025	0.0
1:178	4000	CL18	20.3549	-0.0000	0.0025	0.0
1:179	4000	CA19	20.5693	-0.0000	0.0025	0.0
	4000	CA20	8.0812	-0.0000	0.0025	0.0

report starnet rete cava

1:180	4000	CA21	3.0765	0.0000	0.0025	0.0
1:181	4000	CA22	10.4882	0.0000	0.0025	0.0
1:182	4000	CA23	18.3882	0.0000	0.0025	0.0
1:183	4000	CA24	27.8536	0.0000	0.0025	0.0
1:184	4000	CA25	38.7118	-0.0000	0.0025	0.0
1:185	4000	CA26	15.3247	0.0000	0.0026	0.0
1:186	4000	CL27	25.0460	0.0000	0.0025	0.0
1:187	3000	CL50	25.5790	-0.0000	0.0025	0.0
1:218	3000	CL51	21.9190	-0.0000	0.0025	0.0
1:219	3000	CL52	14.8120	-0.0000	0.0025	0.0
1:220	3000	CL53	19.6000	0.0000	0.0027	0.0
1:221	3000	CL54	14.9580	0.0000	0.0026	0.0
1:222	3000	CL55	10.4320	0.0000	0.0025	0.0
1:223	3000	CL56	14.9850	0.0000	0.0027	0.0
1:224	3000	CL57	16.0220	-0.0000	0.0027	0.0
1:225	3000	CL58	18.0920	-0.0000	0.0029	0.0
1:226	3000	CL59	12.4770	-0.0000	0.0025	0.0
1:227	3000	CL60	14.7830	0.0000	0.0025	0.0
1:228	3000	CL61	18.5010	-0.0000	0.0026	0.0
1:229	3000	CL62	14.7550	-0.0000	0.0025	0.0
1:230	3000	CL63	22.8740	0.0000	0.0025	0.0
1:231	3000	CL64	15.6390	-0.0000	0.0025	0.0
1:232	3000	CL65	18.5210	-0.0000	0.0025	0.0
1:233	3000	CL66	25.5260	0.0000	0.0026	0.0
1:234	3000	CL67	21.8870	-0.0000	0.0026	0.0
1:235	3000	CL68	24.6260	0.0000	0.0025	0.0

report starnet rete cava

1:236						
	3000	CL69	25.0150	0.0000	0.0025	0.0
1:237						
	3000	CL70	26.9230	0.0000	0.0025	0.0
1:238						
	3000	CL71	21.8670	0.0000	0.0025	0.0
1:239						
	3000	CL72	11.3010	-0.0000	0.0025	0.0
1:240						
	3000	CL73	10.4580	0.0000	0.0026	0.0
1:241						
	3000	CL74	7.7360	-0.0000	0.0028	0.0
1:242						
	3000	CL75	9.7300	-0.0000	0.0026	0.0
1:243						
	3000	CL76	11.0490	-0.0000	0.0025	0.0
1:244						

Adjusted Zenith Observations (GONS)

File:Line	From	To	Zenith	Residual	StdErr	StdRes
	5000	6000	113.919965	-0.036835	17.33	2.1
1:117						
	5000	4000	103.556569	-0.000431	10.12	0.0
1:119						
	4000	5000	96.468719	-0.000431	10.12	0.0
1:122						
	4000	3000	97.001271	-0.001379	11.62	0.1
1:124						
	3000	4000	103.028045	-0.003255	11.62	0.3
1:127						
	6000	5000	86.080165	-0.036835	17.33	2.1
1:130						
	5000	CL001	128.492900	0.000000	66.95	0.0
1:136						
	5000	CL002	125.397700	0.000000	19.87	0.0
1:137						
	5000	CL003	117.572300	-0.000000	19.81	0.0
1:138						
	5000	CL004	98.061900	0.000000	5.72	0.0
1:139						
	5000	CL005	101.328300	-0.000000	6.05	0.0
1:140						
	5000	CA006	109.097500	-0.000000	12.12	0.0
1:141						
	4000	CL10	103.325000	0.000000	11.09	0.0
1:151						
	4000	CL11	109.257800	0.000000	11.50	0.0
1:152						
	4000	CL12	108.891700	0.000000	15.09	0.0
1:153						

			report	starnet	rete	cava		
1:154	4000	CL13	108.891600	0.000000	15.12	0.0		
1:155	4000	CL14	107.424900	0.000000	14.09	0.0		
1:156	4000	CL15	113.862200	0.000000	13.85	0.0		
1:157	4000	CL16	108.595800	0.000000	14.09	0.0		
1:158	4000	CL17	106.246500	0.000000	13.72	0.0		
1:159	4000	CL18	103.767400	0.000000	13.59	0.0		
1:160	4000	CA19	102.403600	0.000000	13.46	0.0		
1:161	4000	CA20	103.199500	0.000000	33.53	0.0		
1:162	4000	CA21	102.417700	0.000000	87.81	0.0		
1:163	4000	CA22	100.607500	0.000000	25.93	0.0		
1:164	4000	CA23	98.825900	0.000000	14.99	0.0		
1:165	4000	CA24	97.480100	0.000000	10.15	0.0		
1:166	4000	CA25	95.967800	0.000000	7.58	0.0		
1:167	4000	CA26	114.274000	0.000000	17.50	0.0		
1:168	4000	CL27	98.996600	0.000000	11.19	0.0		
1:190	3000	CL50	100.737400	0.000000	10.98	0.0		
1:191	3000	CL51	93.898400	0.000000	12.64	0.0		
1:192	3000	CL52	102.827100	0.000000	18.47	0.0		
1:193	3000	CL53	83.139400	0.000000	13.69	0.0		
1:194	3000	CL54	87.108500	-0.000000	17.99	0.0		
1:195	3000	CL55	102.547200	0.000000	26.05	0.0		
1:196	3000	CL56	84.045000	-0.000000	17.78	0.0		
1:197	3000	CL57	81.368900	0.000000	16.50	0.0		
1:198	3000	CL58	74.777900	-0.000000	14.23	0.0		
1:199	3000	CL59	99.883600	-0.000000	21.86	0.0		
1:200	3000	CL60	89.915100	-0.000000	18.32	0.0		

report starnet rete cava

1:201	3000	CL61	85.688000	0.000000	14.59	0.0
1:202	3000	CL62	98.750800	-0.000000	18.55	0.0
1:203	3000	CL63	91.124000	-0.000000	12.09	0.0
1:204	3000	CL64	95.702100	-0.000000	17.50	0.0
1:205	3000	CL65	91.731600	-0.000000	14.79	0.0
1:206	3000	CL66	85.300400	-0.000000	10.76	0.0
1:207	3000	CL67	88.388100	-0.000000	12.53	0.0
1:208	3000	CL68	91.336300	-0.000000	11.29	0.0
1:209	3000	CL69	96.133500	0.000000	11.19	0.0
1:210	3000	CL70	92.068500	0.000000	10.41	0.0
1:211	3000	CL71	96.493400	0.000000	12.70	0.0
1:212	3000	CL72	107.306200	0.000000	23.95	0.0
1:213	3000	CL73	112.363000	0.000000	25.58	0.0
1:214	3000	CL74	121.329300	0.000000	33.34	0.0
1:215	3000	CL75	114.814400	0.000000	27.27	0.0
1:216	3000	CL76	107.666100	0.000000	24.48	0.0

Adjusted Measured Direction Observations (GONS)

File:Line	From	To	Direction	Residual	StdErr	StdRes
	Set 1					
1:32	5000	6000	214.767400	-0.000000	6.04	0.0
1:33	5000	4000	43.052450	0.000000	3.38	0.0
1:34	5000	CL001	332.580100	-0.000000	27.11	0.0
1:35	5000	CL002	395.190400	-0.000000	7.70	0.0
1:36	5000	CL003	7.582100	0.000000	7.09	0.0
1:37	5000	CL004	55.392700	0.000000	1.91	0.0
	5000	CL005	62.350300	0.000000	2.02	0.0

report starnet rete cava

1:38						
	5000	CA006	58.501500	0.000000	4.12	0.0
1:39						
	Set 2					
	4000	5000	143.583600	0.000000	3.38	0.0
1:43						
	4000	3000	21.389850	-0.000000	3.88	0.0
1:44						
	4000	CL10	155.991200	0.000000	3.71	0.0
1:45						
	4000	CL11	164.088500	0.000000	3.91	0.0
1:46						
	4000	CL12	169.381400	0.000000	5.12	0.0
1:47						
	4000	CL13	175.870600	0.000000	5.13	0.0
1:48						
	4000	CL14	180.300400	0.000000	4.76	0.0
1:49						
	4000	CL15	184.376700	-0.000000	4.82	0.0
1:50						
	4000	CL16	185.820700	0.000000	4.78	0.0
1:51						
	4000	CL17	192.784600	0.000000	4.61	0.0
1:52						
	4000	CL18	195.860900	0.000000	4.54	0.0
1:53						
	4000	CA19	137.486900	-0.000000	4.49	0.0
1:54						
	4000	CA20	96.724500	-0.000000	11.20	0.0
1:55						
	4000	CA21	340.000800	-0.000000	29.31	0.0
1:56						
	4000	CA22	19.690200	-0.000000	8.64	0.0
1:57						
	4000	CA23	381.949800	-0.000000	5.00	0.0
1:58						
	4000	CA24	18.640900	-0.000000	3.39	0.0
1:59						
	4000	CA25	39.112700	-0.000000	2.54	0.0
1:60						
	4000	CA26	169.369200	-0.000000	6.11	0.0
1:61						
	4000	CL27	7.414600	-0.000000	3.73	0.0
1:62						
	Set 3					
	3000	4000	0.004800	-0.000000	3.88	0.0
1:66						
	3000	CL50	63.839000	-0.000000	3.66	0.0
1:67						
	3000	CL51	85.615900	0.000000	4.25	0.0

report starnet rete cava

1:68	3000	CL52	89.806900	0.000000	6.17	0.0
1:69	3000	CL53	112.357500	-0.000000	4.86	0.0
1:70	3000	CL54	140.351000	0.000000	6.23	0.0
1:71	3000	CL55	141.184500	-0.000000	8.70	0.0
1:72	3000	CL56	161.879500	0.000000	6.28	0.0
1:73	3000	CL57	164.788900	0.000000	5.95	0.0
1:74	3000	CL58	163.291500	0.000000	5.49	0.0
1:75	3000	CL59	179.714800	0.000000	7.29	0.0
1:76	3000	CL60	192.094400	0.000000	6.25	0.0
1:77	3000	CL61	197.478100	0.000000	5.09	0.0
1:78	3000	CL62	211.266300	-0.000000	6.19	0.0
1:79	3000	CL63	212.335900	0.000000	4.10	0.0
1:80	3000	CL64	220.780400	-0.000000	5.86	0.0
1:81	3000	CL65	226.612900	-0.000000	5.00	0.0
1:82	3000	CL66	227.322300	-0.000000	3.76	0.0
1:83	3000	CL67	234.227000	-0.000000	4.30	0.0
1:84	3000	CL68	247.994400	0.000000	3.82	0.0
1:85	3000	CL69	257.500000	0.000000	3.74	0.0
1:86	3000	CL70	260.696200	0.000000	3.52	0.0
1:87	3000	CL71	265.142100	0.000000	4.24	0.0
1:88	3000	CL72	60.140200	-0.000000	8.08	0.0
1:89	3000	CL73	75.049900	-0.000000	8.83	0.0
1:90	3000	CL74	70.987300	-0.000000	12.37	0.0
1:91	3000	CL75	96.291000	-0.000000	9.56	0.0
1:92	3000	CL76	110.838100	0.000000	8.27	0.0
1:93						

report starnet rete cava  
Adjusted Azimuths (GONS) and Horizontal Distances (Meters)

=====

(Relative Confidence of Azimuth is in MilliGons)

From	To	Grid Azimuth	95% RelConfidence			
			Grid Dist Grnd Dist	Azi	Dist	PPM
3000	4000	111.13381	23.9964 24.0022	129.88	0.0032	134.5950
3000	CL50	174.96801	25.5710 25.5773	184.19	0.0061	236.6113
3000	CL51	196.74491	21.8131 21.8184	191.58	0.0062	282.8627
3000	CL52	200.93591	14.7938 14.7974	220.65	0.0061	409.2661
3000	CL53	223.48651	18.9120 18.9166	200.19	0.0069	363.8893
3000	CL54	251.48001	14.6488 14.6524	221.65	0.0066	447.1735
3000	CL55	252.31351	10.4211 10.4236	266.87	0.0060	579.6383
3000	CL56	273.00851	14.5133 14.5168	222.61	0.0068	467.7738
3000	CL57	275.91791	15.3370 15.3408	217.13	0.0070	457.5731
3000	CL58	274.42051	16.6865 16.6906	209.62	0.0076	455.3583
3000	CL59	290.84381	12.4739 12.4770	240.23	0.0060	482.7843
3000	CL60	303.22341	14.5943 14.5979	222.03	0.0064	435.7618
3000	CL61	308.60711	18.0310 18.0354	203.56	0.0067	369.9068
3000	CL62	322.39530	14.7485 14.7522	220.96	0.0060	409.0011
3000	CL63	323.46490	22.6465 22.6520	189.65	0.0063	278.6196
3000	CL64	331.90940	15.5996 15.6034	215.53	0.0061	390.5431
3000	CL65	337.74190	18.3605 18.3650	202.25	0.0063	341.1946
3000	CL66	338.45130	24.8424 24.8485	185.38	0.0067	270.8436
3000	CL67	345.35600	21.5186 21.5239	192.32	0.0065	301.1796
3000	CL68	359.12340	24.3923 24.3983	186.17	0.0063	258.3871
3000	CL69	368.62900	24.9628 24.9689	185.18	0.0061	244.3785
3000	CL70	371.82520	26.7078 26.7143	182.50	0.0063	234.7313
3000	CL71	376.27110	21.8285 21.8338	191.55	0.0061	278.7311

		report	starnet	rete	cava		
3000	CL72	171.26921	11.2239	255.05	0.0062	552.2883	
			11.2267				
3000	CL73	186.17891	10.2589	269.52	0.0065	633.5894	
			10.2614				
3000	CL74	182.11631	7.3041	342.83	0.0072	988.4813	
			7.3059				
3000	CL75	207.42001	9.4654	284.08	0.0067	705.8736	
			9.4677				
3000	CL76	221.96711	10.9663	258.61	0.0062	566.7974	
			10.9690				
4000	5000	33.32756	27.8641	180.98	0.0043	154.7545	
			27.8710				
4000	CA19	27.23086	20.5496	194.93	0.0061	294.8345	
			20.5546				
4000	CA20	386.46846	8.0690	317.94	0.0060	749.5992	
			8.0710				
4000	CA21	229.74476	3.0735	735.25	0.0060	1959.7819	
			3.0743				
4000	CA22	309.43416	10.4852	265.84	0.0060	574.0936	
			10.4877				
4000	CA23	271.69376	18.3806	202.17	0.0060	328.5456	
			18.3851				
4000	CA24	308.38486	27.8250	181.03	0.0061	218.3612	
			27.8318				
4000	CA25	328.85665	38.6247	172.49	0.0061	158.8596	
			38.6342				
4000	CA26	59.11316	14.9375	219.69	0.0067	445.5928	
			14.9411				
4000	CL10	45.73516	25.2266	184.74	0.0061	241.3001	
			25.2327				
4000	CL11	53.83246	23.8461	187.18	0.0063	265.6841	
			23.8520				
4000	CL12	59.12536	17.9239	204.00	0.0063	351.3550	
			17.9283				
4000	CL13	65.61456	17.8908	204.13	0.0063	352.0010	
			17.8951				
4000	CL14	70.04436	19.3654	198.61	0.0062	321.3924	
			19.3701				
4000	CL15	74.12066	19.0913	199.55	0.0066	347.7282	
			19.0960				
4000	CL16	75.56466	19.2810	198.90	0.0063	325.9525	
			19.2858				
4000	CL17	82.52856	19.9912	196.59	0.0062	308.7260	
			19.9961				
4000	CL18	85.60486	20.3143	195.62	0.0061	299.6729	
			20.3193				
4000	CL27	297.15856	25.0368	185.05	0.0061	241.6837	
			25.0429				
5000	6000	5.04250	15.1209	247.89	0.0047	309.9378	
			15.1246				
5000	CA006	248.77661	22.5509	223.06	0.0063	280.3564	
			22.5564				

report starnet rete cava						
5000	CL001	122.85520	3.3235	692.73	0.0078	2345.9112
			3.3243			
5000	CL002	185.46550	11.7901	274.12	0.0076	643.2781
			11.7930			
5000	CL003	197.85721	12.8286	264.04	0.0069	539.2186
			12.8318			
5000	CL004	245.66781	55.4375	204.42	0.0061	110.4724
			55.4511			
5000	CL005	252.62541	51.3520	205.06	0.0061	118.9344
			51.3646			

Error Propagation

=====

Station Coordinate Standard Deviations (Meters)

Station	E	N	Elev
3000	0.000000	0.000000	0.000000
4000	0.001345	0.001983	0.003092
5000	0.003007	0.003667	0.004403
6000	0.004874	0.004239	0.005294
CL001	0.004185	0.004337	0.005770
CL002	0.002608	0.004966	0.005849
CL003	0.002483	0.004662	0.005988
CL004	0.004124	0.003768	0.006648
CL005	0.003568	0.003797	0.006576
CA006	0.002832	0.003304	0.006162
CL10	0.002908	0.004094	0.005376
CL11	0.002873	0.004163	0.005316
CL12	0.002722	0.003814	0.005268
CL13	0.002756	0.003842	0.005268
CL14	0.002773	0.003971	0.005294
CL15	0.002917	0.003985	0.005210
CL16	0.002812	0.003992	0.005282
CL17	0.002802	0.004076	0.005309
CL18	0.002783	0.004113	0.005328
CA19	0.002693	0.003597	0.005335
CA20	0.002053	0.003054	0.005258
CA21	0.002208	0.002955	0.005249
CA22	0.002776	0.001946	0.005273
CA23	0.002878	0.002060	0.005321
CA24	0.002799	0.002291	0.005408
CA25	0.003068	0.002917	0.005547
CA26	0.002761	0.003654	0.005173
CL27	0.002827	0.002134	0.005381
CL50	0.002948	0.002560	0.004411
CL51	0.002681	0.002521	0.004337
CL52	0.002095	0.002473	0.004294
CL53	0.002483	0.002765	0.004128
CL54	0.002412	0.002385	0.004172
CL55	0.002178	0.002129	0.004267
CL56	0.002668	0.002207	0.004108

report starnet rete cava

CL57	0.002779	0.002251	0.004053
CL58	0.002989	0.002396	0.003896
CL59	0.002450	0.001936	0.004284
CL60	0.002597	0.002081	0.004220
CL61	0.002719	0.002363	0.004174
CL62	0.002423	0.002139	0.004299
CL63	0.002602	0.002734	0.004315
CL64	0.002416	0.002238	0.004292
CL65	0.002506	0.002439	0.004278
CL66	0.002817	0.002890	0.004243
CL67	0.002651	0.002652	0.004261
CL68	0.002797	0.002701	0.004339
CL69	0.002867	0.002606	0.004392
CL70	0.003032	0.002674	0.004378
CL71	0.002658	0.002513	0.004357
CL72	0.001988	0.002416	0.004234
CL73	0.001825	0.002621	0.004153
CL74	0.001747	0.002869	0.003934
CL75	0.001743	0.002719	0.004100
CL76	0.001916	0.002468	0.004228

Station Coordinate Error Ellipses (Meters)  
Confidence Region = 95

Station	Semi-Major Axis	Semi-Minor Axis	Azimuth of Major Axis	Elev
3000	0.000000	0.000000	0.00	0.000000
4000	0.004895	0.003230	11.13	0.006060
5000	0.010378	0.005200	160.62	0.008629
6000	0.014144	0.007066	142.59	0.010375
CL001	0.012876	0.007197	152.17	0.011309
CL002	0.012392	0.005911	185.78	0.011464
CL003	0.011484	0.005941	191.67	0.011736
CL004	0.010889	0.008270	139.14	0.013029
CL005	0.009876	0.008072	160.11	0.012888
CA006	0.008492	0.006430	30.97	0.012077
CL10	0.010418	0.006523	177.19	0.010538
CL11	0.010370	0.006766	184.31	0.010419
CL12	0.009345	0.006650	196.24	0.010325
CL13	0.009405	0.006745	198.39	0.010325
CL14	0.009726	0.006778	196.84	0.010376
CL15	0.009756	0.007140	1.36	0.010211
CL16	0.009771	0.006883	199.26	0.010352
CL17	0.009976	0.006859	0.40	0.010406
CL18	0.010069	0.006812	1.00	0.010443
CA19	0.009146	0.006109	176.33	0.010457
CA20	0.007670	0.004723	181.70	0.010305
CA21	0.007690	0.004730	28.37	0.010287
CA22	0.006832	0.004711	109.22	0.010336
CA23	0.007218	0.004790	81.14	0.010428
CA24	0.006885	0.005567	110.78	0.010599
CA25	0.007879	0.006731	60.43	0.010872

report starnet rete cava

CA26	0.008972	0.006722	7.47	0.010139
CL27	0.006929	0.005211	105.08	0.010546
CL50	0.007398	0.006050	74.97	0.008646
CL51	0.006564	0.006170	96.74	0.008501
CL52	0.006055	0.005128	0.94	0.008416
CL53	0.006882	0.005947	23.49	0.008091
CL54	0.006551	0.005100	51.48	0.008177
CL55	0.006040	0.004368	52.31	0.008363
CL56	0.006789	0.005075	73.01	0.008052
CL57	0.007018	0.005231	75.92	0.007944
CL58	0.007598	0.005494	74.42	0.007635
CL59	0.006022	0.004707	90.84	0.008397
CL60	0.006360	0.005090	103.22	0.008271
CL61	0.006670	0.005765	108.61	0.008181
CL62	0.006032	0.005119	122.40	0.008426
CL63	0.006746	0.006310	23.46	0.008458
CL64	0.006092	0.005281	131.91	0.008413
CL65	0.006265	0.005833	137.74	0.008384
CL66	0.007234	0.006728	38.45	0.008317
CL67	0.006501	0.006481	45.36	0.008351
CL68	0.007133	0.006303	59.12	0.008504
CL69	0.007261	0.006100	68.63	0.008608
CL70	0.007656	0.006269	71.83	0.008581
CL71	0.006568	0.006084	76.27	0.008539
CL72	0.006199	0.004497	171.27	0.008299
CL73	0.006500	0.004343	186.18	0.008139
CL74	0.007220	0.003933	182.12	0.007710
CL75	0.006681	0.004224	7.42	0.008036
CL76	0.006216	0.004455	21.97	0.008287

Relative Error Ellipses (Meters)  
Confidence Region = 95

Stations From	To	Semi-Major Axis	Semi-Minor Axis	Azimuth of Major Axis	Vertical
3000	4000	0.004895	0.003230	11.13	0.006060
3000	CL50	0.007398	0.006050	74.97	0.008646
3000	CL51	0.006564	0.006170	96.74	0.008501
3000	CL52	0.006055	0.005128	0.94	0.008416
3000	CL53	0.006882	0.005947	23.49	0.008091
3000	CL54	0.006551	0.005100	51.48	0.008177
3000	CL55	0.006040	0.004368	52.31	0.008363
3000	CL56	0.006789	0.005075	73.01	0.008052
3000	CL57	0.007018	0.005231	75.92	0.007944
3000	CL58	0.007598	0.005494	74.42	0.007635
3000	CL59	0.006022	0.004707	90.84	0.008397
3000	CL60	0.006360	0.005090	103.22	0.008271
3000	CL61	0.006670	0.005765	108.61	0.008181
3000	CL62	0.006032	0.005119	122.40	0.008426
3000	CL63	0.006746	0.006310	23.46	0.008458
3000	CL64	0.006092	0.005281	131.91	0.008413
3000	CL65	0.006265	0.005833	137.74	0.008384

		report	starnet	rete	cava	
3000	CL66	0.007234	0.006728	38.45	0.008317	
3000	CL67	0.006501	0.006481	45.36	0.008351	
3000	CL68	0.007133	0.006303	59.12	0.008504	
3000	CL69	0.007261	0.006100	68.63	0.008608	
3000	CL70	0.007656	0.006269	71.83	0.008581	
3000	CL71	0.006568	0.006084	76.27	0.008539	
3000	CL72	0.006199	0.004497	171.27	0.008299	
3000	CL73	0.006500	0.004343	186.18	0.008139	
3000	CL74	0.007220	0.003933	182.12	0.007710	
3000	CL75	0.006681	0.004224	7.42	0.008036	
3000	CL76	0.006216	0.004455	21.97	0.008287	
4000	5000	0.007921	0.004312	133.33	0.006143	
4000	CA19	0.006292	0.006059	127.23	0.008522	
4000	CA20	0.006049	0.004030	186.47	0.008335	
4000	CA21	0.006023	0.003550	29.74	0.008313	
4000	CA22	0.006019	0.004378	109.43	0.008373	
4000	CA23	0.006039	0.005837	71.69	0.008487	
4000	CA24	0.007912	0.006076	8.38	0.008696	
4000	CA25	0.010465	0.006136	28.86	0.009027	
4000	CA26	0.006656	0.005155	59.11	0.008129	
4000	CL10	0.007320	0.006087	145.74	0.008621	
4000	CL11	0.007011	0.006336	153.83	0.008476	
4000	CL12	0.006298	0.005743	59.13	0.008360	
4000	CL13	0.006298	0.005737	65.61	0.008359	
4000	CL14	0.006224	0.006042	70.04	0.008423	
4000	CL15	0.006639	0.005984	74.12	0.008219	
4000	CL16	0.006285	0.006024	75.56	0.008393	
4000	CL17	0.006173	0.006172	182.53	0.008460	
4000	CL18	0.006242	0.006088	185.60	0.008505	
4000	CL27	0.007278	0.006051	197.16	0.008632	
5000	6000	0.005888	0.004687	105.04	0.005761	
5000	CA006	0.007901	0.006322	148.78	0.008449	
5000	CL001	0.007797	0.003616	122.86	0.007310	
5000	CL002	0.007584	0.005077	185.47	0.007547	
5000	CL003	0.006917	0.005321	197.86	0.007955	
5000	CL004	0.017801	0.006124	145.67	0.009763	
5000	CL005	0.016541	0.006108	152.63	0.009573	

Elapsed Time = 00:00:00

# Allegato 9

## Report delle elaborazioni da *software Agisoft Photoscan*



# Agisoft PhotoScan

Processing Report  
09 February 2018



# Survey Data

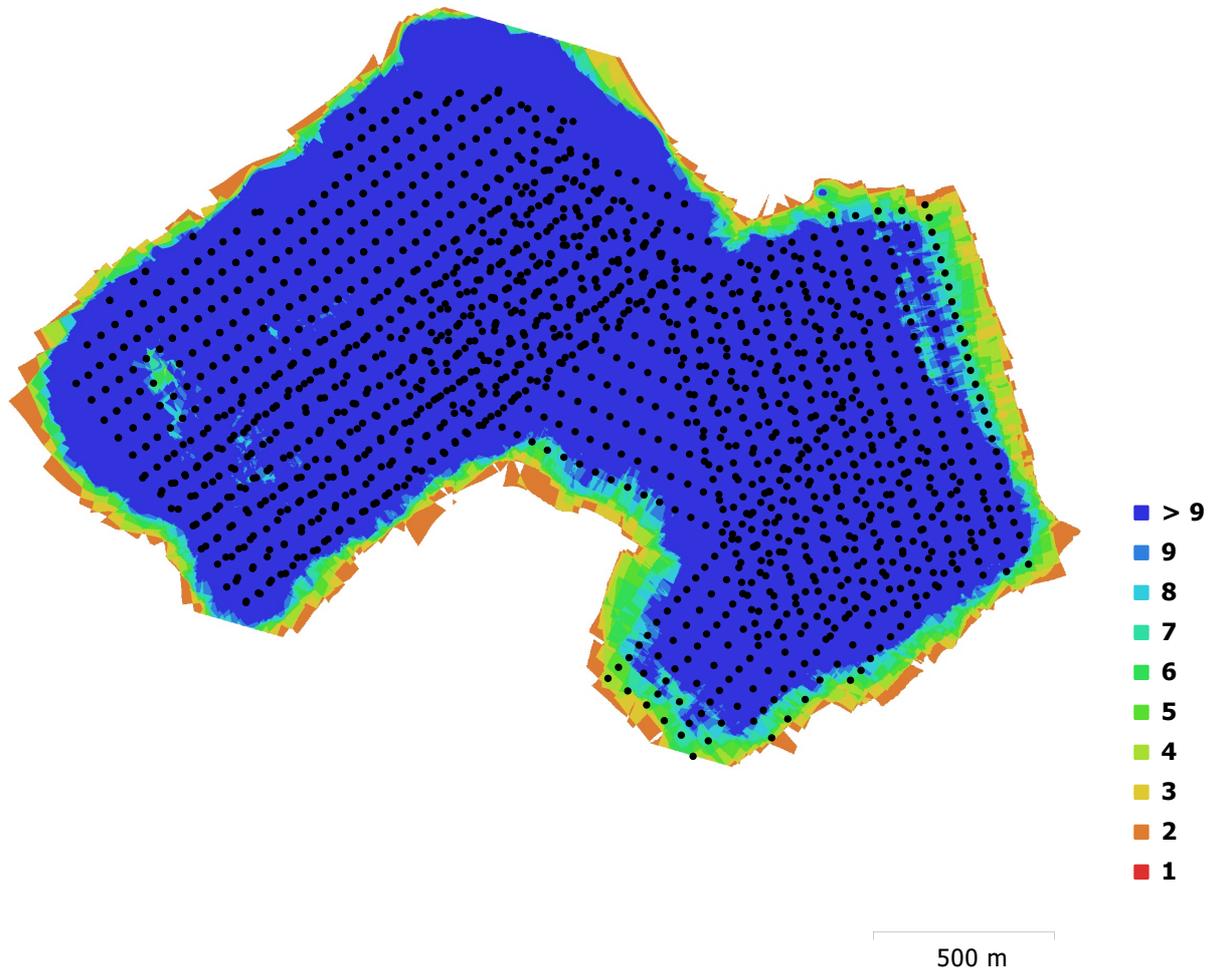


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	1,760	Camera stations:	1,641
Flying altitude:	191 m	Tie points:	513,286
Ground resolution:	6.2 cm/pix	Projections:	1,567,944
Coverage area:	3.5 km <sup>2</sup>	Reprojection error:	1.27 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
Canon PowerShot S110 (5.2 mm)	4000 x 3000	5.2 mm	1.86 x 1.86 $\mu$ m	No
Canon PowerShot S110 (5.2 mm)	4000 x 3000	5.2 mm	1.86 x 1.86 $\mu$ m	No
Canon PowerShot S110 (5.2 mm)	4000 x 3000	5.2 mm	1.86 x 1.86 $\mu$ m	No

<b>Camera Model</b>	<b>Resolution</b>	<b>Focal Length</b>	<b>Pixel Size</b>	<b>Precalibrated</b>
Canon PowerShot S110 (5.2 mm)	4000 x 3000	5.2 mm	1.86 x 1.86 $\mu\text{m}$	No
Canon PowerShot S110 (5.2 mm)	4000 x 3000	5.2 mm	1.86 x 1.86 $\mu\text{m}$	No
Canon PowerShot S110 (5.2 mm)	4000 x 3000	5.2 mm	1.86 x 1.86 $\mu\text{m}$	No

Table 1. Cameras.

# Camera Calibration

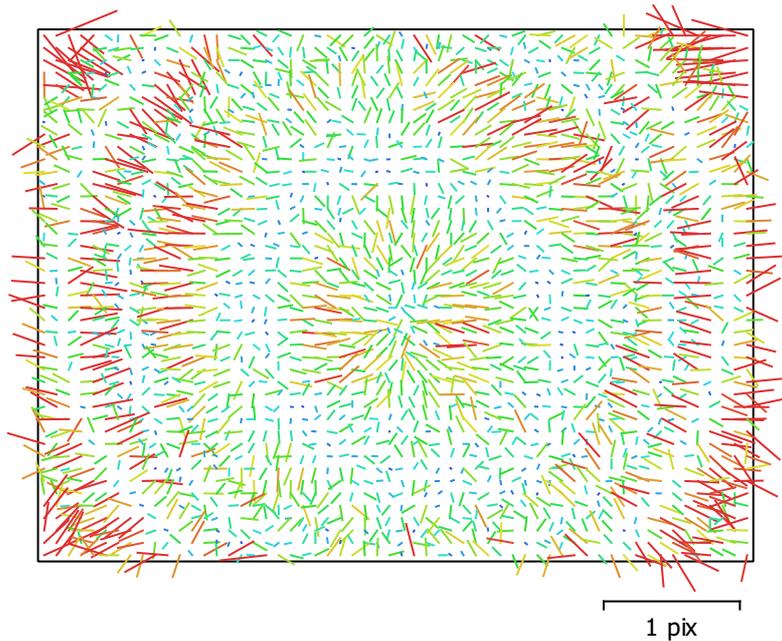


Fig. 2. Image residuals for Canon PowerShot S110 (5.2 mm).

## Canon PowerShot S110 (5.2 mm)

324 images

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
<b>Frame</b>	<b>4000 x 3000</b>	<b>5.2 mm</b>	<b>1.86 x 1.86 <math>\mu\text{m}</math></b>
F:	2869.06		
Cx:	-36.4054	B1:	0
Cy:	-25.8714	B2:	0
K1:	-0.0387532	P1:	-0.00294752
K2:	-0.00672597	P2:	-0.00245453
K3:	0.0025887	P3:	0
K4:	0	P4:	0

# Camera Calibration

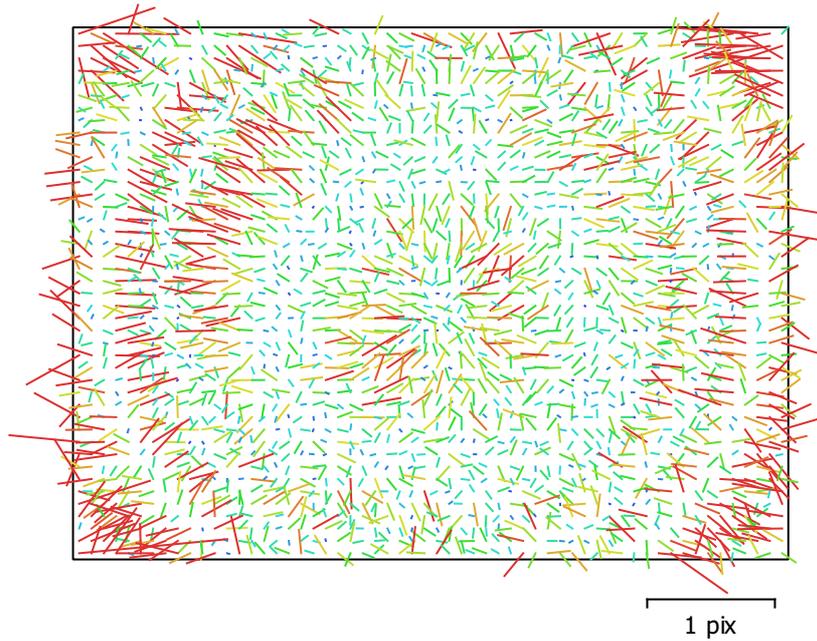


Fig. 3. Image residuals for Canon PowerShot S110 (5.2 mm).

## Canon PowerShot S110 (5.2 mm)

257 images

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
<b>Frame</b>	<b>4000 x 3000</b>	<b>5.2 mm</b>	<b>1.86 x 1.86 <math>\mu\text{m}</math></b>
F:	2867.49		
Cx:	-35.4863	B1:	0
Cy:	-26.7586	B2:	0
K1:	-0.0392073	P1:	-0.002812
K2:	-0.0062545	P2:	-0.00251294
K3:	0.00218273	P3:	0
K4:	0	P4:	0

# Camera Calibration

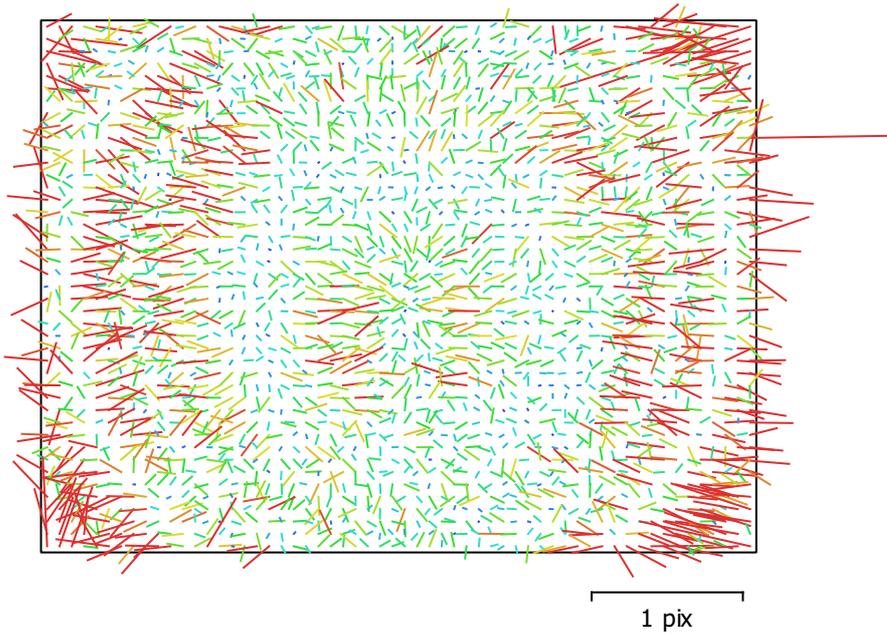


Fig. 4. Image residuals for Canon PowerShot S110 (5.2 mm).

## Canon PowerShot S110 (5.2 mm)

248 images

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
<b>Frame</b>	<b>4000 x 3000</b>	<b>5.2 mm</b>	<b>1.86 x 1.86 <math>\mu\text{m}</math></b>
F:	2870.82		
Cx:	-34.8934	B1:	0.175212
Cy:	-25.9553	B2:	0.446862
K1:	-0.0393182	P1:	-0.00276818
K2:	-0.00427712	P2:	-0.00241863
K3:	0	P3:	0
K4:	0	P4:	0

# Camera Calibration

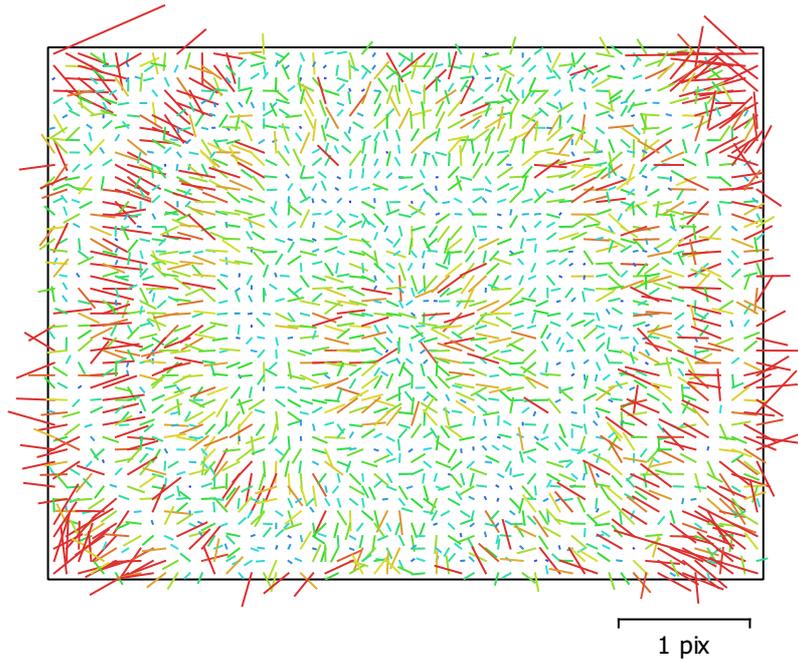


Fig. 5. Image residuals for Canon PowerShot S110 (5.2 mm).

## Canon PowerShot S110 (5.2 mm)

496 images

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
<b>Frame</b>	<b>4000 x 3000</b>	<b>5.2 mm</b>	<b>1.86 x 1.86 <math>\mu\text{m}</math></b>
F:	2870.18		
Cx:	-35.277	B1:	0
Cy:	-24.1283	B2:	0
K1:	-0.0387031	P1:	-0.00280905
K2:	-0.00659246	P2:	-0.00227875
K3:	0.00241975	P3:	0
K4:	0	P4:	0

# Camera Calibration

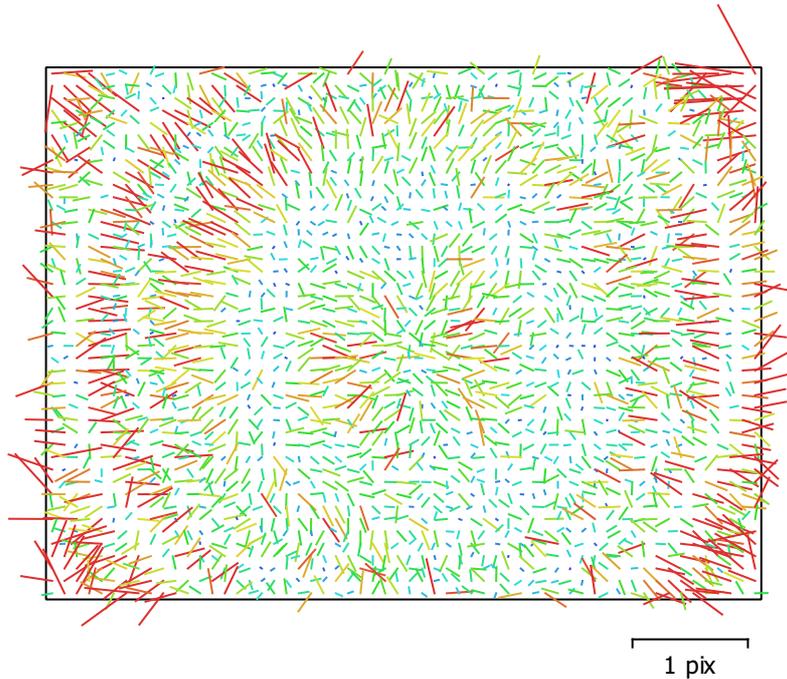


Fig. 6. Image residuals for Canon PowerShot S110 (5.2 mm).

## Canon PowerShot S110 (5.2 mm)

250 images

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
<b>Frame</b>	<b>4000 x 3000</b>	<b>5.2 mm</b>	<b>1.86 x 1.86 <math>\mu\text{m}</math></b>
F:	2870.44		
Cx:	-37.4609	B1:	0
Cy:	-28.6435	B2:	0
K1:	-0.0375512	P1:	-0.00301897
K2:	-0.00876163	P2:	-0.00270791
K3:	0.00376096	P3:	0
K4:	0	P4:	0

# Camera Calibration

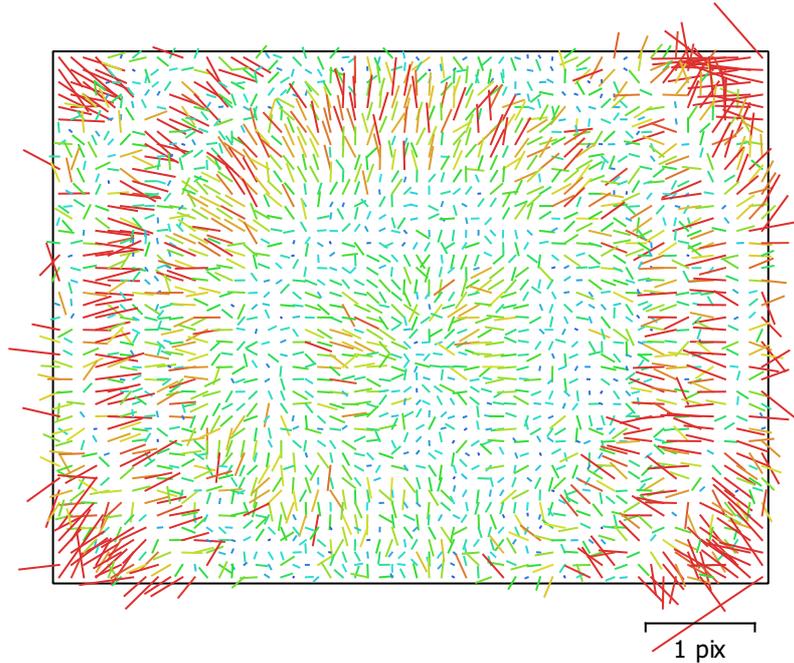


Fig. 7. Image residuals for Canon PowerShot S110 (5.2 mm).

## Canon PowerShot S110 (5.2 mm)

185 images

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
<b>Frame</b>	<b>4000 x 3000</b>	<b>5.2 mm</b>	<b>1.86 x 1.86 <math>\mu\text{m}</math></b>
F:	2866.72		
Cx:	-38.2252	B1:	0
Cy:	-25.9059	B2:	0
K1:	-0.039287	P1:	-0.00294888
K2:	-0.00519479	P2:	-0.00260211
K3:	0.00128369	P3:	0
K4:	0	P4:	0

# Ground Control Points

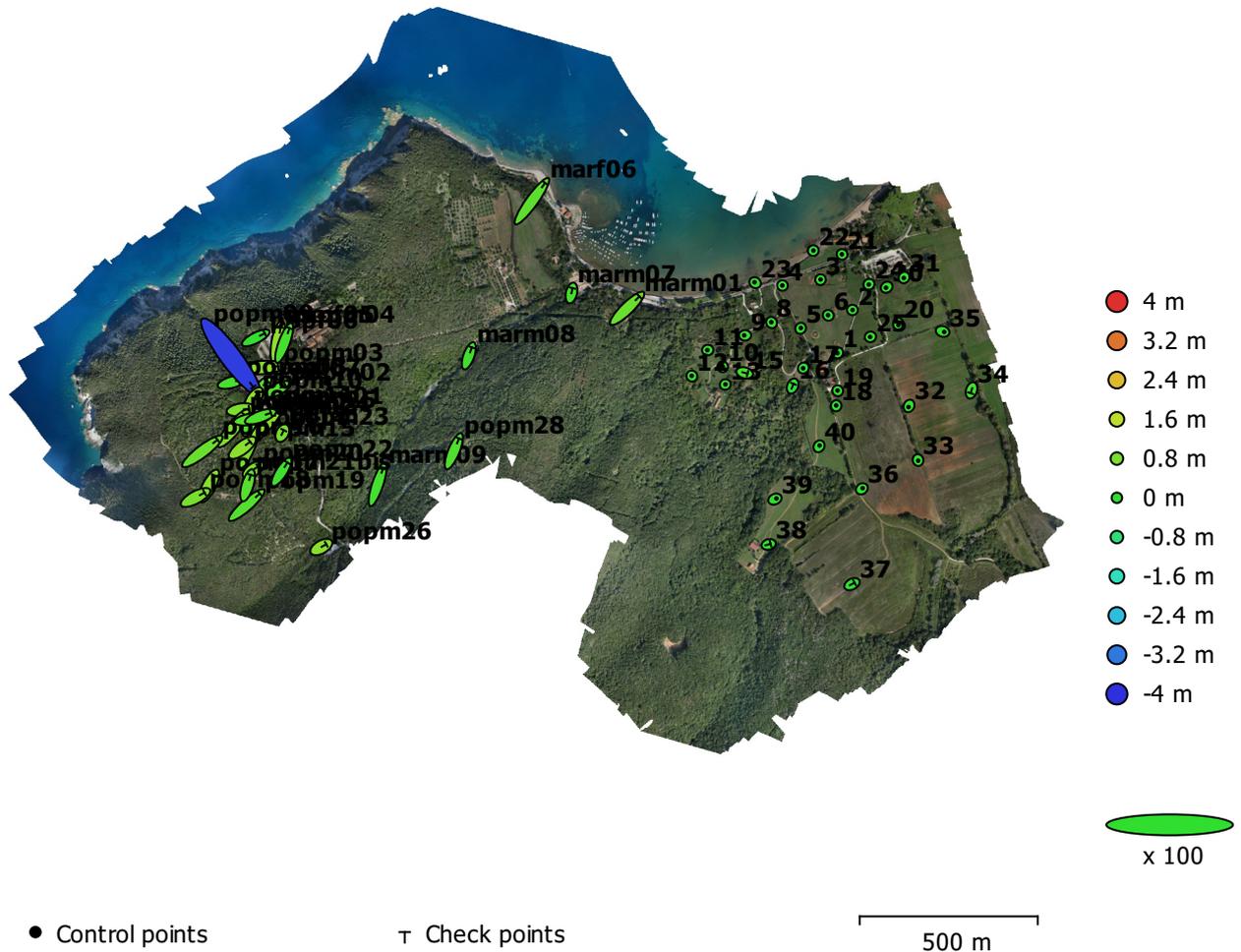


Fig. 8. GCP locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.

Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

Count	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	XY error (m)	Total (m)
29	0.0302934	0.0259872	0.0291925	0.0399127	0.0494492

Table 2. Control points RMSE.

<b>Label</b>	<b>X error (m)</b>	<b>Y error (m)</b>	<b>Z error (m)</b>	<b>Total (m)</b>	<b>Image (pix)</b>
1	-0.012183	-0.0143633	-0.0844887	0.0865625	0.555 (31)
2	0.00853259	-0.000111389	0.000710333	0.00856283	0.659 (16)
3	0.00315503	0.0107221	-0.00118661	0.0112394	0.665 (21)
4	-0.00579162	0.00211222	0.0111867	0.0127729	0.622 (30)
5	0.013571	0.0213637	-0.00229907	0.0254139	0.578 (25)
6	-0.0146444	0.010746	-0.00822995	0.0199416	0.402 (20)
8	-0.0144916	0.0241531	0.0430861	0.0514761	0.879 (31)
9	-0.0468462	-0.000300454	0.000710223	0.0468526	0.808 (30)
10	-0.000946517	0.0129403	0.00508392	0.0139353	0.608 (31)
11	-0.0225803	-0.0030183	0.0218541	0.0315687	0.761 (32)
12	-0.00944803	0.0131132	0.0427894	0.04574	0.755 (33)
13	0.0112606	0.00713492	0.00608579	0.0146542	0.556 (38)
17	-0.0150544	-0.0152074	-0.0390453	0.0445246	0.649 (34)
18	0.00272171	0.0178654	-0.0222356	0.0286532	0.407 (33)
19	-0.00830483	0.0123511	-0.0334428	0.0366052	0.497 (31)
20	0.00704577	-0.0593983	-0.00168636	0.0598385	1.078 (10)
21	-0.0110145	0.00603992	0.00298758	0.0129122	1.118 (14)
22	0.00718071	0.00397625	-0.0578641	0.0584434	0.910 (15)
23	-0.0306561	0.0237494	-0.0245291	0.0458858	0.936 (30)
24	-0.0147488	-0.0109601	0.0434961	0.0472182	1.167 (15)
25	-0.0220102	-0.00698783	0.00272565	0.0232531	0.885 (12)
30	-0.0376283	-0.0284936	0.0142035	0.0492901	1.230 (9)
31	-0.0158881	-0.0295265	0.0173907	0.0377715	1.082 (11)
32	-0.0277509	-0.0624956	0.0350142	0.0768232	0.640 (18)
33	0.00902169	-0.0372047	0.0300128	0.0486451	0.507 (25)
35	0.0888756	-0.0276614	0.033673	0.0989843	0.253 (6)
36	0.046037	0.0343439	-0.0183011	0.0602813	0.499 (30)
39	0.0850425	0.0392941	-0.00678873	0.0939273	1.031 (47)
40	0.0296741	0.0471743	-0.0016751	0.0557564	0.688 (46)
<b>Total</b>	<b>0.0302934</b>	<b>0.0259872</b>	<b>0.0291925</b>	<b>0.0494492</b>	<b>0.741</b>

Table 4. Control points.

# Digital Elevation Model

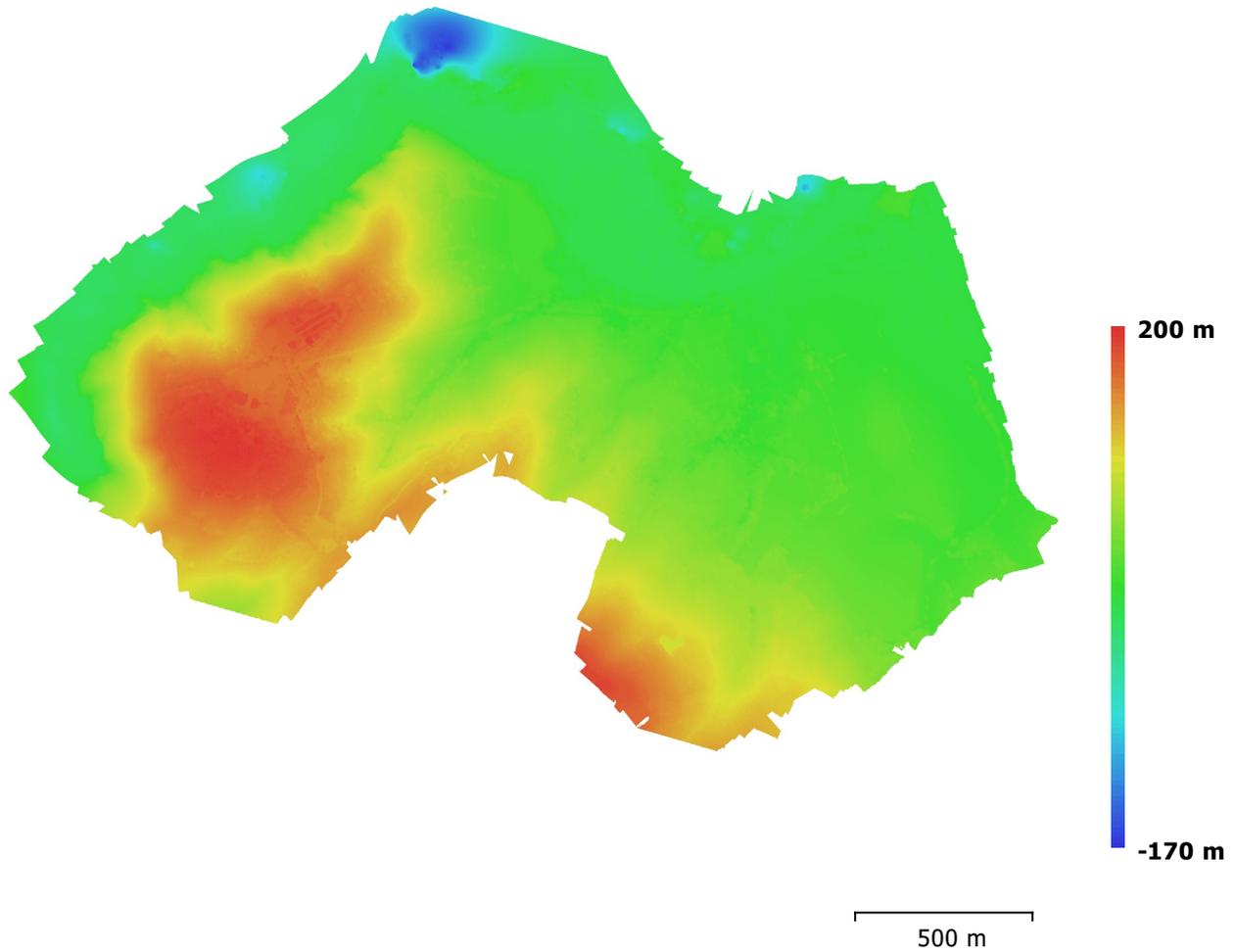


Fig. 9. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 7 cm/pix  
Point density: 204 points/m<sup>2</sup>

# Processing Parameters

## General

Cameras	1760
Aligned cameras	1641
Markers	80
Coordinate system	Local Coordinates (m)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll

## Point Cloud

Points	513,286 of 564,994
RMS reprojection error	0.126055 (1.27178 pix)
Max reprojection error	0.612211 (38.4348 pix)
Mean key point size	7.98081 pix
Effective overlap	3.42492

## Dense Point Cloud

Points	140,902,449
--------	-------------

### Reconstruction parameters

Quality	Medium
---------	--------

## Model

Faces	9,378,890
Vertices	4,697,095
Texture	4,096 x 4,096, uint8

### Reconstruction parameters

Surface type	Arbitrary
Source data	Dense
Interpolation	Enabled
Quality	Medium
Face count	9,378,891
Processing time	14 hours 41 minutes

### Texturing parameters

Mapping mode	Generic
Blending mode	Mosaic
Texture size	4,096 x 4,096
Enable color correction	No
Enable hole filling	Yes
UV mapping time	8 minutes 41 seconds
Blending time	24 minutes 29 seconds

## Tiled Model

### Reconstruction parameters

Source data	Dense cloud
Tile size	256
Processing time	3 hours 6 minutes

## DEM

Size	51,705 x 37,756
Coordinate system	Local Coordinates (m)

### Reconstruction parameters

Source data	Mesh
Interpolation	Enabled
Processing time	6 minutes 46 seconds

## Orthomosaic

Size	42,324 x 30,219
Coordinate system	Local Coordinates (m)
Channels	3, uint8

### Reconstruction parameters

Blending mode	Mosaic
Surface	DEM
Enable color correction	No
Enable hole filling	Yes

Processing time

42 minutes 44 seconds

**Software**

Version

1.3.4 build 5067

Platform

Windows 64

# Allegato 10

## Report delle elaborazioni tramite *software Scene*

