



# GPS

**CATERINA CHIEFARI**

CNR-ITABC



## Indice

1. Applicazione GPS in modalità statico
2. Applicazione GPS in modalità RTK
3. Applicazione GPS in modalità cinematico

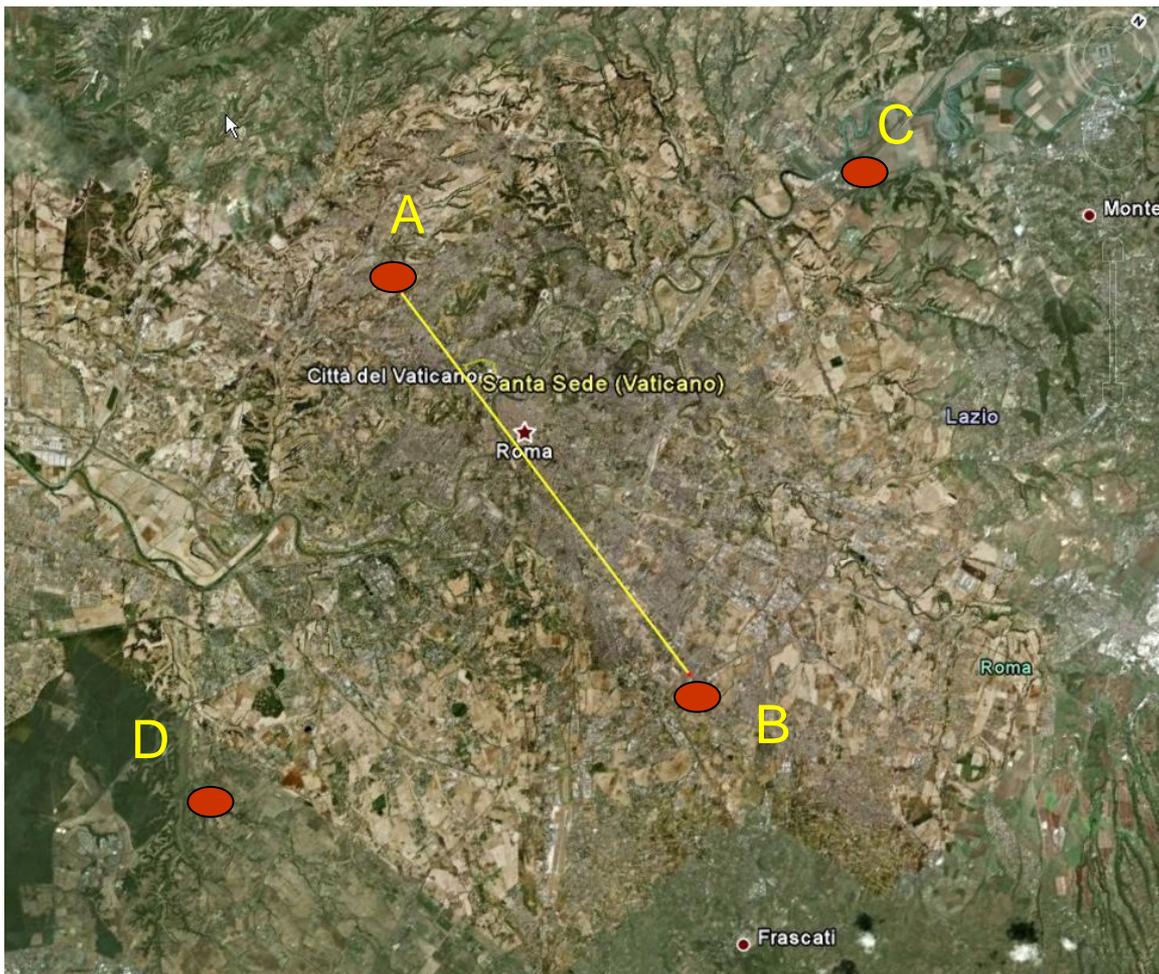


- GPS in modalità singola → Dispositivo munito di una singola antenna
  
- GPS in modalità differenziale (DGPS) → Dispositivo munito di due antenne che possono essere messe in rapporto sia attraverso un radio-modem in tempo reale sia in post-processing



## Applicazione GPS in modalità statico

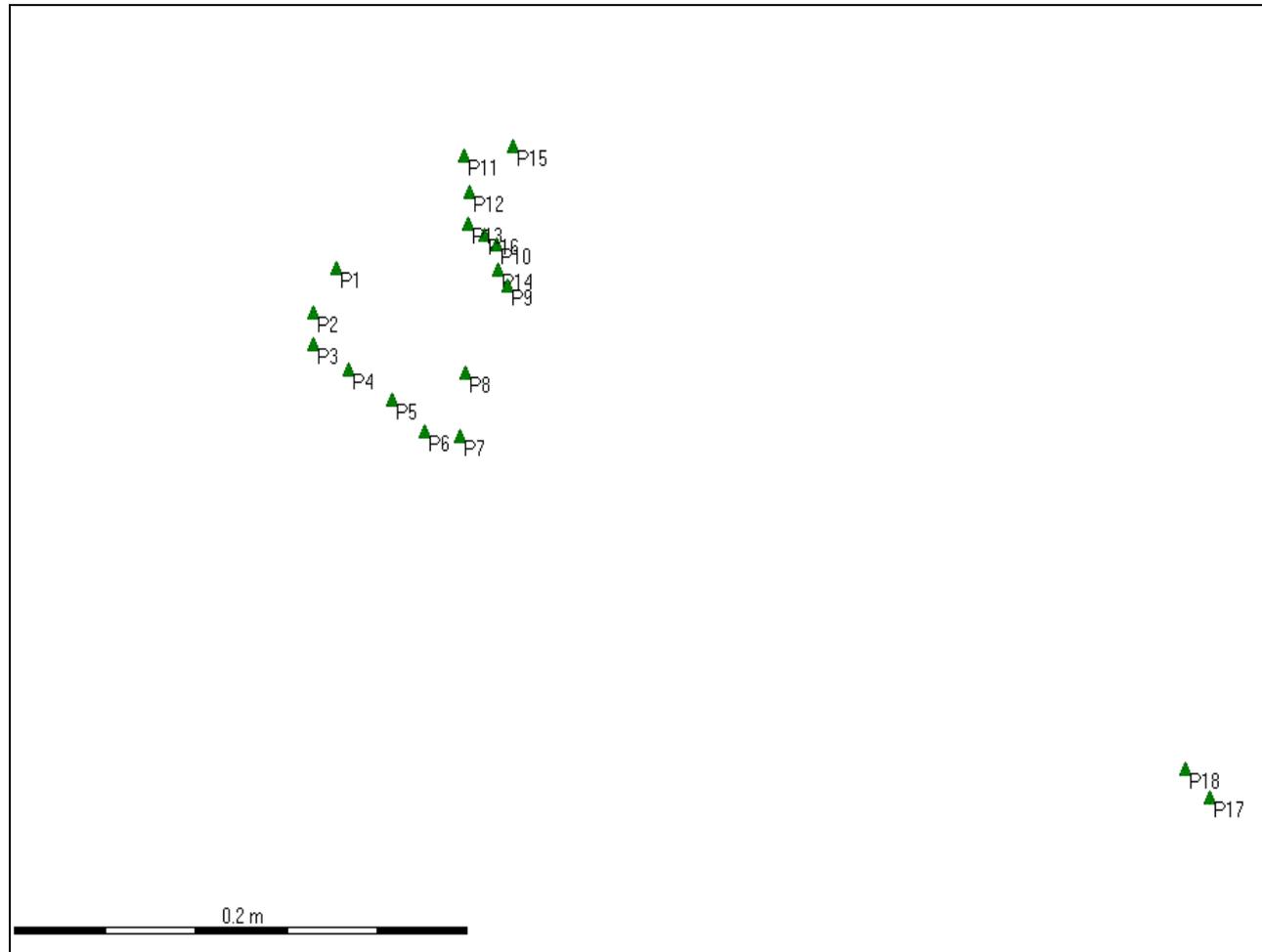
- Il metodo statico in differenziale consiste nell'eseguire sessioni di misura di una certa durata con i ricevitori fissi sui punti da determinare
- È utilizzato per la realizzazione di grosse poligoni, punti di appoggio stabili e precisi per futuri rilievi da fare sul territorio
- Maggiore accuratezza del dato



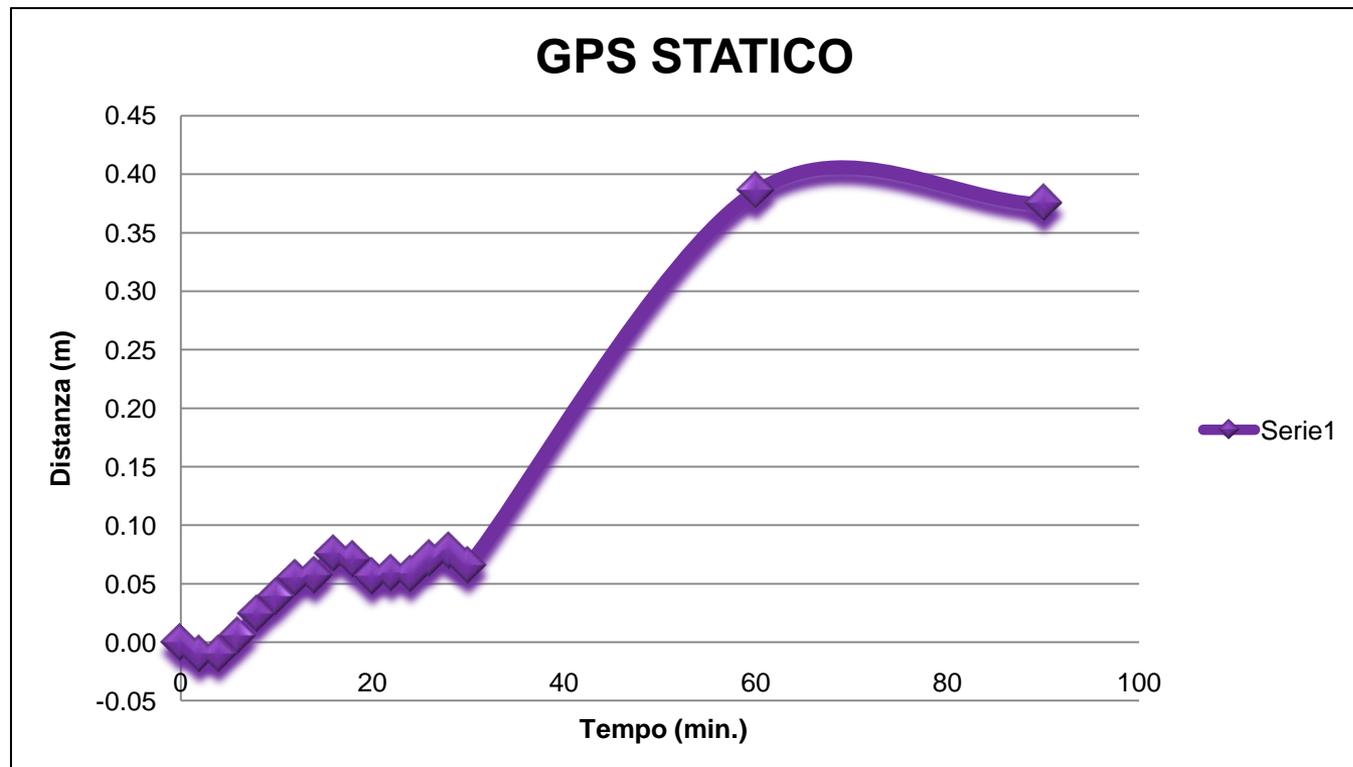
- L'utilizzo ottimale in cartografia è per la misurazione di lunghe distanze al di sopra dei 20 Km. (Es. distanza A-B = 20,13 Km)

\* Vedi nota 1

## Entità dell'errore sulla misura di un punto



Variazione della posizione di un punto in funzione dell'aumentare del tempo di acquisizione





## Applicazione GPS in modalità RTK

- Consiste nel determinare in tempo reale la posizione di ciascun punto rilevato trascurando la catena di collegamento tra i diversi punti
- È impiegato per georeferenziazioni territoriali con distanze inferiori ai 20 Km.
- Acquisizione del dato con precisione centimetrica



\* Vedi nota 2

- Necessità di porre delle mire a terra sia in fase di acquisizione che dopo le riprese per una corretta georeferenziazione e successiva mosaicatura (Beida – Petra – Giordania – 100 m.).



\* Vedi nota 3

Mosaico relativo all'area  
archeologica di Beida - Petra  
(Giordania).



\* Vedi nota 4

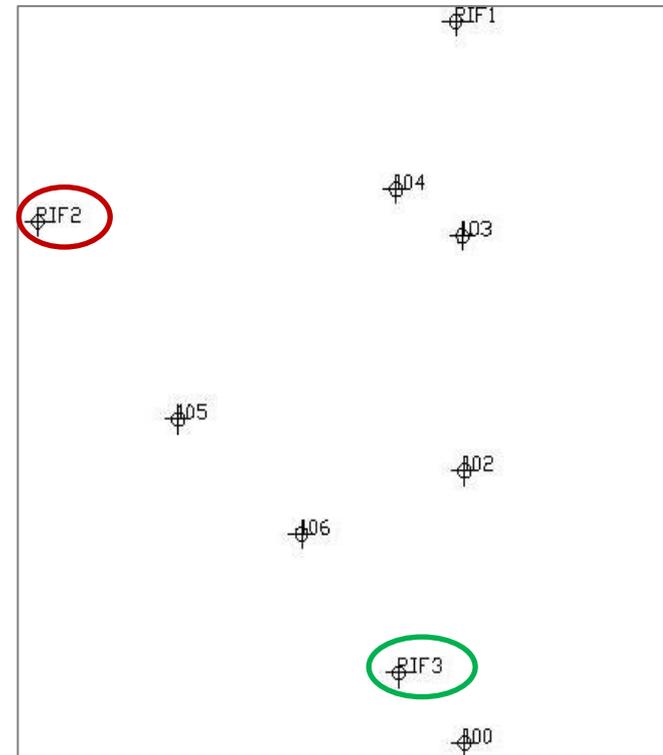
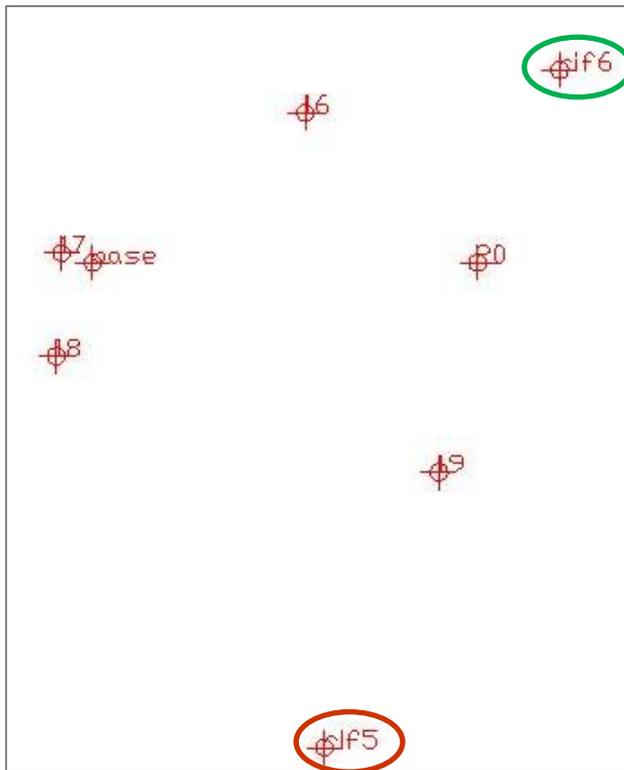
Durante la fase di acquisizione, sul territorio vengono messe delle mire a terra, distanziate a seconda dell'altezza di volo prestabilita, in maniera tale che possano essere visualizzate sul fotogramma. I pallini rossi circoscrivono le mire posate a terra sui resti di un castello crociato in Giordania (Wuayra).



\* Vedi nota 5

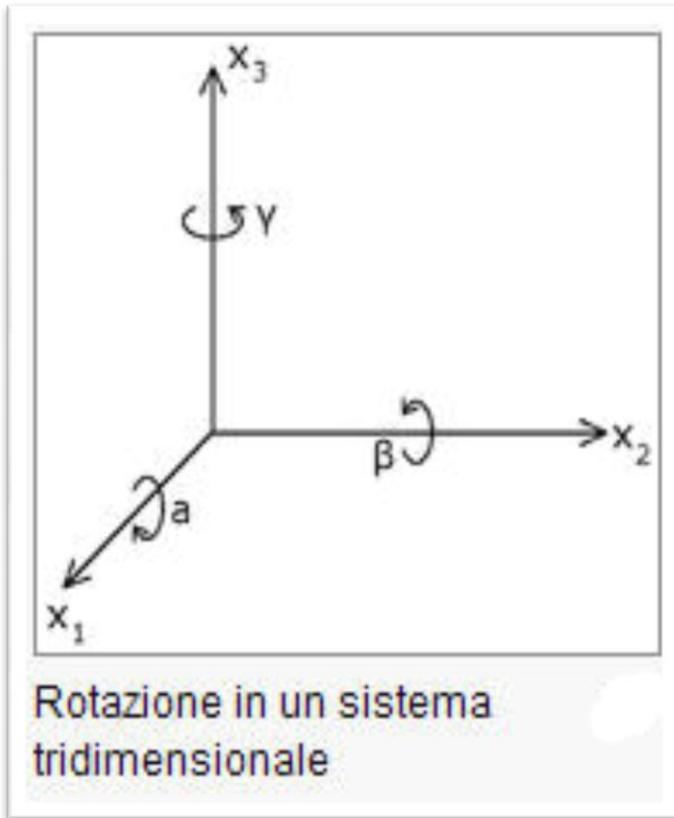
Durante la fase di acquisizione, sul territorio vengono messe delle mire a terra, distanziate a seconda dell'altezza di volo prestabilita, in maniera tale che possano essere visualizzate sul fotogramma. I pallini rossi circoscrivono le mire posate a terra sui resti di un castello crociato in Giordania (Wuayra).

### Esempio di georeferenziazione di uno stesso rilievo eseguito con la stazione e con il GPS



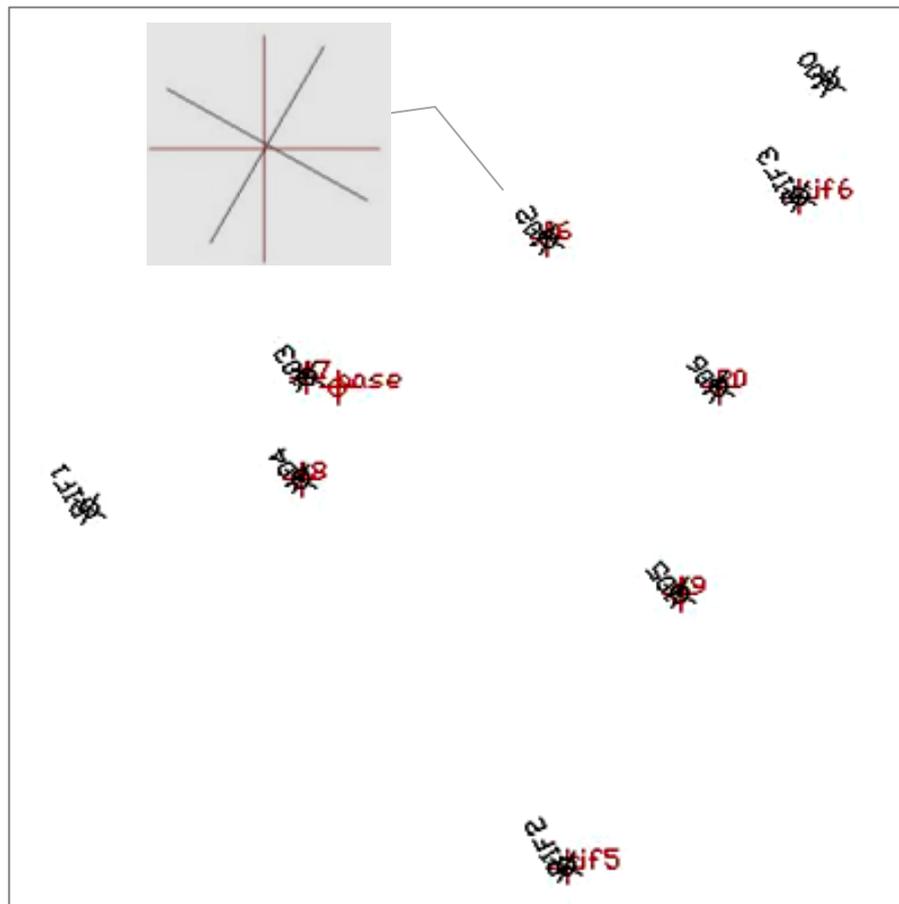
Nella prima immagine sono rappresentati i punti acquisiti con il DGPS in modalità RTK; nella seconda i punti rilevati con la stazione totale.

## ROTOTRASLAZIONE



**Stazione totale:** sistema di riferimento locale con l'asse verticale ( $y$ ) orientato ad E e l'asse orizzontale ( $x$ ) orientato a N.

**GPS:** sistema di riferimento geografico con orientamento sempre verso N. Il punto di origine 0 corrisponde al centro della terra, l'asse verticale al N e l'asse orizzontale ad E.



I due rilievi si sovrappongono, pur mantenendo i rispettivi errori strumentali.

## Applicazione GPS in modalità cinematico

Caso studio del complesso archeologico di Villamagna



\* Vedi nota 6



**Lo scopo di questa campagna di acquisizione è stato quello di contestualizzare l'ambiente circostante agli scavi presenti sul territorio.**

L'area investigata occupava circa 22 ettari di territorio per i quali era necessario fare un modello digitale del terreno finalizzato a mettere in evidenza sia **macro-anomalie** di altre strutture esistenti nel sottosuolo relative alla villa, sia la **geomorfologia** sulla quale la villa imperiale sorgeva.



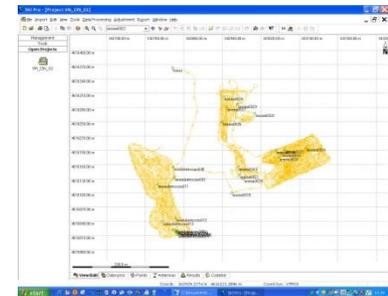
### METODOLOGIA

- ACQUISIZIONE SUL CAMPO



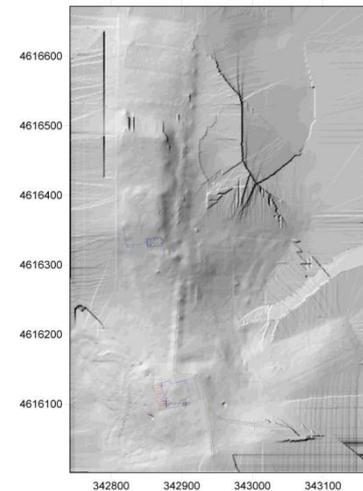
\* Vedi nota 7

- ELABORAZIONE DATI



\* Vedi nota 8

- INTERPRETAZIONE DEL MODELLO NUMERICO



\* Vedi nota 9

## ACQUISIZIONE SUL CAMPO



\* Vedi nota 10

1. Suddividere idealmente l'area da investigare in parti più piccole, sfruttando, dove presente, i limiti naturali (strada, viale alberato, muro di fondazione, lottizzazione preesistente, ecc).
2. Mettere sul territorio una rete di punti fissi GPS, legati ad un'unica base (in modalità RTK), tale da permettere il collegamento di ogni singola area investigata.



\* Vedi nota 11

Per assolvere ad un rilievo di queste dimensioni abbiamo messo a punto una metodologia che sfruttasse il GPS differenziale applicato su un fuoristrada. L'antenna è stata posizionata su un supporto appositamente tarato. **E' stato calcolato il grado di variabilità delle quote dell'antenna in base alle oscillazioni del mezzo. Questo intervallo è stato preso come intervallo di tolleranza entro cui eventuali anomalie altimetriche non venivano prese in considerazione se dentro questa fascia di variabilità e per brevi intervalli di tempo.**

- Posizionamento dell'antenna su una struttura rigida del mezzo ad un'altezza nota
- Simulazione dei pesi all'interno del mezzo in azione
- Calcolo dell'escursione e oscillazioni degli ammortizzatori del mezzo
- Prova di un percorso per visualizzare l'errore entro cui tenere il dato



## GPS

L'acquisizione dati con la jeep sulle aree delimitate permette:

- acquisizione più veloce in grado di coprire aree molto vaste.
- passo di campionamento costante vincolato all'interasse della jeep.
- punti di riferimento per un rilievo omogeneo e completo.



\* Vedi nota 12

Linee guida dello pneumatico della jeep



## ACQUISIZIONE DI DATI CON:

**Stazione totale** per rilevare le strutture presenti sul territorio, i limiti delle aree precedentemente suddivise là dove la visibilità lo permette e infine aree dove il gps non è in grado di acquisire con precisione a causa dei rumori prodotti dagli alberi, edifici o altri elementi che non permettono una buona visibilità dei satelliti.

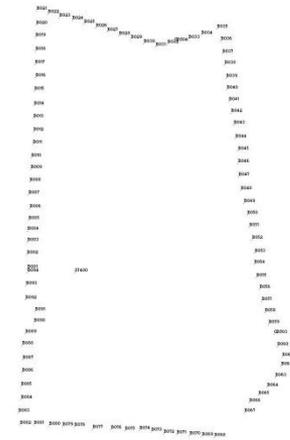
**GPS** in modalità cinematica per il rilievo “in continuo” della superficie del territorio da indagare e in modalità RTK per definire dei punti fissi.



### STAZIONE TOTALE

- Rilievo del limite dell'Area B con palina. La distanza da un punto all'altro è di 8 m ca.

- Visualizzazione del limite rilevato con la stazione totale sul territorio di indagine.



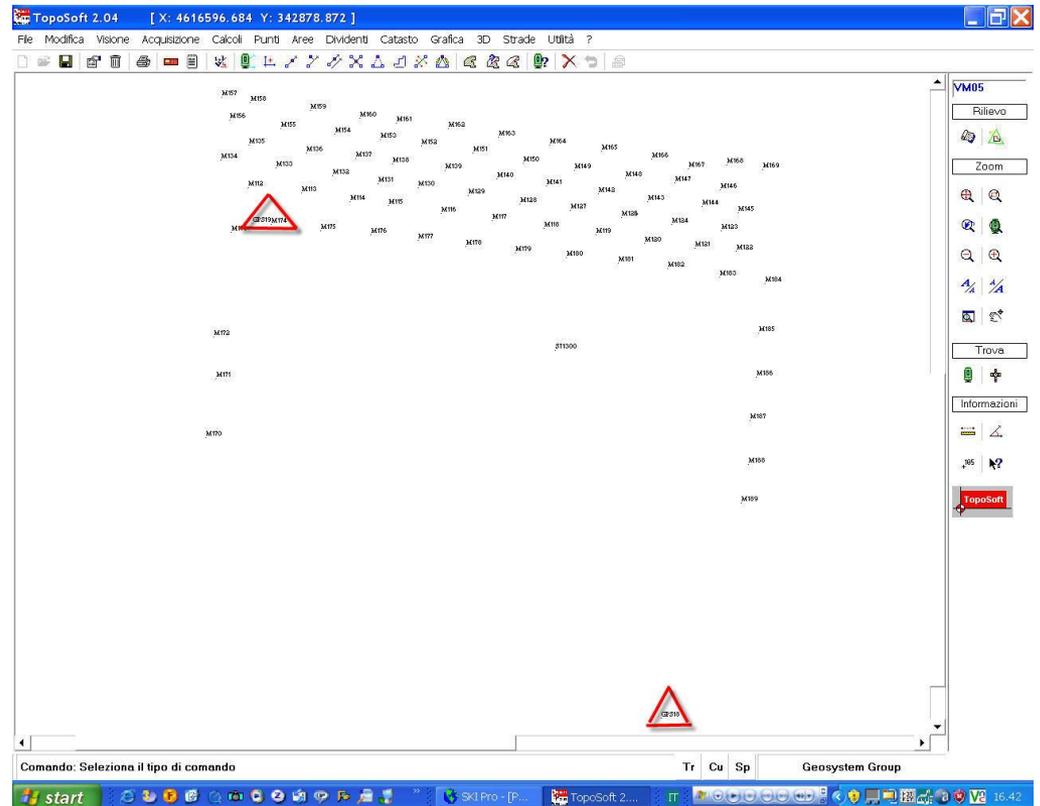
\* Vedi nota 13



### ELABORAZIONE DATI

#### Stazione totale

I dati acquisiti con la stazione totale essendo in coordinate locali devono essere georeferenziati attraverso i picchetti GPS posti sull'area di indagine. Per una corretta georeferenziazione si ha bisogno di almeno due punti noti. In questo caso i due punti sono GPS18 e GPS19.





### GPS

I dati GPS relativi alla rete fissa sono i primi ad essere scaricati per permettere la georeferenziazione e avere un quadro generale della loro posizione sul terreno.

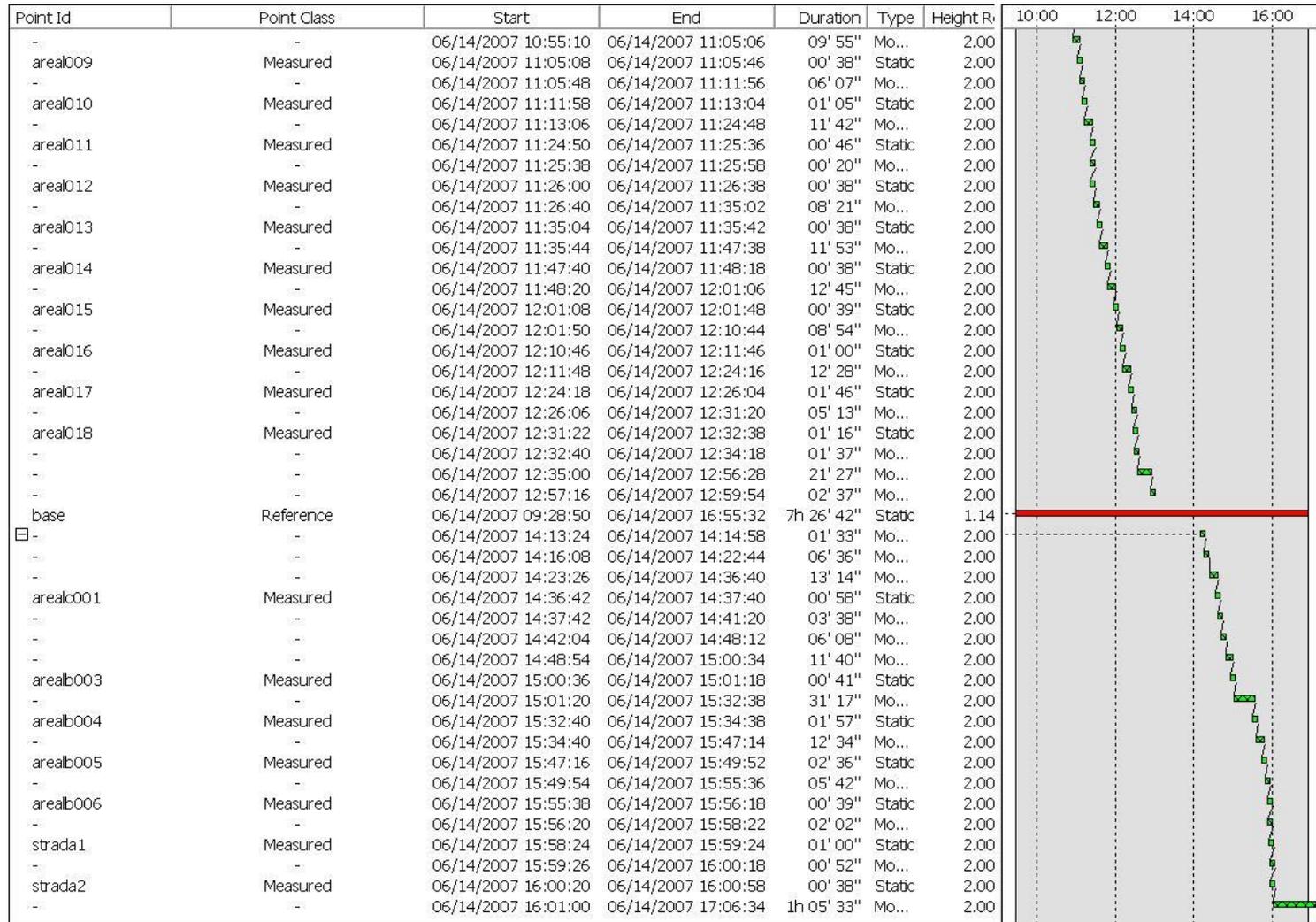


Point Id	Point Class	Epoch	Easting	Northing	Ellip. Hgt.	Posn. Qty	Hgt. Qty	Posn. + Hgt. Qty	Sd. Height
<input checked="" type="checkbox"/> base	Control	06/19/2007 12:48:05	342836.1684	4616362.6848	257.7...	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<input checked="" type="checkbox"/> gps01	Measured	06/11/2007 11:17:41	342867.5667	4616483.0860	253.7...	0.0064	0.0090	0.0111	0.0090
<input checked="" type="checkbox"/> gps02	Measured	06/11/2007 11:34:35	342789.9155	4616671.6433	225.6...	0.0086	0.0134	0.0160	0.0134
<input checked="" type="checkbox"/> gps03	Measured	06/11/2007 11:45:14	343088.4985	4616418.4222	228.3...	0.0179	0.0306	0.0355	0.0306
<input checked="" type="checkbox"/> gps04	Measured	06/11/2007 11:52:41	343019.3555	4616623.7624	225.0...	0.0076	0.0124	0.0145	0.0124
<input checked="" type="checkbox"/> gps05	Measured	06/11/2007 12:06:01	342922.4639	4616434.7595	245.8...	0.0125	0.0285	0.0311	0.0285
<input checked="" type="checkbox"/> gps06	Measured	06/11/2007 12:45:57	342877.2284	4616314.5332	255.4...	0.0076	0.0150	0.0168	0.0150
<input checked="" type="checkbox"/> gps07	Measured	06/11/2007 12:52:00	342813.3200	4616306.3358	253.2...	0.0078	0.0140	0.0161	0.0140
<input checked="" type="checkbox"/> gps08	Measured	06/11/2007 13:05:05	342850.8399	4616168.9031	255.1...	0.0113	0.0200	0.0230	0.0200
<input checked="" type="checkbox"/> gps09	Measured	06/11/2007 13:19:13	342785.9110	4616034.4619	241.5...	0.0078	0.0141	0.0161	0.0141
<input checked="" type="checkbox"/> gps10	Measured	06/11/2007 13:26:43	342764.7297	4616134.0204	238.4...	0.0103	0.0176	0.0204	0.0176
<input checked="" type="checkbox"/> gps11	Measured	06/11/2007 13:41:26	342932.8515	4616026.8834	264.0...	0.0107	0.0174	0.0204	0.0174
<input checked="" type="checkbox"/> gps12	Measured	06/11/2007 13:55:15	343020.7133	4616148.4175	256.2...	0.0164	0.0325	0.0364	0.0325
<input checked="" type="checkbox"/> gps13	Measured	06/11/2007 14:00:18	343116.4870	4616142.4400	254.9...	0.0089	0.0139	0.0165	0.0139
<input checked="" type="checkbox"/> gps14	Measured	06/11/2007 14:07:48	342991.0059	4616265.9840	241.6...	0.0082	0.0127	0.0151	0.0127
<input checked="" type="checkbox"/> gps15	Measured	06/11/2007 15:47:55	342937.4717	4616138.7858	260.4...	0.0097	0.0146	0.0175	0.0146
<input checked="" type="checkbox"/> gps16	Measured	06/11/2007 16:01:36	342888.6559	4616120.4085	261.9...	0.0077	0.0164	0.0182	0.0164
<input checked="" type="checkbox"/> gps17	Measured	06/11/2007 16:14:57	342871.8018	4616253.6976	254.2...	0.0097	0.0226	0.0246	0.0226

Gli errori relativi ai punti GPS hanno valori centimetrici e sub-centimetrici. In modalità RTK è l'operatore che sceglie, in base all'errore, quando acquisire il dato.

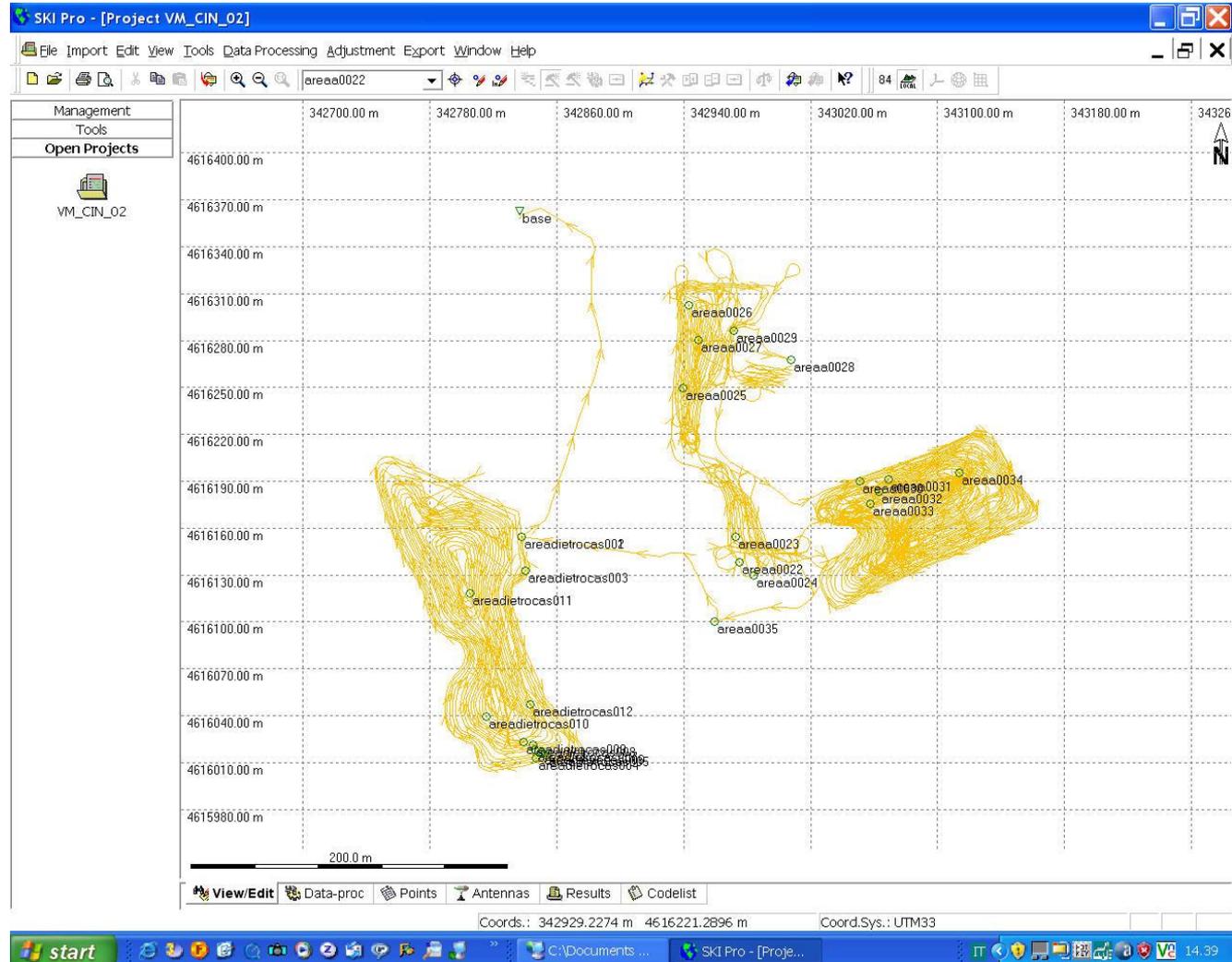


### Schermata di post-processamento nei dati Gps in modalità cinematica





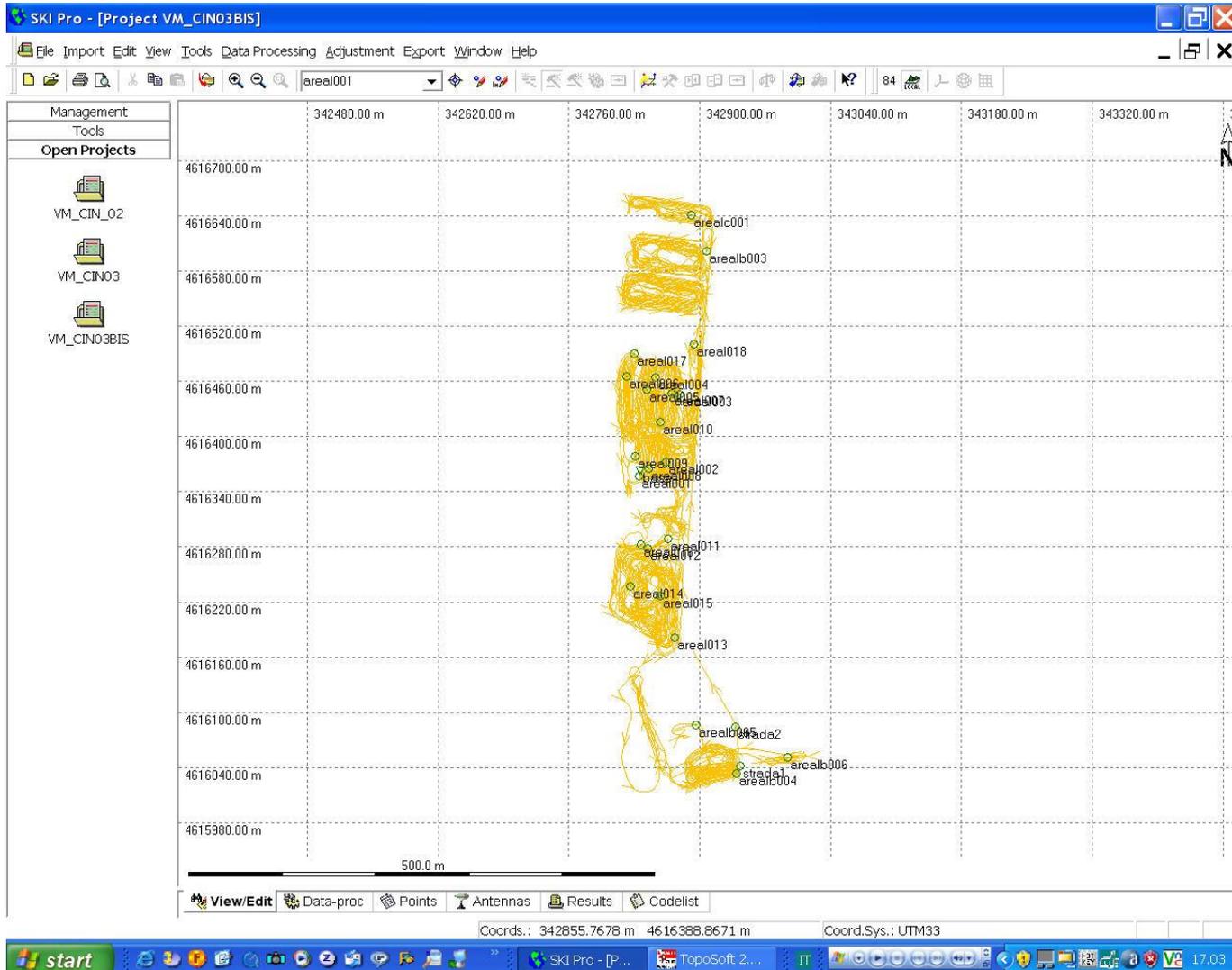
Area circostante il casale. In fase di elaborazione è visibile il percorso della Jeep



\* Vedi nota 14



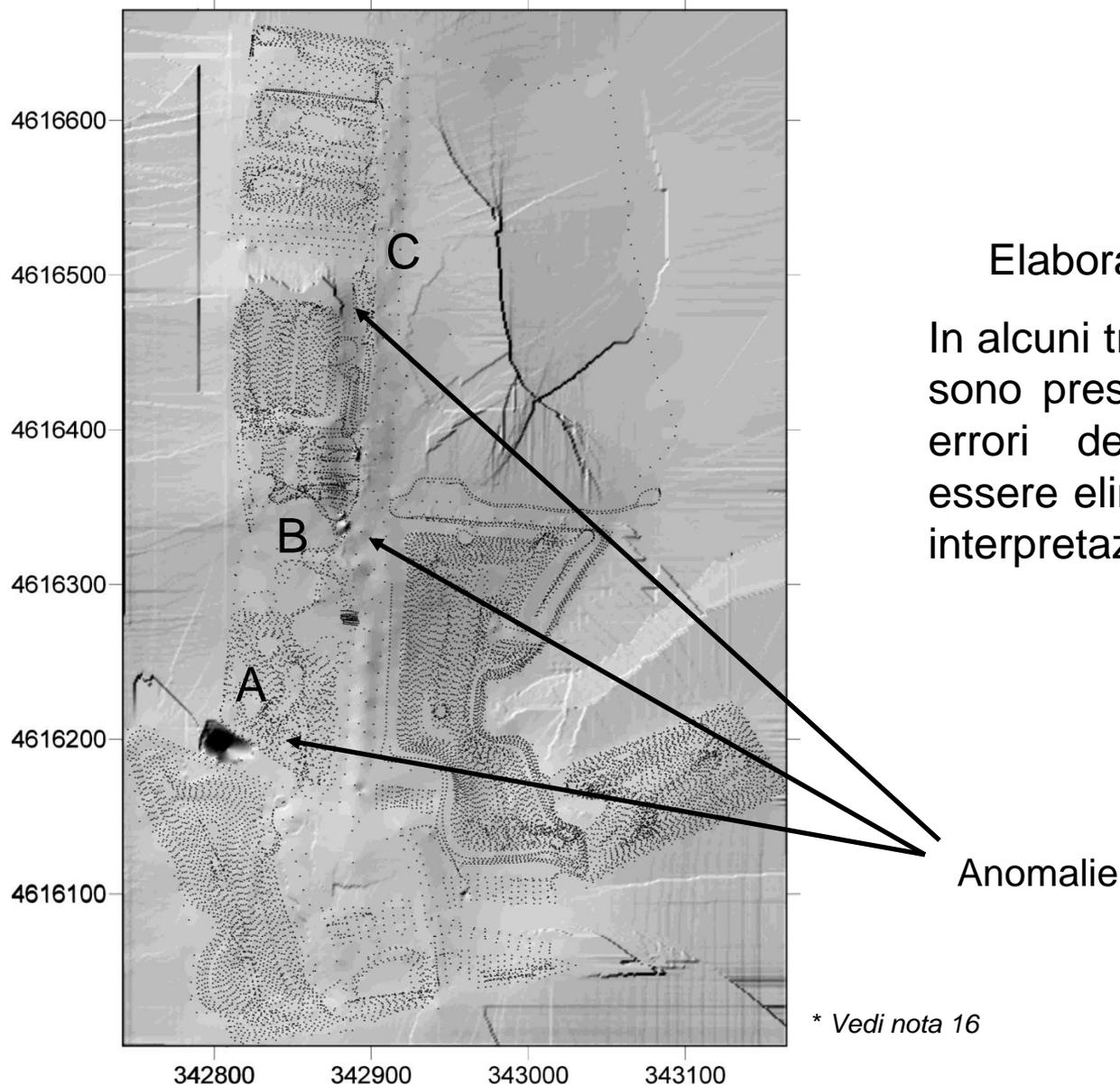
### Area a sinistra della strada principale con il casale alle spalle



\* Vedi nota 15



Durante la fase di post-processamento legato alla modalità cinematica, l'operatore dovrà individuare e successivamente eliminare gli errori del gps, dovuti ad una posizione non ottimale dei satelliti in cielo o ai rumori circostanti che ne impediscono la visibilità.

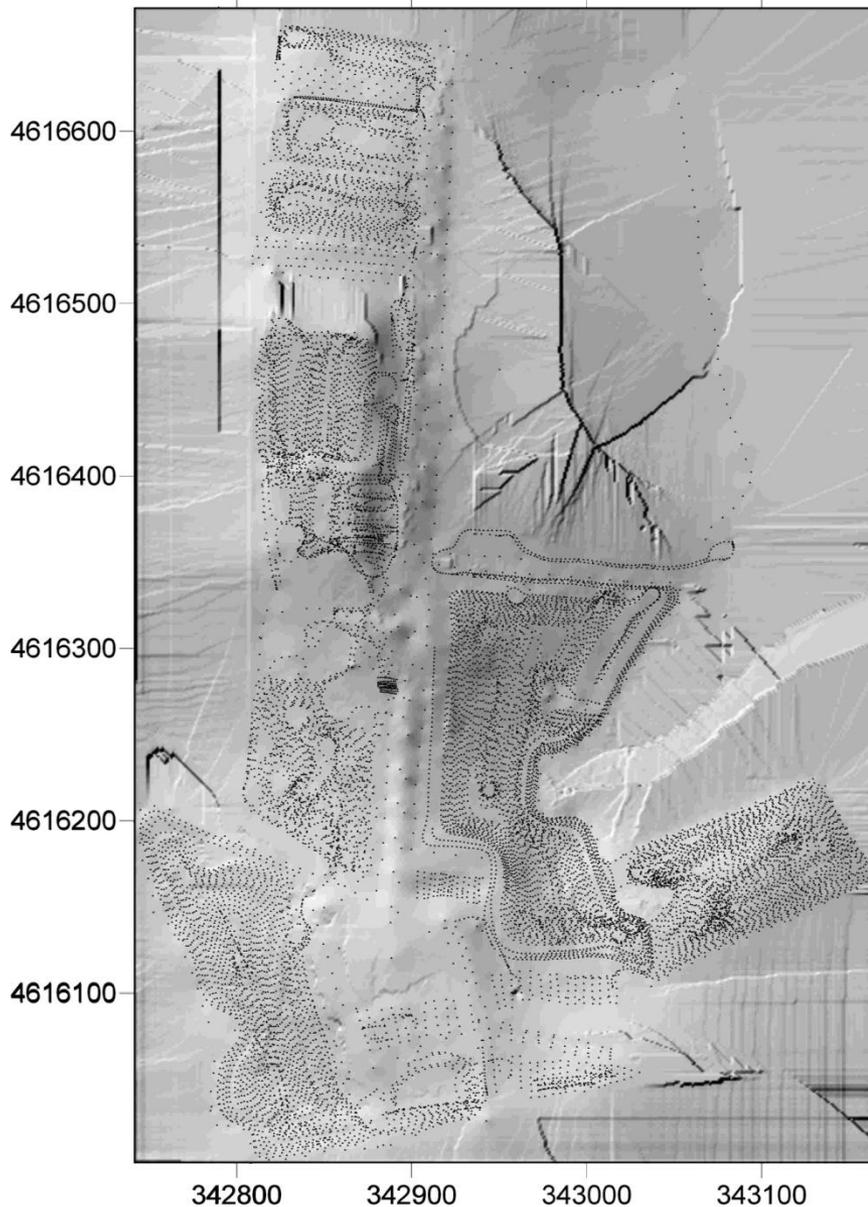


Elaborazione non corretta:

In alcuni tratti del rilievo collinare sono presenti tracce evidenti di errori del gps che devono essere eliminati per una corretta interpretazione della superficie

Anomalie

\* Vedi nota 16

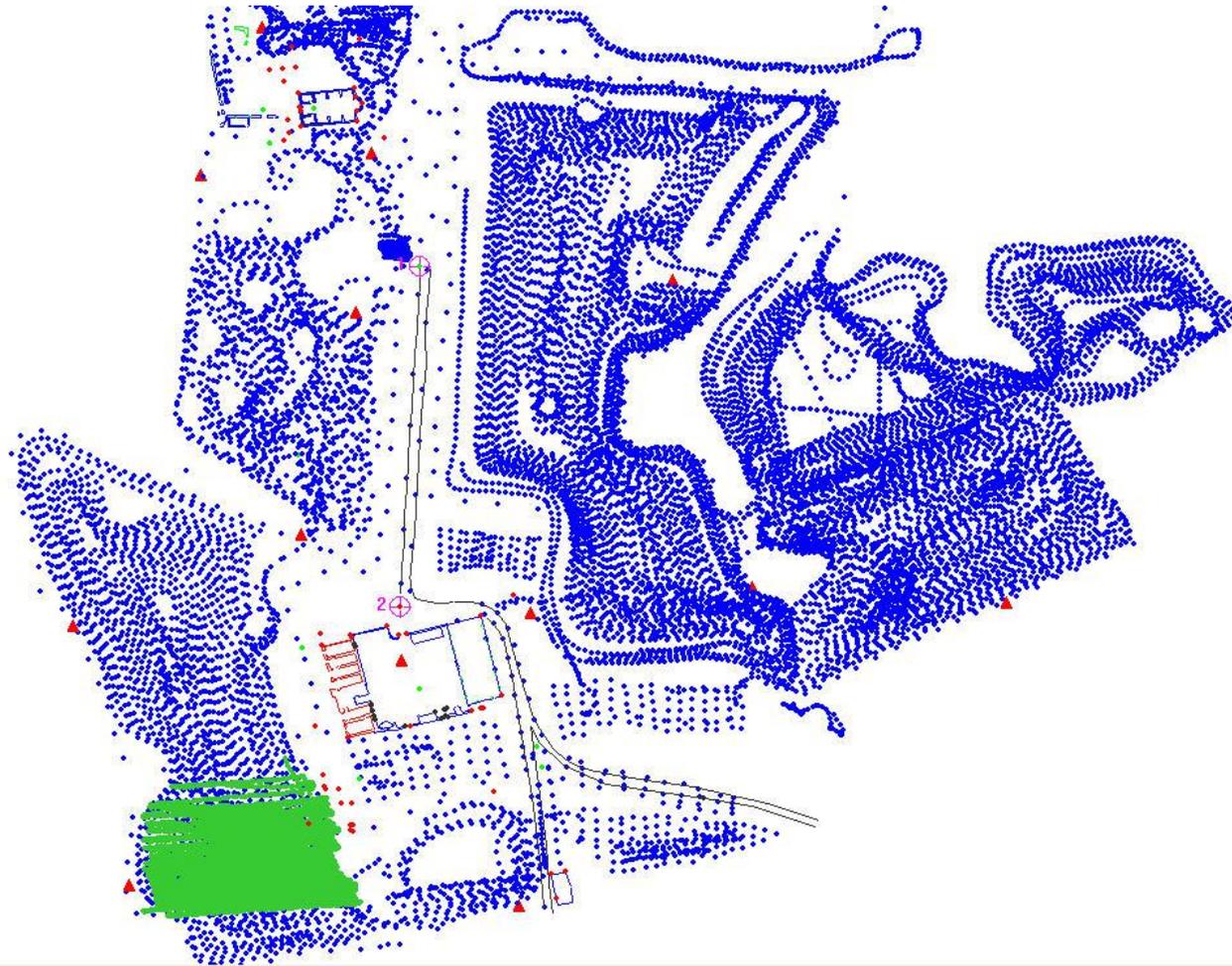


### Elaborazione corretta

In questo caso sono stati individuati gli errori del gps e sono stati opportunamente cancellati e rielaborati.

\* Vedi nota 17

Particolare di tutti i punti uniti nell'area circostante il casale



\* Vedi nota 18

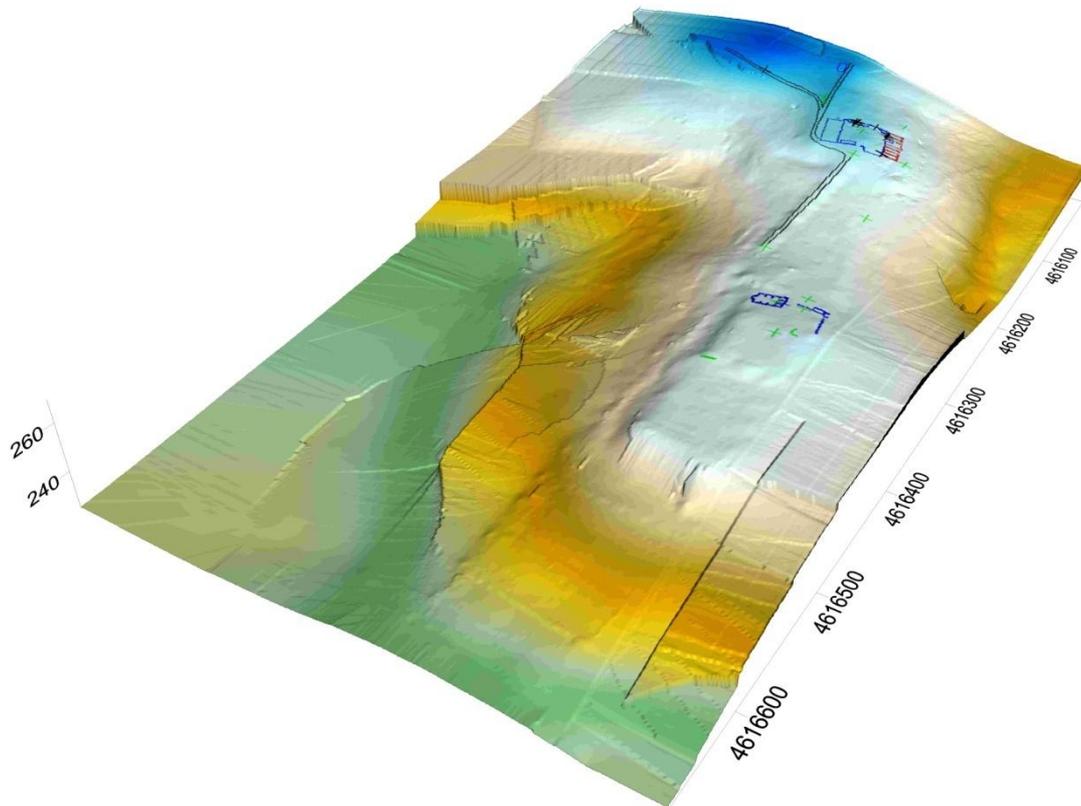


\* Vedi nota 19

I dati, posti su diversi layer, possono essere messi in relazione alla cartografia locale. In questa maniera ci si può accorgere delle aree che non sono state indagate.



## INTERPRETAZIONE DATI



DEM rappresentativo dell'area investigata sul quale è stato sovrapposto il rilievo formato Cad della chiesa e del casale.

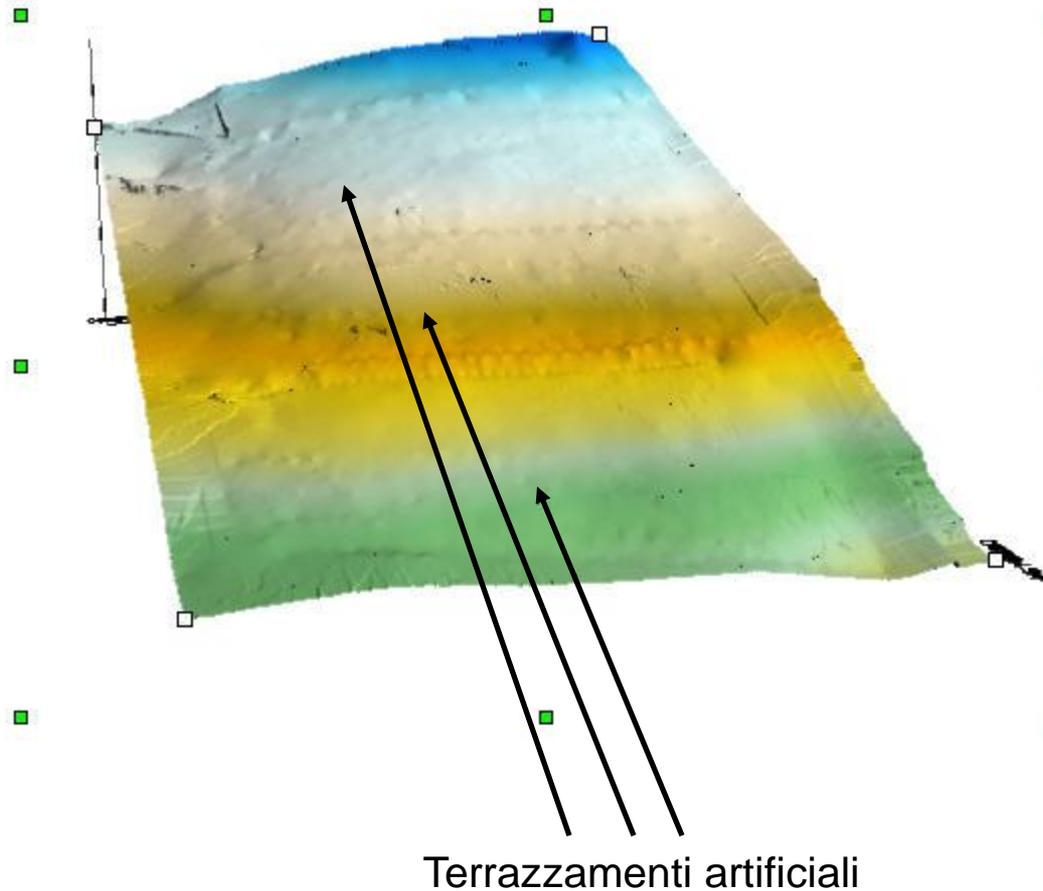
\* Vedi nota 20



DEM dell'area di Villa Magna con foto aerea georeferenziata e sovrapposta.



\* Vedi nota 21



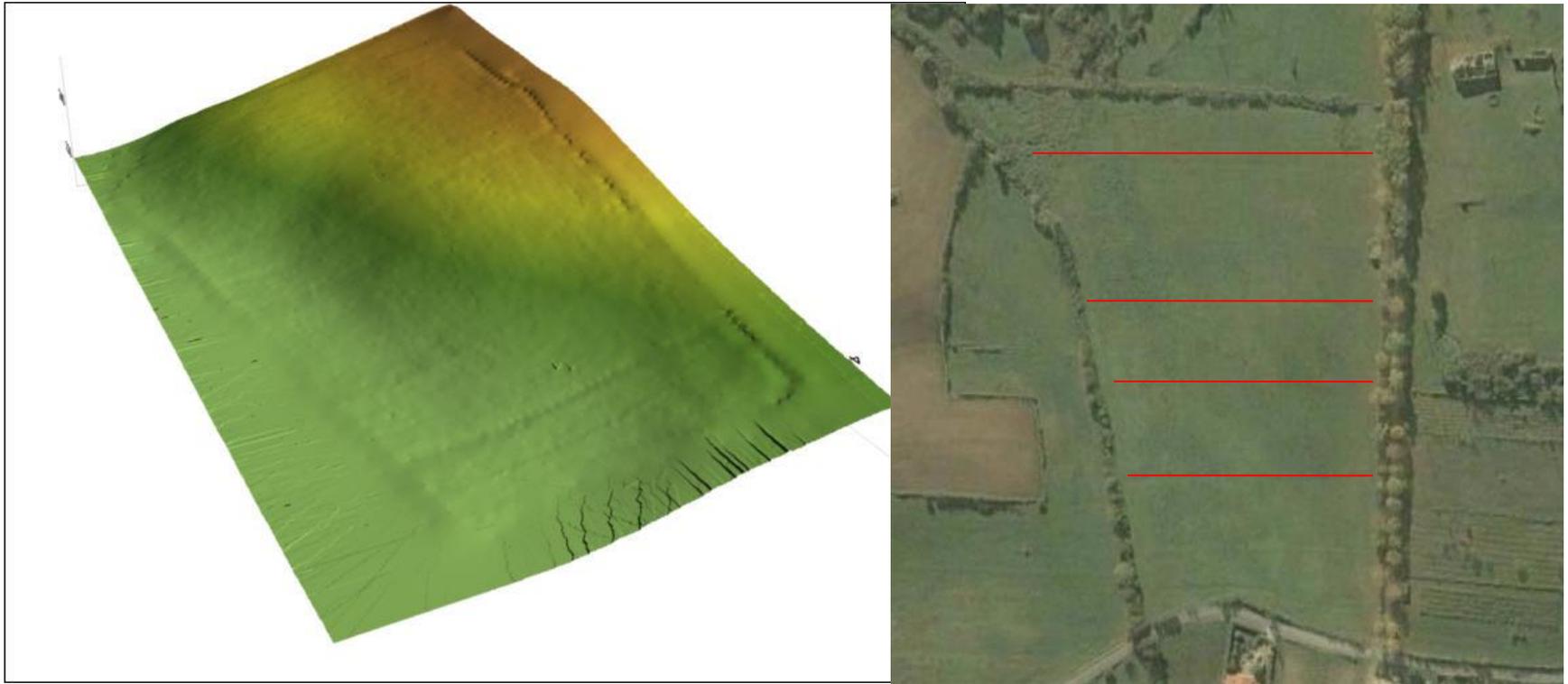
DEM specifico relativo all'area della vigna adiacente la strada provinciale. E' possibile visualizzare molto bene una serie di terrazzamenti artificiali digradanti verso la strada

\* Vedi nota 22

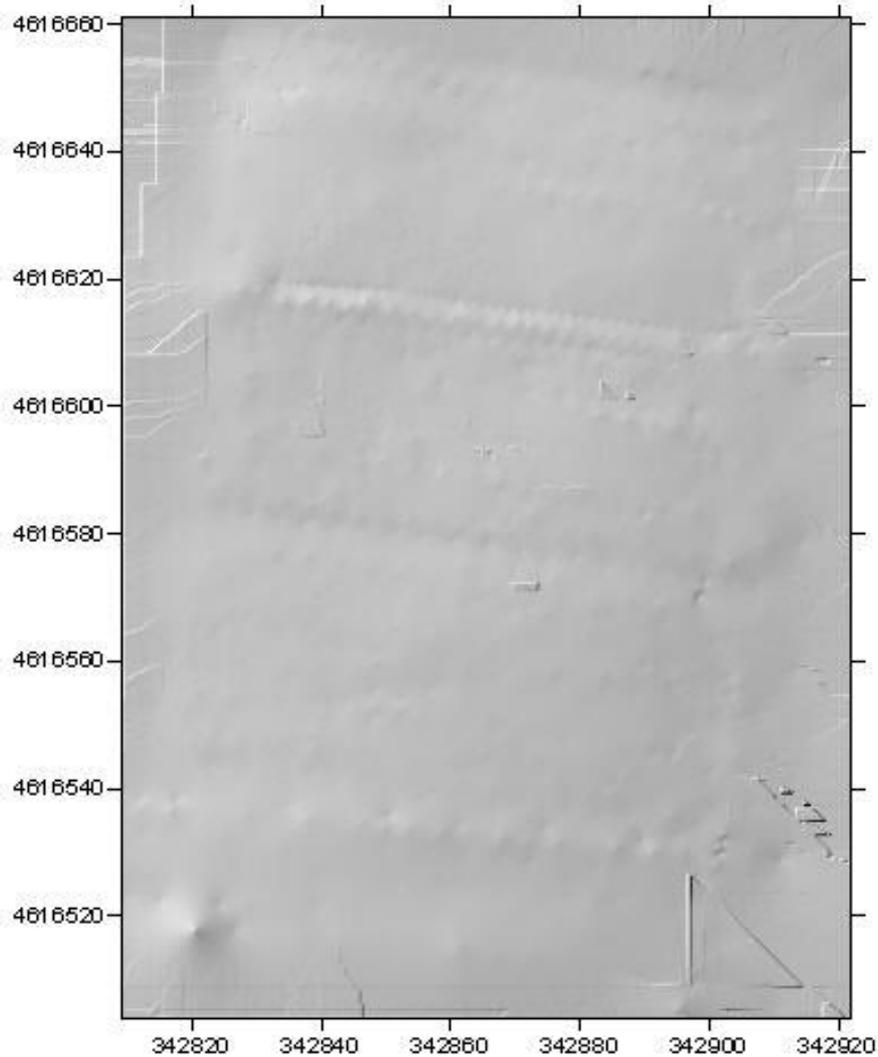


\* Vedi nota 23

In fase di interpretazione del dato abbiamo avuto un'ulteriore conferma che la metodologia aveva avuto esiti positivi mettendo a confronto il modello tridimensionale da noi generato con una foto da satellite dell'area. Si vedono molto chiaramente le linee orizzontali di scolo dell'acqua sul terreno perfettamente allineate anche su quello da noi generato.



In fase di interpretazione del dato abbiamo avuto un'ulteriore conferma che la metodologia aveva avuto esiti positivi mettendo a confronto il modello tridimensionale da noi generato con una foto da satellite dell'area. Si vedono molto chiaramente le linee orizzontali di scolo dell'acqua sul terreno perfettamente allineate anche su quello da noi generato.

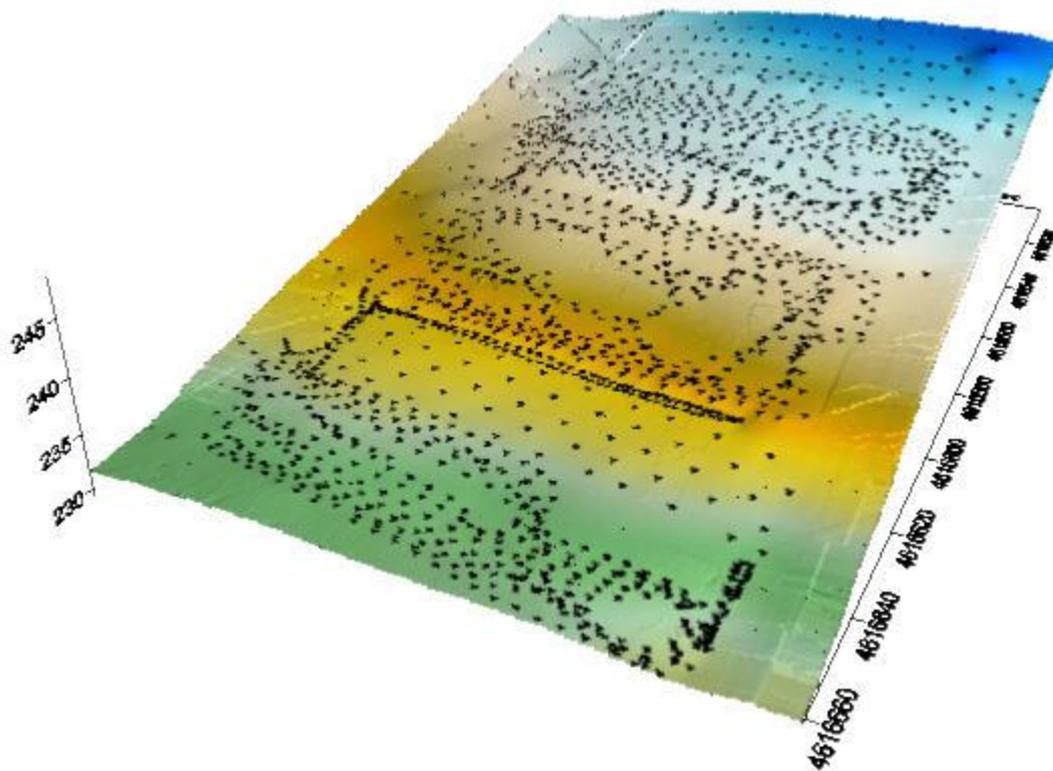


Con la funzione *shaded* è ben visibile questa diversità tra le zone corrispondenti ai vari terrazzi.

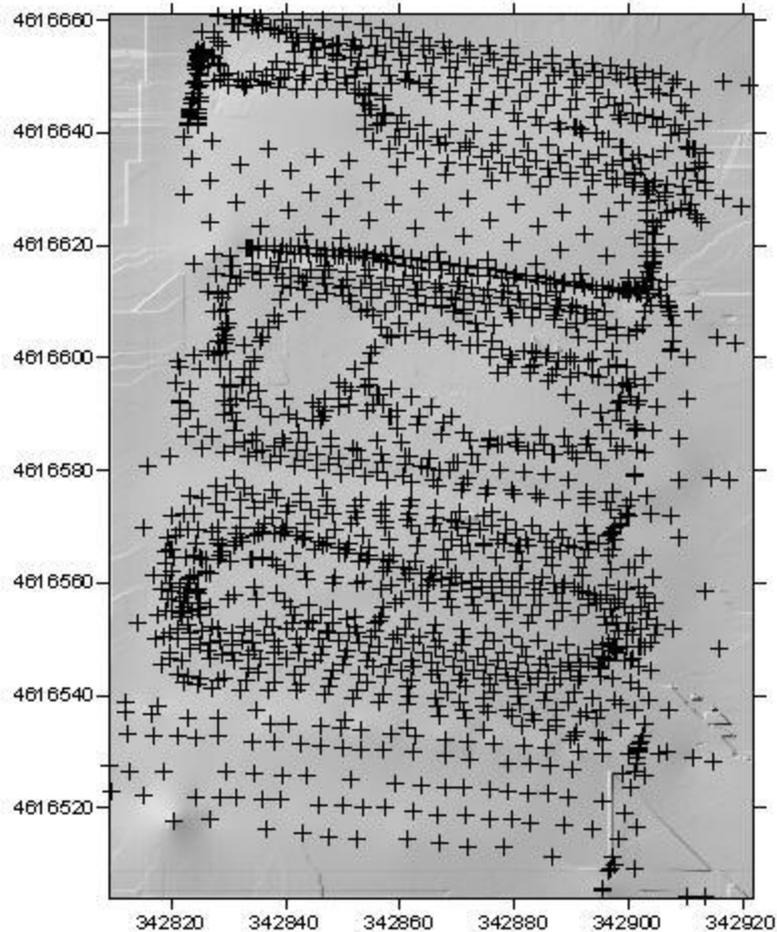
\* Vedi nota 24



DEM dell'area con i  
terrazzi sul quale è stato  
sovrapposto il rilievo dei  
punti.



\* Vedi nota 25



*Shaded* con i punti rilevati sovrapposti in cui si evidenzia molto bene il lavoro integrato tra stazione totale e Gps in modalità cinematica. Le zone non coperte dai punti corrispondono ad aree di difficile accesso o dove il Gps non aveva un buon numero di satelliti.

\* Vedi nota 26



### Cinematico a piedi



Tempo impiegato: 4 ore  
Superficie indagata: 3700 m<sup>2</sup>  
Punti Acquisiti: 4300  
Densità: 6 punti/ 5 m<sup>2</sup>  
Unità di tempo per  
Area campione: 20 s 5 m<sup>2</sup>

### Cinematico Land Rover



Tempo impiegato: 4 ore  
Superficie indagata: 35000 m<sup>2</sup>  
Punti Acquisiti: 6500  
Densità: 1 punto/ 5 m<sup>2</sup>  
Unità di tempo per  
Area campione: 2 s 5 m<sup>2</sup>



## Tabella riepilogativa

<b>1 Giorno</b>	Studio del territorio e posizionamento rete fissa GPS.
<b>2 Giorno</b> definire i limiti	Uso integrato di Stazione Totale e GPS (RTK) per delle aree suddivise.
<b>3 Giorno</b> Rilievo stazione	Cinematico con Land Rover nelle aree prestabilite – totale degli edifici più importanti.
<b>4 Giorno</b> le zone di poca	Cinematico Land Rover – Stazione totale per coprire visibilità.
<b>5 Giorno</b> un'area specifica.	Cinematico Land Rover – Cinematico Andrea su

Totale giorni lavorativi sul campo: **5 GIORNI**



### NOTE

- \* 1. Immagine Google Earth.
- \* 2. Immagine presa da progetto pilota Petra Medievale, MIUR-MAE-Università di Firenze-CNR-ITABC.
- \* 3. Immagine presa da progetto pilota Petra Medievale, MIUR-MAE-Università di Firenze-Cnr-ITABC.
- \* 4. Immagine presa da progetto pilota Petra Meidevale, MIUR-MAE-Università di Firenze-CNR-ITABC.
- \* 5. Immagine presa da progetto pilota Petra Medievale, MIUR-MAE-Università di Firenze-CNR-ITABC.
- \* 6. Immagine Google Earth di Villamagna.
- \* 7. *“Tecniche speditive per la ricostruzione tridimensionale dell’area archeologica di Villamagna”*, in Archeologia e Calcolatori 18, 2007.
- \* 8. *“Tecniche speditive per la ricostruzione tridimensionale dell’area archeologica di Villamagna”*, in Archeologia e Calcolatori 18, 2007.
- \* 9. *“Tecniche speditive per la ricostruzione tridimensionale dell’area archeologica di Villamagna”*, in Archeologia e Calcolatori 18, 2007.
- \* 10. Immagine Google Earth di Villamagna.
- \* 11. *“Tecniche speditive per la ricostruzione tridimensionale dell’area archeologica di Villamagna”*, in Archeologia e Calcolatori 18, 2007.
- \* 12. *“Velocità di acquisizione, complessità nell’elaborazione: dal GPS alle nuvole di punti”*, in Atti del Workshop (Foggia 6-7 Giugno 2008).
- \* 13. Immagine Google Earth di Villamagna.
- \* 14. *“Tecniche speditive per la ricostruzione tridimensionale dell’area archeologica di Villamagna”*, in Archeologia e Calcolatori 18, 2007.
- \* 15. Immagine presa dal progetto di Villamagna in collaborazione con il CNR-ITABC e la Dott.ssa E. Fentress dell’ University of Pennsylvania.
- \* 16. *“Tecniche speditive per la ricostruzione tridimensionale dell’area archeologica di Villamagna”*, in Archeologia e Calcolatori 18, 2007.
- \* 17. Immagine presa dal progetto di Villamagna in collaborazione con il CNR-ITABC e la Dott.ssa E. Fentress dell’ University of Pennsylvania.
- \* 18. *“Tecniche speditive per la ricostruzione tridimensionale dell’area archeologica di Villamagna”*, in Archeologia e Calcolatori 18, 2007.
- \* 19. *“Velocità di acquisizione, complessità nell’eaborazione: dal GPS alle nuvole di punti”*, in Atti del Workshop (Foggia 6-7 Giugno 2008).
- \* 20. *“Velocità di acquisizione, complessità nell’elaborazione: dal GPS alle nuvole di punti”*, in Atti del Workshop (Foggia 6-7 Giugno 2008).
- \* 21. Foto aerea georeferenziata.
- \* 22. *“Tecniche speditive per la ricostruzione tridimensionale dell’area archeologica di Villamagna”*, in Archeologia e Calcolatori 18, 2007.
- \* 23. Immagine presa dal progetto di Villamagna in collaborazione con il CNR-ITABC e la Dott.ssa E. Fentress dell’ University of Pennsylvania.
- \* 24. Immagine presa dal progetto di Villamagna in collaborazione con il CNR-ITABC e la Dott.ssa E. Fentress dell’ University of Pennsylvania .
- \* 25. Immagine presa dal progetto di Villamagna in collaborazione con il CNR-ITABC e la Dott.ssa E. Fentress dell’ University of Pennsylvania.
- \* 26. Immagine presa dal progetto di Villamagna in collaborazione con il CNR-ITABC e la Dott.ssa E. Fentress dell’ University of Pennsylvania.