

Rapporti tecnici

INGV

**Linee guida sul Trattamento Dati Laser
a Scansione Terrestre mediante
software Leica Cyclone Versione 7**

147



Direttore

Enzo Boschi

Editorial Board

Raffaele Azzaro (CT)

Sara Barsotti (PI)

Mario Castellano (NA)

Viviana Castelli (BO)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Luigi Cucci (RM1)

Mauro Di Vito (NA)

Marcello Liotta (PA)

Simona Masina (BO)

Mario Mattia (CT)

Nicola Pagliuca (RM1)

Umberto Sciacca (RM1)

Salvatore Stramondo (CNT)

Andrea Tertulliani - Editor in Chief (RM1)

Aldo Winkler (RM2)

Gaetano Zonno (MI)

Segreteria di Redazione

Francesca Di Stefano - coordinatore

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860055

Fax +39 06 36915617

redazionecen@ingv.it



Rapporti tecnici INGV

LINEE GUIDA SUL TRATTAMENTO DATI LASER A SCANSIONE TERRESTRE MEDIANTE SOFTWARE LEICA CYCLONE VERSIONE 7

Giuseppe Casula¹, Michele Curuni², Arianna Pesci¹, Maria Giovanna Bianchi¹

¹INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Bologna)

²LEICA GEOSYSTEMS S.P.A.

147

Indice

Introduzione	5
1. Procedura con Scanner Optec ILRIS 3D	6
2. Importazione dati	6
3. Il software HDS <i>Leica Cyclone</i>	7
4. Importazione all'interno del software <i>Leica Cyclone</i>	8
5. Trattamento del dato ixf mediante pacchetto <i>Leica Cyclone 7.0.2</i>	11
6. Visualizzazione della <i>modelspace-view</i>	13
7. Registrazione di nuvole di punti: modulo REGISTER	15
8. Allineamento con <i>target</i> su nuvola di punti	15
9. Pre-Allineamento	16
10. Operazioni di pulizia della nuvola di punti registrata	22
11. Creazione TIN e DEM da nuvola di punti e applicazione dei colori	22
Conclusioni	29
Ringraziamenti	30
Piccolo Glossario	30
Riferimenti Bibliografici	30

Introduzione

Il laser a scansione terrestre (TLS) è una tecnologia di recente ingegnerizzazione finalizzata all'acquisizione, modellazione e rappresentazione tridimensionale (3D) delle superfici fisiche osservate. L'alta densità e la precisione dei punti misurati mediante tecnica TLS permette di ottenere un alto dettaglio sia nel rilievo architettonico sia nelle osservazioni in campo ambientale [Bu e Zhang, 2008; Coppa et al. 2008]. Infatti con la tecnica TLS vengono eseguite scansioni per valutare la stabilità e il degrado di edifici di pregio o manufatti architettonici in genere e per il monitoraggio di porzioni di territorio affette da fenomeni di dissesto idrogeologico ed alterazioni di superficie [Pesci et al., 2009; Casula et al., 2010]. Inoltre, la predetta tecnologia viene applicata già da tempo nell'industria per la creazione di modelli e per il controllo di qualità di pezzi meccanici.

Esistono numerose tipologie di TLS, sviluppate ed ideate per offrire il miglior risultato in termini di accuratezza e precisione delle misure e dedicate a specifiche applicazioni. Le differenze sostanziali sono dovute al segnale laser utilizzato e alla potenza di emissione, al principio di misura (che si può distinguere tra triangolazione e misura diretta della distanza), alla portata massima, alla precisione della singola misura, alla risoluzione ed alla velocità d'impiego [Heritage et al., 2009].

Nel rilievo di piccoli oggetti - ad esempio i particolari architettonici e decorativi, i componenti di schede elettroniche o i dettagli di sistemi meccanici di macchinari industriali - vengono preferiti i TLS triangolatori, operanti su distanze variabili tra la decina di centimetri ed alcuni metri (*short e mid ranges*). Nelle applicazioni definite "*long range*" e "*very long range*", in cui le portate variano tra la decina di metri ed il chilometro, sono utilizzati i TLS distanziometri, caratterizzati da una precisione di 5-7mm sulla misura della distanza e da una risoluzione che cresce linearmente con la stessa.

Il principio di funzionamento del TLS distanziometrico prevede un raggio laser, deflesso su posizioni angolari calibrate mediante un sistema di specchi oscillanti e rotanti, che effettua una vera e propria scansione della superficie osservata illuminando ordinatamente un elevato numero di elementi. Il passo di campionamento viene scelto a priori in base alla distanza di lavoro ed al tipo di dettaglio necessario. Il passo di misura può essere scelto anche fino a dieci volte più piccolo del diametro dell'elemento illuminato dal laser, operando quindi un vero e proprio "*overlapping*" cioè un sovra-campionamento in modo da ridurre gli errori. Per ogni impulso laser inviato e ricevuto viene misurato il tempo e calcolata la distanza. La conoscenza degli angoli di invio e della distanza permette poi di localizzare il punto in un sistema di riferimento polare e successivamente di trasformare la nuvola di punti in un sistema relativo cartesiano che ha come origine il centro strumentale dello scanner. Inoltre, l'intensità del segnale di ritorno permette di caratterizzare i materiali utilizzati in quanto la riflettività dipende dalla rugosità degli stessi.

In questa maniera è possibile ricavare le coordinate X,Y,Z del punto investito dal fascio laser oltre che i valori della scala colorimetrica R,G,B (Red, Green, Blue) e la riflettanza o riflettività, cioè la quantità di energia riflessa dal punto stesso in relazione all'energia emessa dal laser. La tecnologia TLS può operare anche in condizioni di assenza di luce ed è in grado di fornire nuvole di punti con una frequenza di acquisizione pari a centinaia di migliaia di punti al secondo per gli strumenti architettonici a corto raggio o *short range* (300m) o di migliaia o decine di migliaia di punti al secondo per quelli che possiedono un *range* maggiore (≥ 1500 m). La risoluzione del metodo varia al variare della distanza dell'oggetto in esame ed è pari ad alcuni centimetri per il monitoraggio a grande distanza fino ad alcuni millimetri per le misure architettoniche o di monitoraggio di ponti. Negli strumenti a corto o cortissimo raggio (*Short-Range* o *Very-Short-Range*) utilizzati principalmente dall'industria meccanica è possibile raggiungere precisioni inferiori al decimo di millimetro.

In questo rapporto si intendono fornire alcune linee guida atte all'inversione del dato TLS mediante il pacchetto *software* grafico interattivo *Leica Cyclone Versione 7* operante all'interno di una GUI (*Graphic User Interface*) come quella tipica degli ambienti *Microsoft Windows*[®], in particolare la versione *Windows 7 PRO-ITA* a 64 bit operante su *workstation Intel*. Il software in questione è reperibile in versione DEMO con piene funzionalità per la durata di cinque giorni dalla data di installazione, sul sito web: http://www.leica-geosystems.com/en/Leica-Cyclone_6515.htm completo di manualistica descrittiva.

È necessario, infine, mettere in evidenza che le funzionalità del pacchetto *Cyclone* versione 7 vanno molto oltre le note descritte in questo rapporto, e che in questa sede per brevità si forniscono le basi per il trattamento o *processing* dei dati TLS e la soluzione di alcuni problemi più comuni.

1. Procedura con Scanner Optec ILRIS 3D

Lo scanner *Optec ILRIS 3D* di proprietà della sezione di Bologna dell'INGV è dotato di un applicativo (*Parser*) di proprietà della *Optec* atto alla formattazione e registrazione delle nuvole di punti Laser in formato compatibile con la maggior parte dei software di analisi e restituzione del dato TLS [Pesci et al., 2009]. Di seguito una delle tante procedure attuabili per la generazione di dati in formato compatibile con il software *Leica Cyclone*.

2. Importazione dati

Si è scelto come formato di interscambio il binario *ixf 8-bit* poiché sembra essere quello che fornisce i migliori risultati in fase di importazione del dato *Optec*. Si procede quindi come segue: dalla casella *settings* del *Parser* (Fig. 1) settare formato *ixf 8-bit* (Fig. 2) e lanciare il *Parsing* [Pesci et al. 2009].

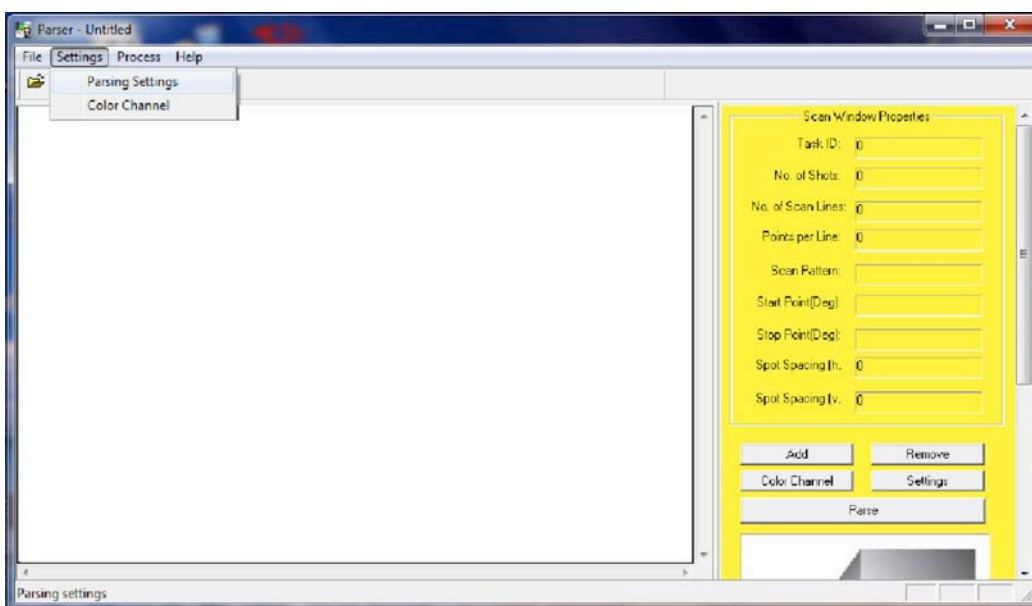


Figura 1. Accesso ai settaggi del software “parserizzatore” di dati *Optec*.

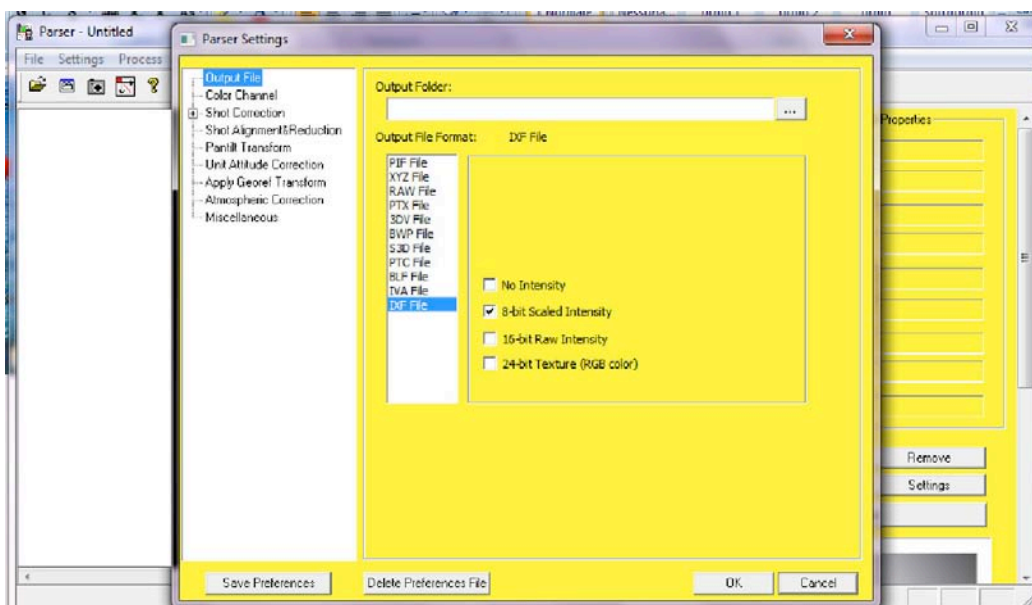


Figura 2. Settaggio del processo di “parserizzazione” di dati *Optec*.

Una volta selezionata la cartella del file dati lanciare *Parse* (si veda Fig. 3).

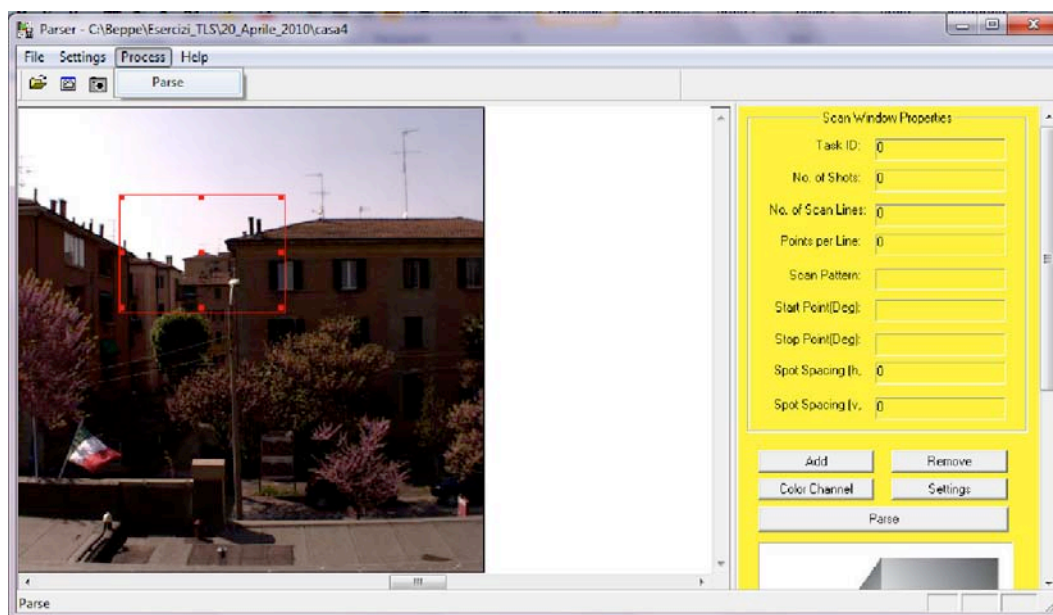


Figura 3. Processo di “parserizzazione” del dato Optec ILRIS 3D [Pesci et al., 2009].

3. Il software HDS *Leica Cyclone*

Il software di scansione e *processing* di punti TLS *Cyclone* è stato sviluppato da *Cyra* (*Cyra Technologies, Inc.*) per operare efficacemente con tutti i sistemi laser a scansione di *Leica HDS* (*High Definition System*). Il pacchetto di analisi del dato TLS *Leica Cyclone* è divenuto nel tempo uno standard industriale per la cattura delle nuvole di punti, il loro *processing* e l’integrazione delle informazioni acquisite all’interno di applicazioni *Computer-Aided Design* (CAD) [HDS Scanning and *Cyclone* Training Manual., 2004].

Il pacchetto è costituito da una serie di moduli operanti in ambiente *MS-Windows*[®] atti alla esecuzione di differenti operazioni come: il modulo *SCAN* per l’acquisizione delle nuvole di punti, *SURVEY* per la programmazione del rilievo, *IMPORT* per l’importazione dei dati di diversi standard, *REGISTER* per la registrazione delle nuvole, *MODEL* per il magliaggio (*meshing*) e la modellazione, *VIEWER-PRO* per la visualizzazione 3D, *PUBLISHER* per la pubblicazione in vari formati, *CLOUDWORK* per il *processing* delle nuvole e così via. Di seguito riportiamo delle linee guida utili all’importazione ed al trattamento del dato TLS all’interno del predetto pacchetto (Fig. 4).

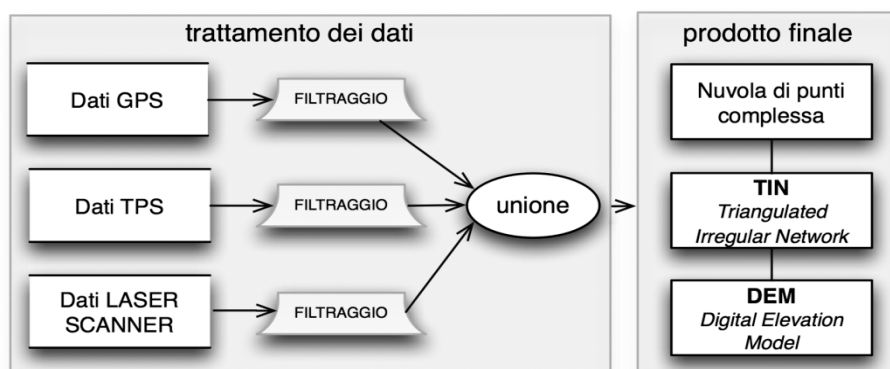


Figura 4. Diagramma di flusso del trattamento dati TLS.

4. Importazione all'interno del software *Leica Cyclone*

Di seguito sono illustrate le procedure per la creazione di un *database Cyclone* da dati *Optec* utile per il successivo *processing*. Lanciare *Cyclone*, selezionare dalla cartella *SERVERS* la cartella *Databases* e aggiungere il progetto (es. *casa_1*) si veda Fig .5.

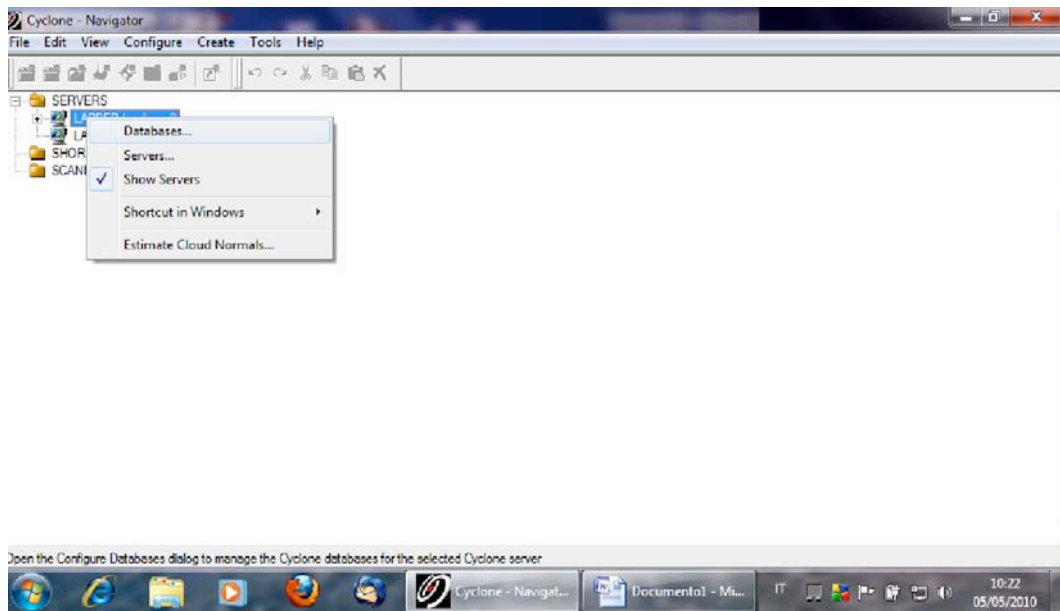


Figura 5. Fase iniziale della creazione di un progetto in *Cyclone 7.0.2*.

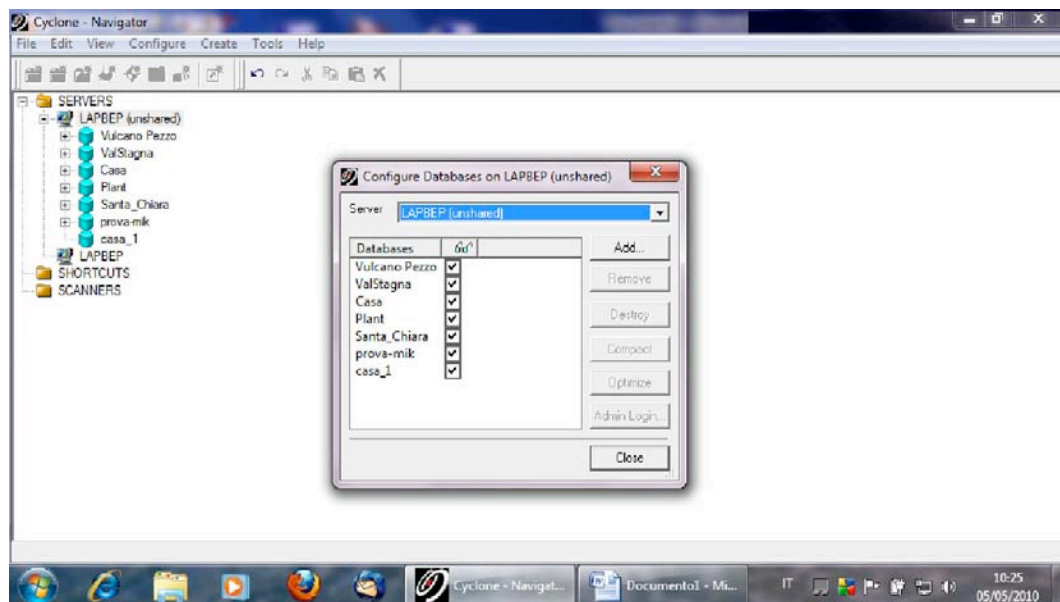


Figura 6. Aggiunta di un *database* di progetto.

Cliccare su *Add* e nominare il progetto a piacimento (si veda Fig. 6). Selezionando con il mouse il nome del progetto (es *casa_1* in Fig. 6) si attivano in alto a sinistra nel pannello le icone relative alle operazioni consentite sul *database* di *Cyclone* (Fig.7). Ad esempio, attivando il tasto destro del mouse in corrispondenza della selezione del nome del progetto si apre una finestra dalla quale è possibile importare i dati (opzione *Import* in Fig. 7).

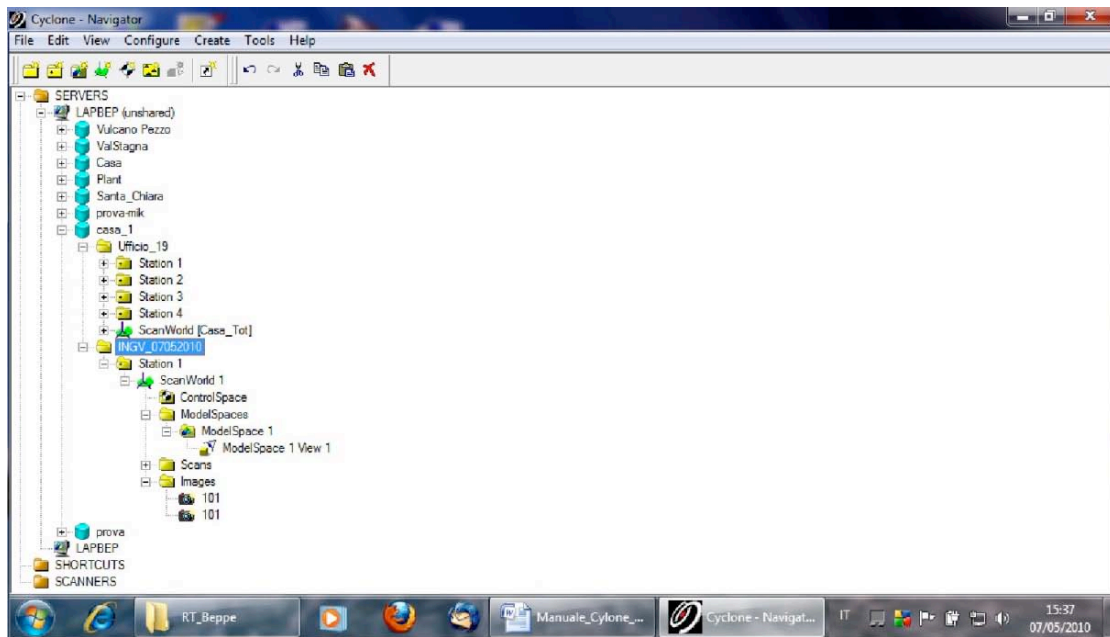


Figura 7. Struttura di un *database* di progetto all'interno del software *Cyclone 7.0.2*.

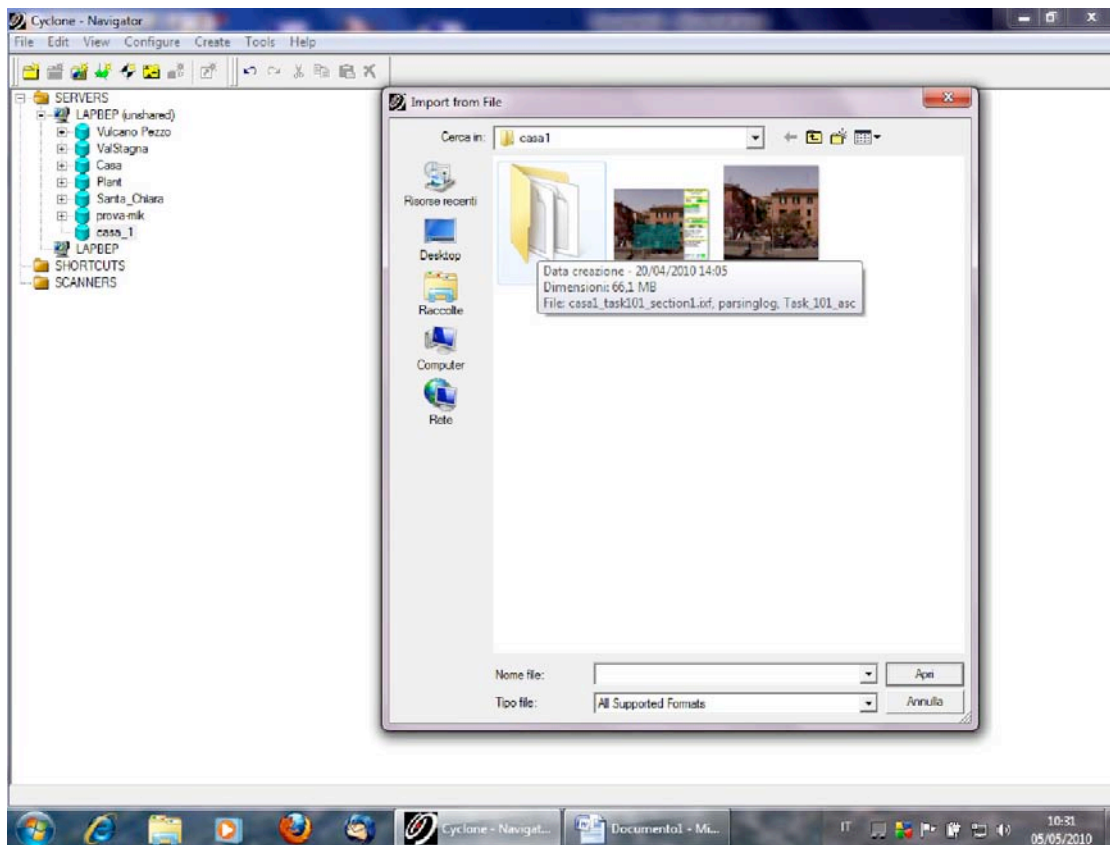


Figura 8. Struttura del *file system* del formato binario *ixf* per *Optec*.

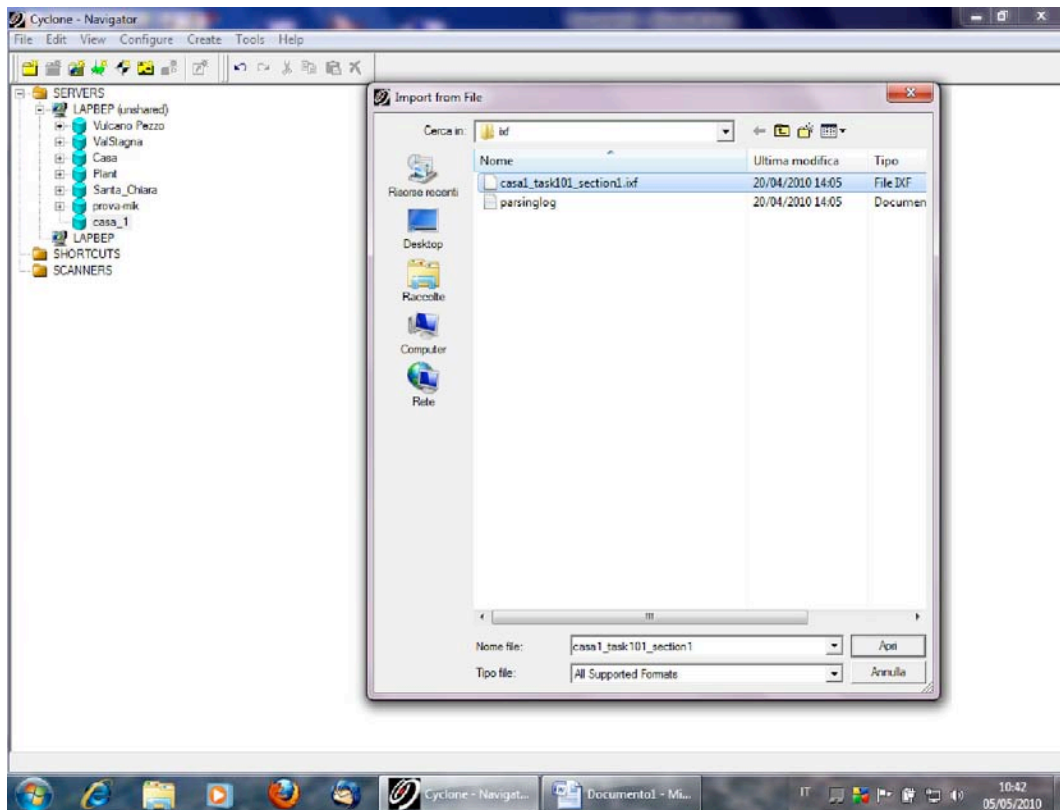


Figura 9. Selezione di un file binario ixf dell'Optec.

Attivando l'opzione IMPORT è dunque possibile selezionare una serie di formati di input tra cui il binario ixf compatibile con gli scanner Optec ILRIS 3D: questa nuova versione del pacchetto Cyclone infatti è dotata di un modulo di importazione dati che supporta differenti standard tra cui quello da noi utilizzato (si vedano Fig. 8 e 9). Infine, è necessario utilizzare delle superfici di riferimento al fine di inquadrare correttamente il dato per cui occorre attivare l'opzione di stima delle normali alle predette superfici ogni qual volta si effettua una importazione nel formato ixf binario (Fig. 10).

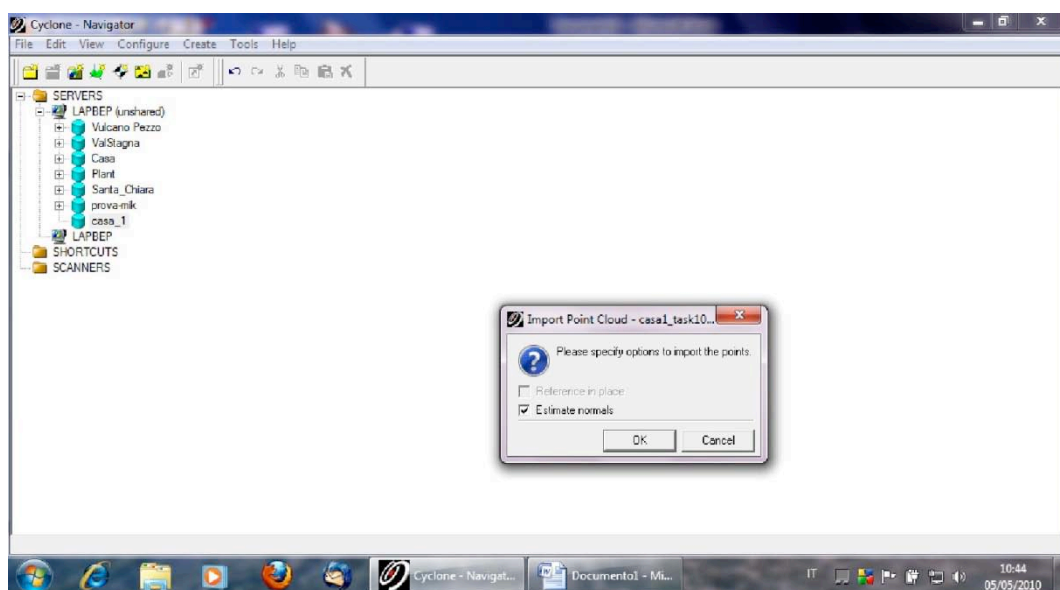


Figura 10. Importazione del dato binario ixf con creazione delle normali alle superfici di riferimento.

5. Trattamento del dato ixf mediante pacchetto *Leica Cyclone 7.0.2*

Il *database* per il processing del dato TLS viene creato all'interno del modulo SCAN-Navigator del pacchetto *Cyclone*, e va sottolineato che il formato ixf non consente l'ordinamento automatico dei dati all'interno del *database* nel normale *format* del pacchetto. Tuttavia la procedura di riordino dei dati consente di approfondire la conoscenza della struttura del *database* del pacchetto e se questa operazione viene eseguita correttamente si ottiene una georeferenziazione sufficientemente accurata, cioè la componente Z risulterà automaticamente orientata verso l'alto. In pratica si opera come segue: dopo l'importazione dei dati (Fig. 11) occorre creare la struttura nella quale andranno collocati i dati stessi.

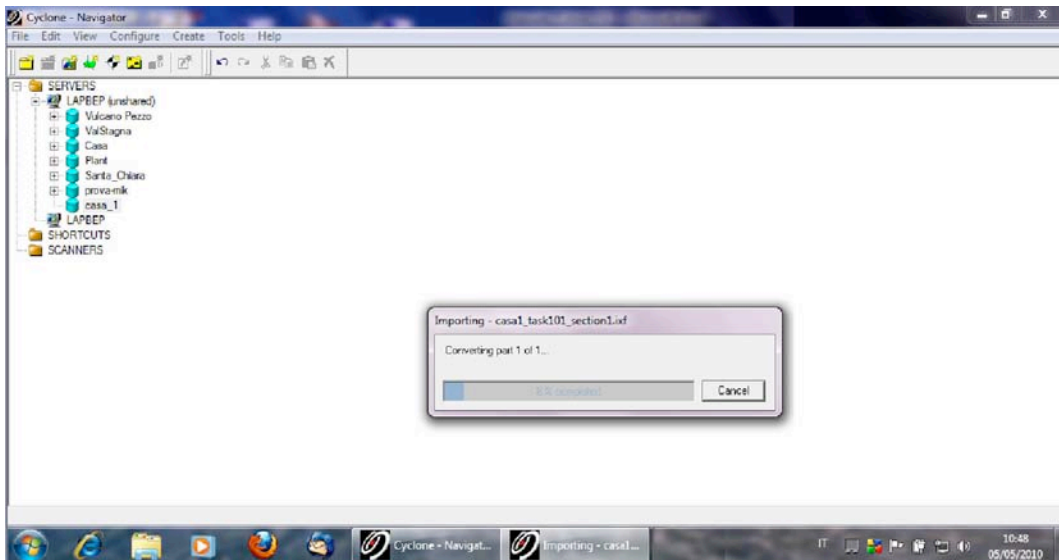


Figura 11. Importazione del dato binario ixf.

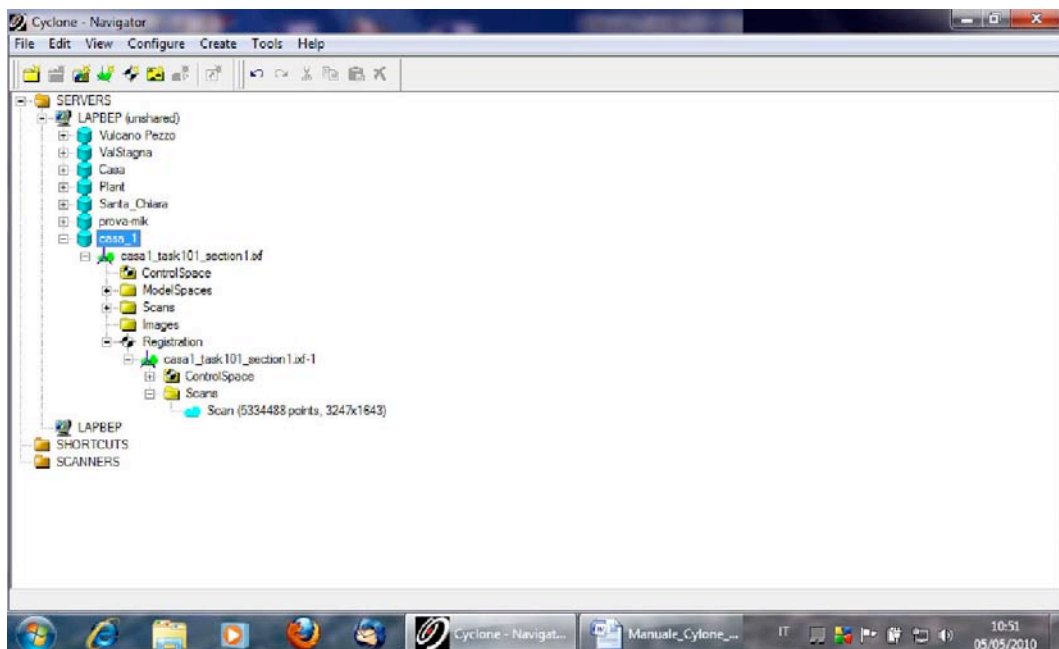


Figura 12. Struttura del *file System* del binario ixf originato da scanner *Optec*.

Nel caso particolare del formato binario ixf della *Optec*, per *default*, all'interno della cartella *Registration* troviamo la nuvola di punti ovvero i dati dello scan (Fig. 13). In tal caso il sistema di riferimento è quello interno dello scanner e cioè con l'asse delle coordinate Z orientato orizzontalmente.

Effettuare il processing dei dati con l'asse Z così orientato comporta dei problemi: per ovviare a questo inconveniente occorre seguire la seguente procedura: per ogni scansione si deve creare una *directory Station* a partire dalla cartella *Project*. All'interno di ogni *directory Station* con il tasto destro del mouse si crea una *directory Scanworld* come in Fig. 14. Una struttura così organizzata è automaticamente strutturata con il formato corretto dei dati.

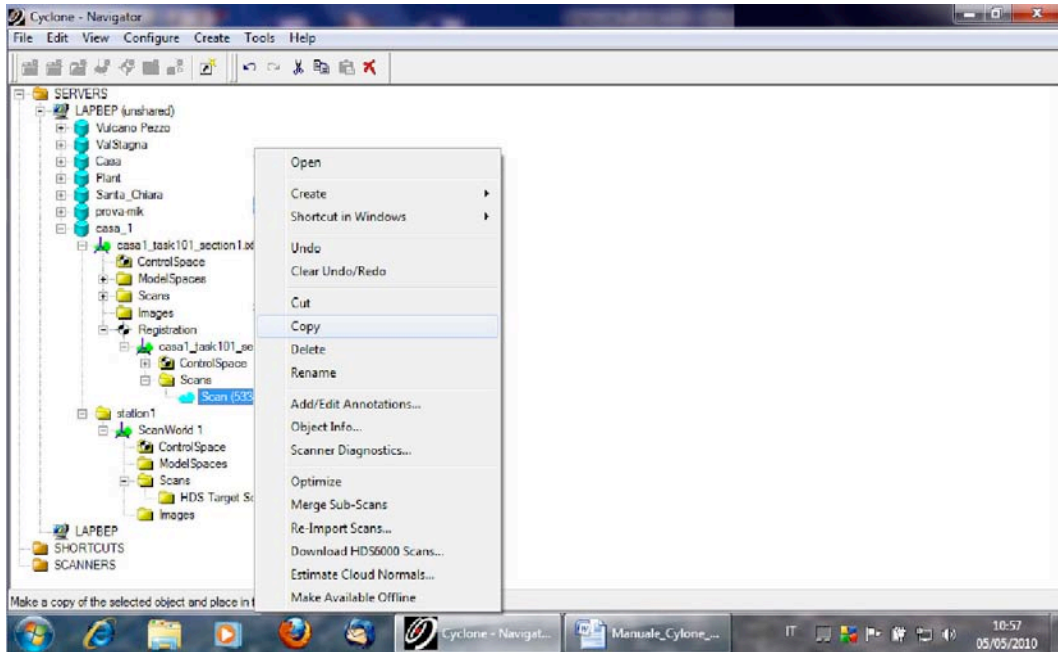


Figura 13. Copia della nuvola di punti di una scansione all'interno di uno *ScanWorld*.

All'interno della cartella *Scan* ivi contenuta si deve incollare la corrispondente nuvola di punti che dovrà essere copiata dalla *directory Registration* della cartella originale dei dati ixf (Fig. 13).

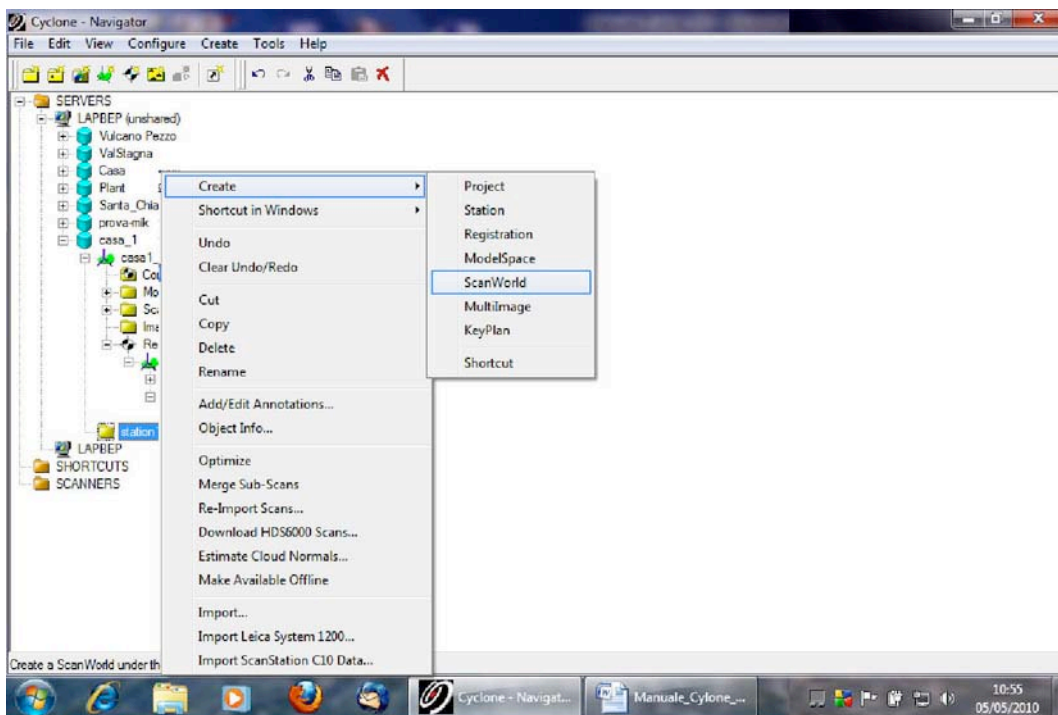


Figura 14. Creazione dello *ScanWorld* di un progetto.

Con quest'ultima operazione si termina il riordino del *database* e, se la procedura è stata eseguita come descritto in precedenza si dovrebbe avere l'asse Z del sistema di riferimento locale orientato correttamente verso l'alto. A questo punto è necessario creare il *Modelspace* e la *Modelspace view* selezionando con il mouse l'omonima cartella all'interno del *database* e cliccando il tasto destro del medesimo. (Fig. 15).

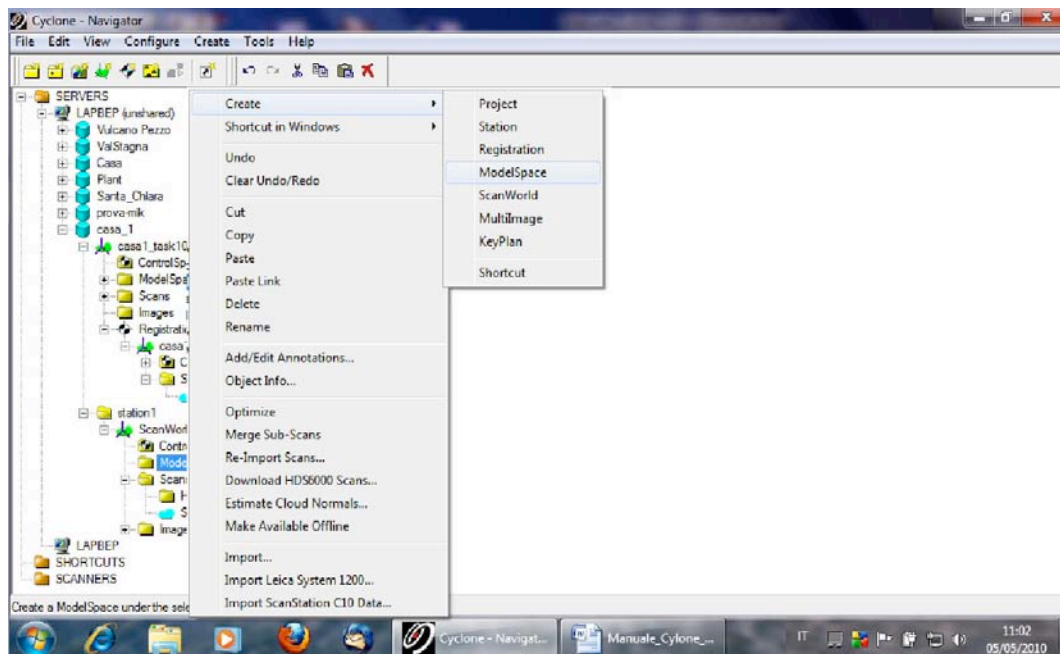


Figura 15. Creazione del Modelspace.

Terminate queste operazioni si potranno quindi eliminare le cartelle originali create in maniera automatica durante la procedura di importazione.

6. Visualizzazione della *modelspace-view*

Cliccando 2 volte nella *Modelspace-view* si apre la corrispondente nuvola di punti. Per effettuare uno zoom della videata, bisogna muovere il mouse avanti e indietro tenendo premuti entrambi i tasti paralleli del mouse contemporaneamente (il cursore sarà visualizzato a manina con doppia freccia).

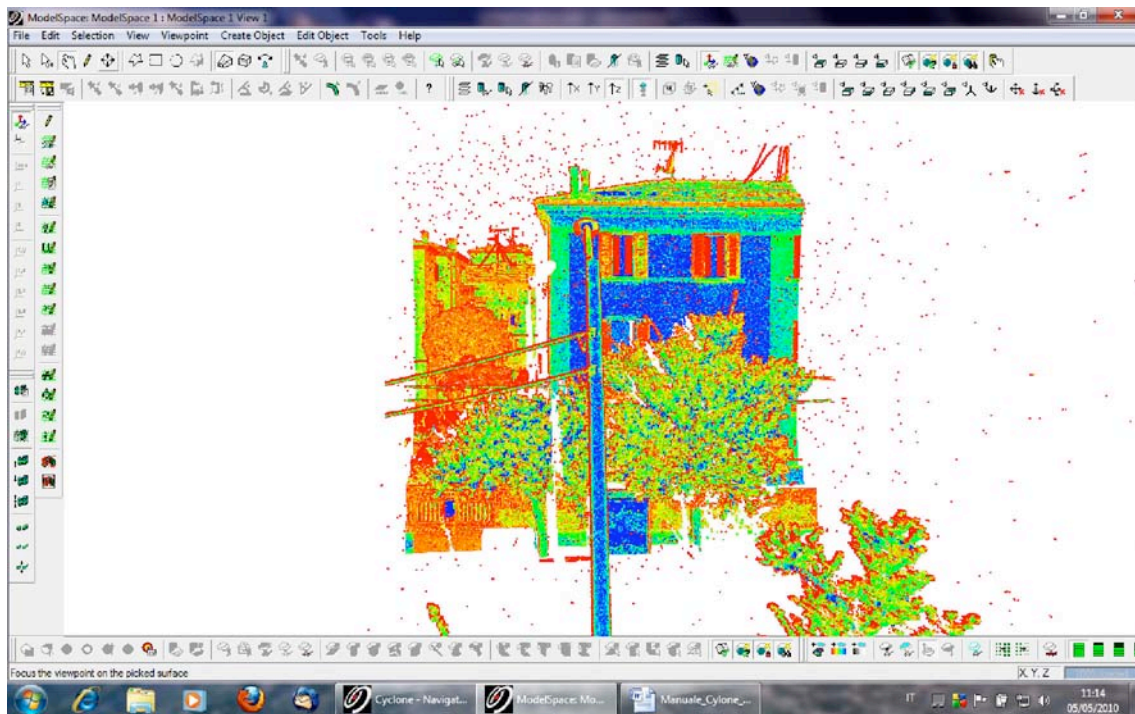


Figura 16. Esempio di nuvola di punti di un rilievo architettonico.

Tenendo premuto il tasto sinistro e spostando il mouse a destra e a sinistra si sposta l'immagine (nuvola di punti) orizzontalmente rispetto ad un asse che unisce l'origine del sistema di riferimento e il centro dell'immagine stessa, se invece si muove il mouse in alto e in basso a tasto sinistro premuto si sposta il predetto asse lungo un angolo verticale. Tenendo invece premuto il tasto destro e muovendo il mouse verso destra o verso sinistra si sposta il centro dell'immagine su di un angolo orizzontale, in alto o in basso si sposta su di un angolo verticale. Esiste poi la possibilità di cambiare il centro dell'immagine cliccando sopra l'icona del *Seek Mode View* in alto a sinistra in figura vicino allo strumento matita oppure schiacciando il tasto S (Fig. 17).

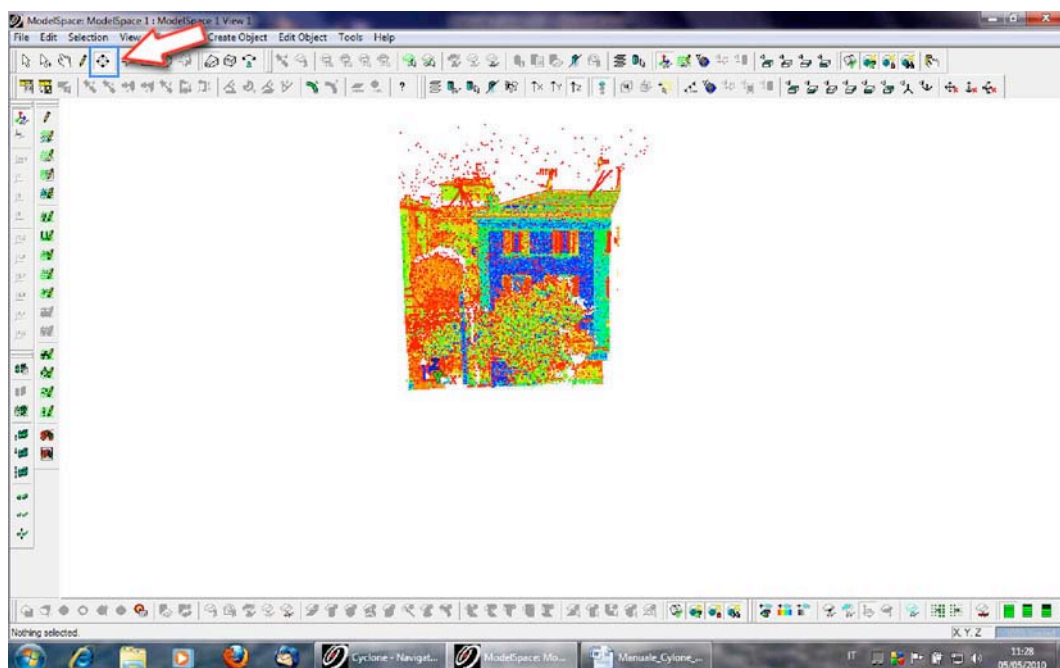


Figura 17. Attivazione del *Seek Mode View* (tasto S).

7. Registrazione di nuvole di punti: modulo REGISTER

La registrazione delle nuvole di punti cioè l'allineamento o la georeferenziazione delle stesse in uno stesso sistema di riferimento mediante trasformazioni di roto-traslazione con variazione di scala, è una procedura di fondamentale importanza nell'ambito del trattamento del dato TLS, infatti un allineamento impreciso delle nuvole di punti può compromettere il buon esito del *processing*. Tale procedura viene effettuata in due fasi, la prima di pre-allineamento e la seconda di allineamento con conseguente registrazione e creazione di un nuovo *Modelspace*.

Per la corretta unione (registrazione) di nuvole di punti diverse è necessario utilizzare dei *target*. I *target* nella migliore delle ipotesi sono artificialmente materializzati sul territorio come prismi retro riflettori, oppure come immagini ad alta riflettanza (si veda la Fig. 18) o ancora come elementi globi-formi colorati (ad esempio blu o arancione), montati su cavalletti o fissati su manufatti. Essi sono posizionati prima di effettuare i rilievi e sono indispensabili per l'allineamento delle scansioni e nelle registrazioni delle nuvole di punti. Il buon posizionamento dei *target*, inoltre, permette che tali procedure siano effettuate con maggiore accuratezza e con minore incidenza di errori. Eventualmente i *target* possono anche essere posizionati successivamente, dopo le scansioni, con tecniche GPS (*Global Positioning System*) o TPS (*ToPographic System*).

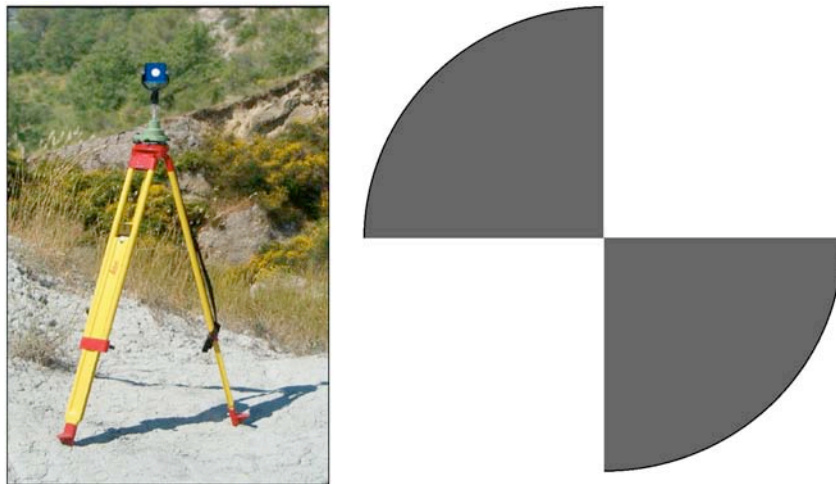


Figura 18. Esempi di *target* Leica HDS Cyclone.

Esistono tre tipi di procedure di registrazione delle nuvole:

- 1) con *target* dedotto da nuvola di punti (*Cloud Constrain*) selezionando manualmente i punti *target* omologhi all'interno delle nuvole da registrare o unificare,
- 2) con *target* artificiali che vengono inseriti a priori nell'area di rilievo e poi una volta resi riconoscibili vengono segnalizzati e inseriti automaticamente all'interno della nuvola di punti;
- 3) con una procedura mista tra i metodi 1 e 2.

Se i *target* sono montati su cavalletti geodetici e la loro posizione è rilevata mediante tecniche GPS o analoghe, la procedura di pre-allineamento risulta immediata e in seguito sarà molto più agevole procedere alla geo-referenziazione delle nuvole di tutti i punti del rilievo.

8. Allineamento con *target* su nuvola di punti

È necessario visualizzare le nuvole di punti una per una per verificare l'esistenza di zone di sovrapposizione, se l'ultima nuvola non si sovrappone con la prima, ad esempio, si deve settare come *Scanworld* di riferimento o quello centrale del rilievo o quello con maggiori aree di sovrapposizione fra le varie nuvole.

In generale se abbiamo un numero n di nuvole da registrare occorrono almeno $n-1$ operazioni di vincolo ed in genere almeno 4 *target* per nuvola, scelti in maniera che il poliedro di vincolo sia sufficientemente ampio per ottenere una corretta operazione di registrazione. Inoltre è necessario giocare sulle operazioni di zoom delle nuvole per selezionare correttamente i punti da vincolare.

9. Pre-Allineamento

Dalla casella progetto selezionare *Create-Registration* (vedi Fig. 19), in questo modo si crea la cartella di registrazione, dopo averla nominata a piacimento cliccarci sopra 2 volte col mouse per accedere all'ambiente. A questo punto selezionare *Scanworld+Add Scanworld* per inserire le nuvole di punti da registrare (Fig. 20). A questo punto è conveniente ridimensionare le finestre all'interno dell'ambiente di registrazione trascinandole verso l'alto con il mouse (Fig. 21).

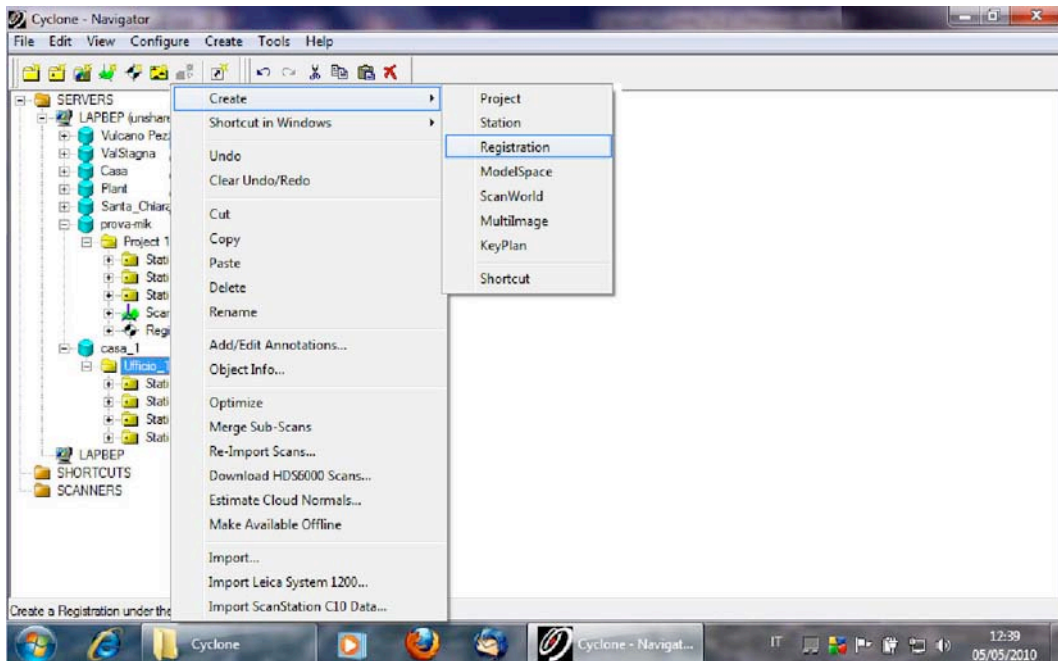


Figura 19. Creazione della registrazione.

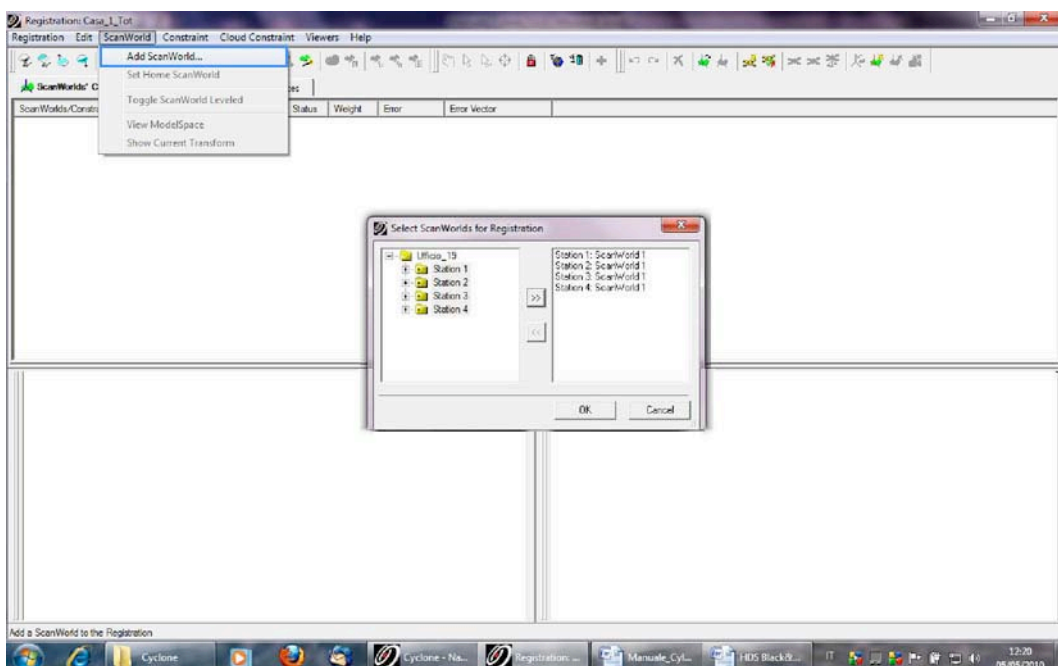


Figura 20. Selezione e procedura di inserimento degli *Scanworld*.

Per procedere con l'aggiunta dei *target* da nuvole di punti si deve selezionare *Cloud-Constraint* e *Cloud-Constraint-Wizard* (Fig. 22), ricordando che all'inizio di questa operazione è necessario settare l'*Home-Scanworld* ossia quello di riferimento. La scelta dell'*Home-Scanworld*, come indicato in precedenza, è molto importante: è opportuno scegliere quello centrale quando si ha un rilievo a poligonale aperta o, in alternativa, quello la cui nuvola ha parti che si sovrappongono maggiormente con le altre (es.: station2 in Fig. 23).

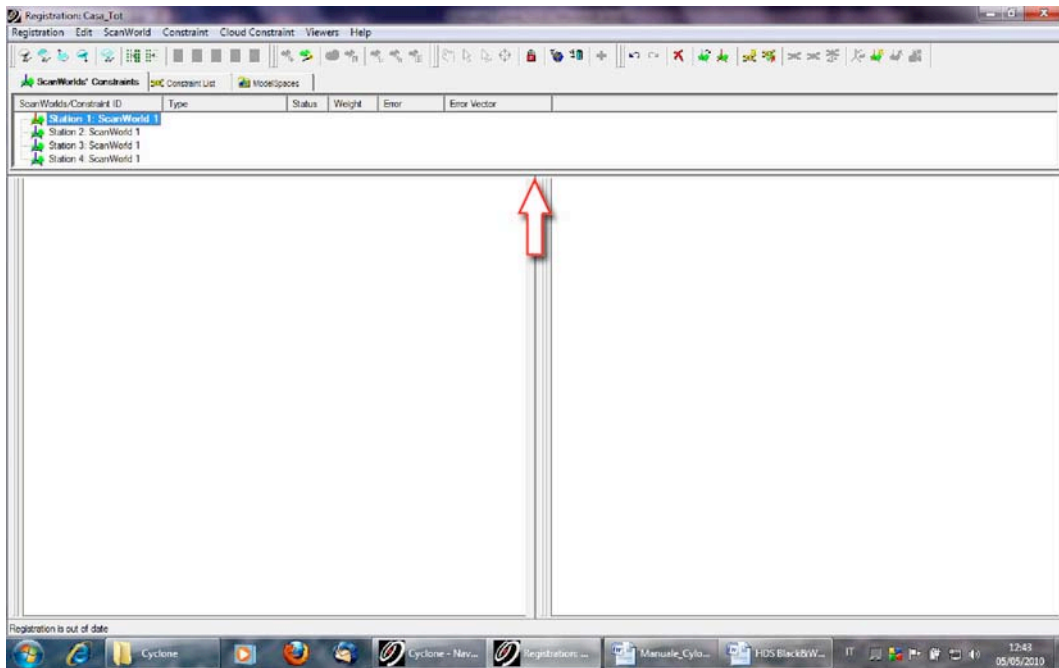


Figura 21. Ridimensionamento delle finestre all'interno dell'ambiente di registrazione.

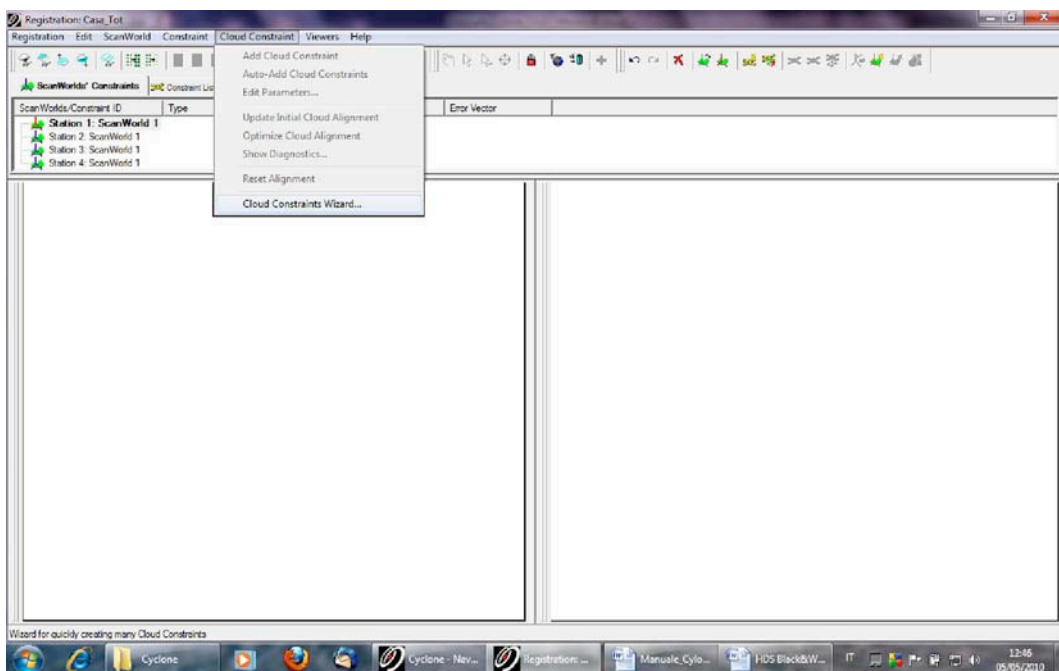


Figura 22. Pre-allineamento con scelta dei punti *target* da nuvola.

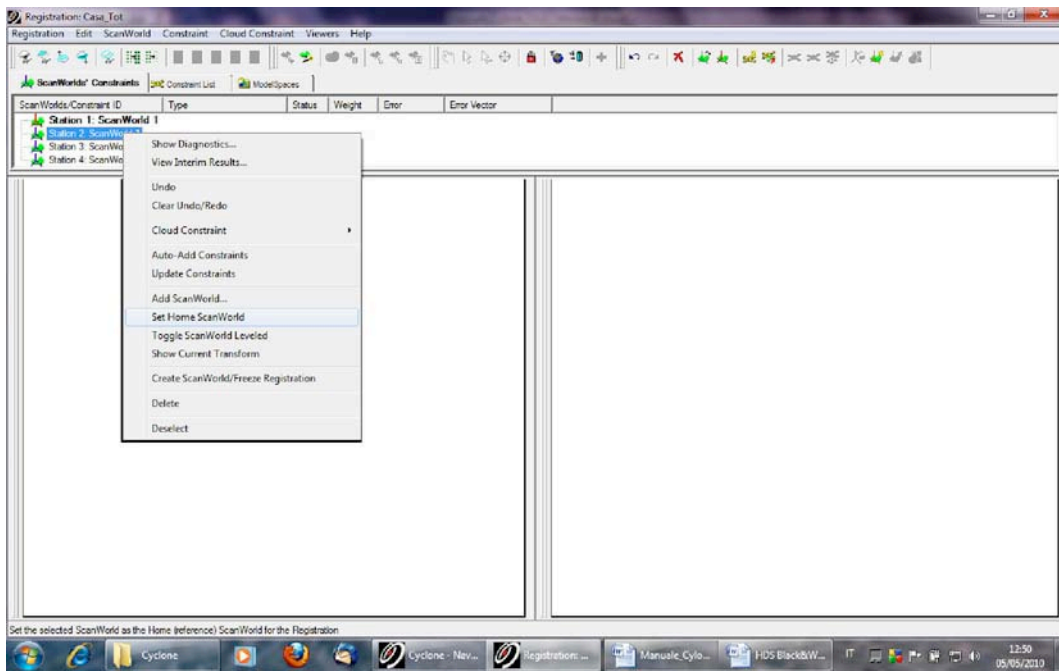


Figura 23. Selezione dello *Scanworld* di riferimento.

Attraverso un'attenta analisi delle nuvole di punti si evince che in questo esempio vi è sovrapposizione solo tra le nuvole 1-2, 2-3 e 3-4, e come espresso in precedenza, se abbiamo 4 nuvole di punti ($n=4$) è necessario un numero $n-1$ di collegamenti fra le nuvole pari a 3 ($4-1$) e quindi la sovrapposizione dovrebbe essere sufficiente alla registrazione delle 4 nuvole (Fig. 24), purché come già citato, si scelgano i *target* a formare un poliedro sufficientemente ampio per vincolare le nuvole stesse. Selezionando quindi (come in Fig. 24) i collegamenti necessari (1-2, 2-3, e 3-4) si attiva un ciclo di vincolo che propone dei link fra le predette nuvole.

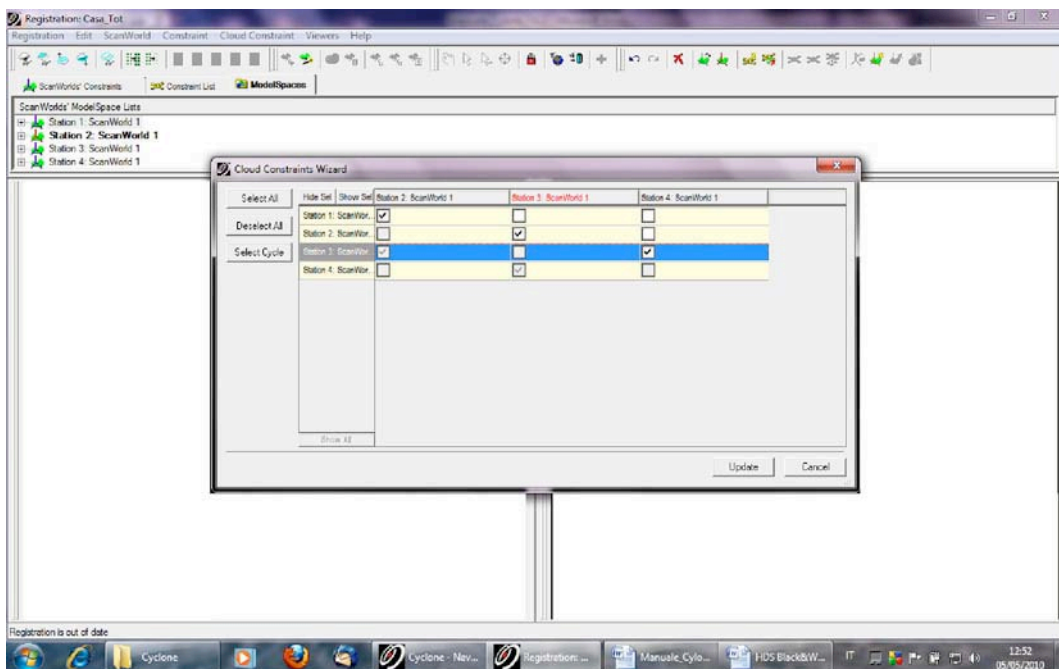


Figura 24. Selezione dei collegamenti fra nuvole (1-2, 2-3, e 3-4).

Ad ogni *step* di questo procedimento è necessario selezionare consistentemente all'interno delle nuvole da collegare alcuni punti omologhi in comune da eleggere come *target*. Cliccando su *update* si apre il ciclo di vincolo e le immagini delle prime due nuvole appariranno sulle corrispondenti due finestre disponibili (Fig. 25).

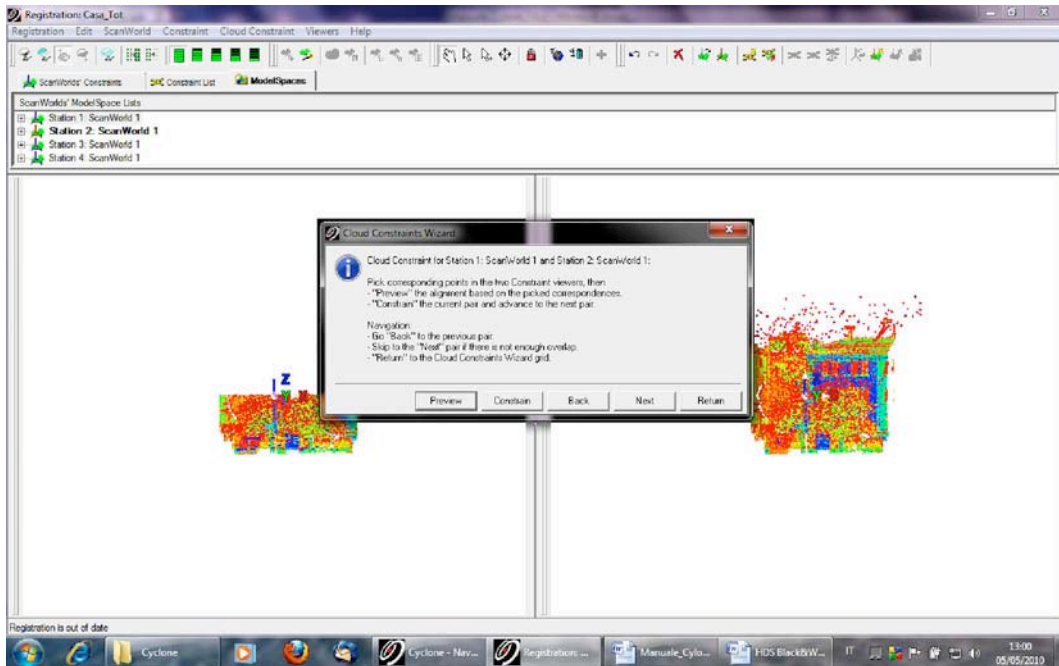


Figura 25. Attivazione del ciclo di vincolo tra le prime due nuvole (*Scanworld*) 1-2.

A questo punto si rende necessario il riconoscimento di punti omologhi fra le due immagini come spigoli di edifici o punti che diano luogo ad un figura di riflettanza più intensa e che siano facilmente riconoscibili. Si ricorda che il numero di *target* deve essere non inferiore a 3, benché siano necessari anche più punti per adattare ai minimi quadrati i 7 parametri di roto-traslazione e di variazione di scala tra nuvole di punti. Se la scelta dei *target* è stata effettuata correttamente, la procedura prosegue con l'allineamento delle due nuvole successive all'interno del ciclo (1-2 e dopo 2-3). Per la scelta dei *target* è opportuno utilizzare la modalità *Multi-Pick-Mode View* (icona della freccia con il più, nel menu in alto in Fig. 26).

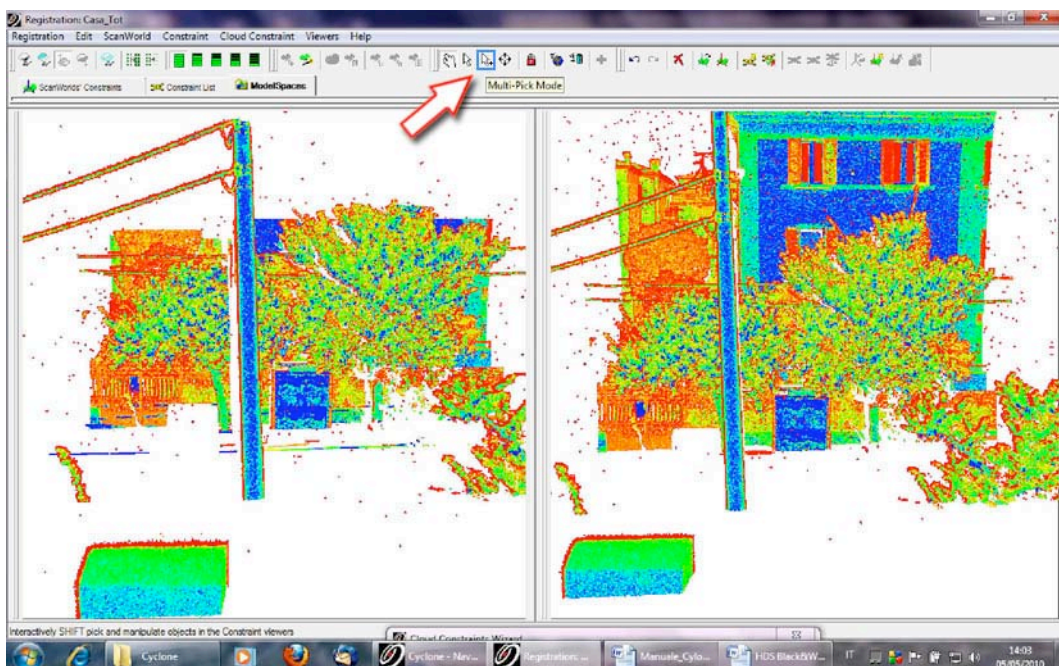


Figura 26. Scelta dei *target* in modalità *Multi-Pick-Mode*.

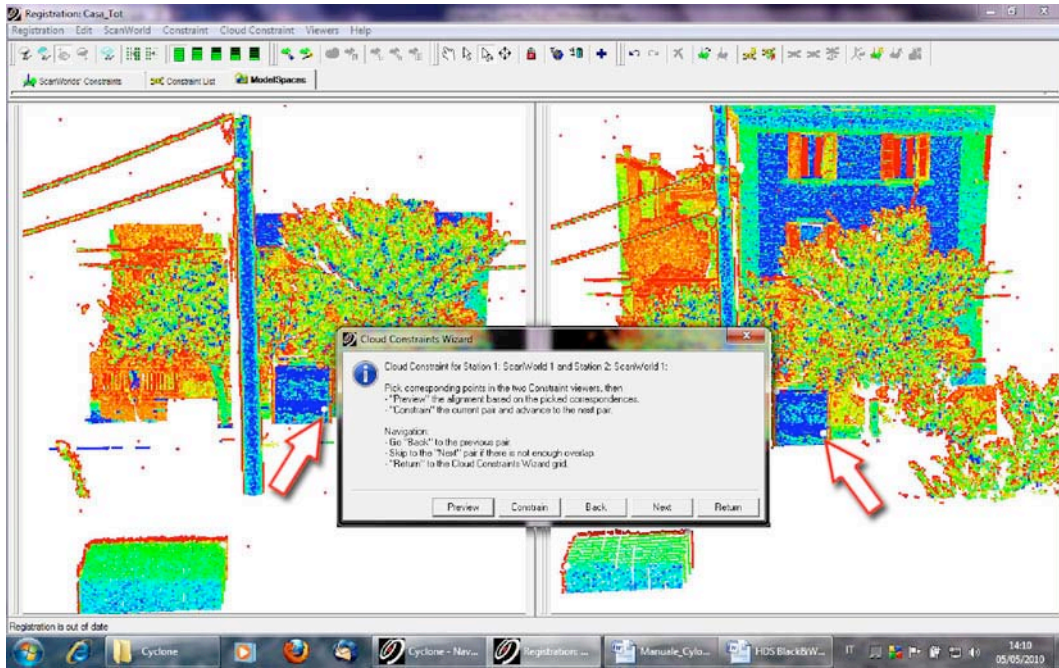


Figura 27. Scelta dei vincoli tra le nuvole 1-2 dell'esempio. I punti bianchi indicati dalle frecce in figura sono i *target* scelti.

Dopo aver selezionato i *target* come mostrato in Fig. 27, selezionare la voce *Constrain* all'interno della finestra, se la scelta dei *target* è corretta la procedura passa alle successive due nuvole (2-3) aprendo una nuova finestra titolata *Cloud Constraints Wizard*, altrimenti apparirà un messaggio di richiesta di altri *target* o una dichiarazione di numero di *target* insufficienti.

Una volta completato il ciclo avremo dei vincoli su tutti e tre i collegamenti fra le immagini da registrare cioè: 1-2, 2-3, e 3-4 (si veda in alto nella Fig. 28).

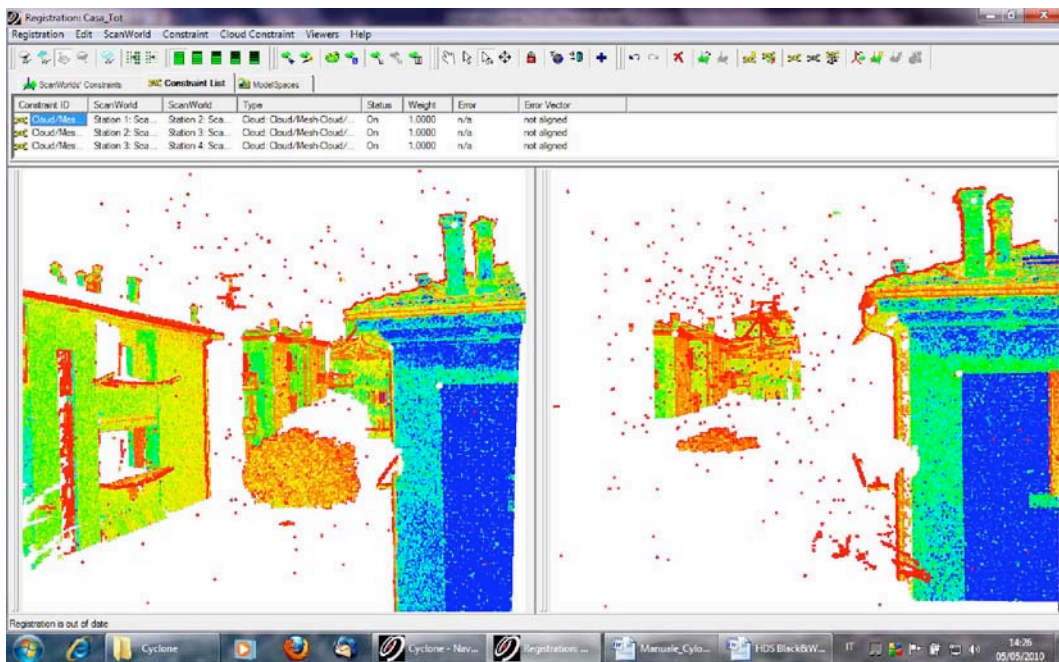


Figura 28. Lista dei vincoli tra le immagini 1-2, 2-3 e 3-4 dell'esempio.

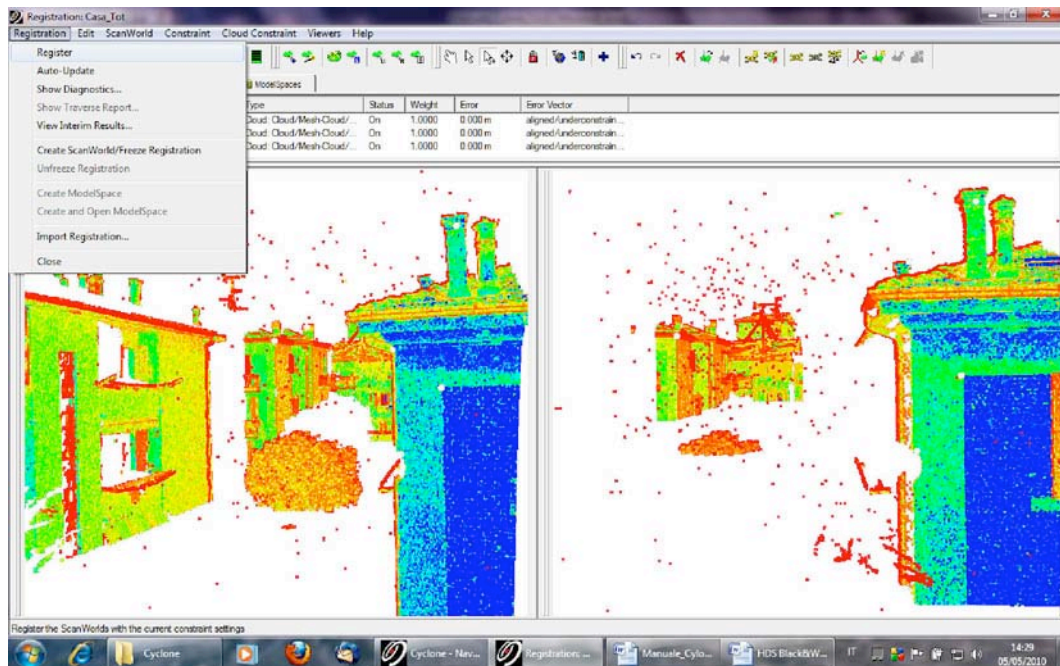


Figura 29. Registrazione delle nuvole di punti.

A questo punto è terminata la fase di pre-allineamento e si può effettuare l'allineamento. Per l'allineamento si procede semplicemente selezionando l'opzione in alto a sinistra e scegliendo *Registration* e poi *Register* (si veda Fig. 29).

Infine è possibile salvare il risultato della registrazione attivando le opzioni *Create/ScanWorld/Freeze Registration*, come mostrato in Fig. 30, questa operazione crea anche uno *ScanWorld* relativo alla registrazione.

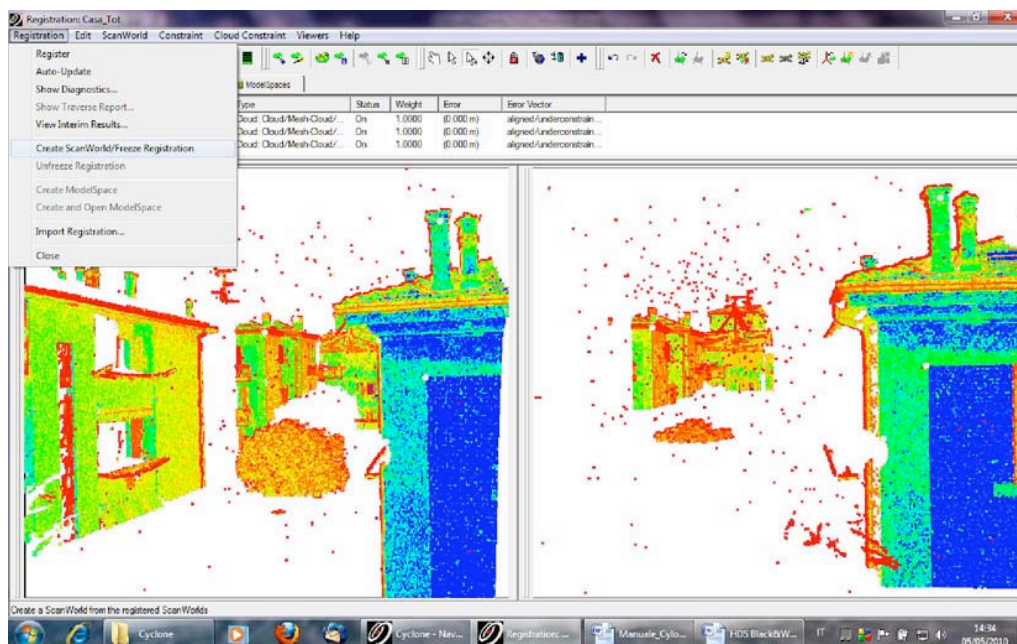


Figura 30. Salvataggio della registrazione e creazione del relativo *ScanWorld*.

10. Operazioni di pulizia della nuvola di punti registrata

In seguito alla operazione di creazione dello *Scanworld* della registrazione, è possibile creare un *Modelspace* della registrazione e all'interno di esso una *Modelspace View*, come descritto in precedenza. Selezionando con il mouse *Modelspace-View* e facendo doppio clic su di esso, verrà visualizzata la nuvola di punti registrata. Attivando la vista del predetto *Modelspace* è possibile effettuare la pulizia della nuvola attivando una poligonale (*Fence*) (si veda il simbolo in alto a sinistra in Fig. 31) con modalità di cancellazione di punti all'interno della poligonale prescelta o al di fuori a seconda delle necessità (Fig. 32).

11. Creazione TIN e DEM da nuvola di punti e applicazione dei colori

È possibile creare una TIN (Triangulated Interpolated Network) sfruttando gli algoritmi di *meshing* del pacchetto *Cyclone*. Generalmente è consigliabile creare una *ModelSpace-View* come indicato in precedenza e all'interno di essa attivare una poligonale chiusa (*Fence mode*) che selezioni l'area da elaborare, vedi Fig. 33. A questo punto si seleziona tutta la nuvola mediante l'opzione *Selection, Select-All* in alto a sinistra in Fig. 33.

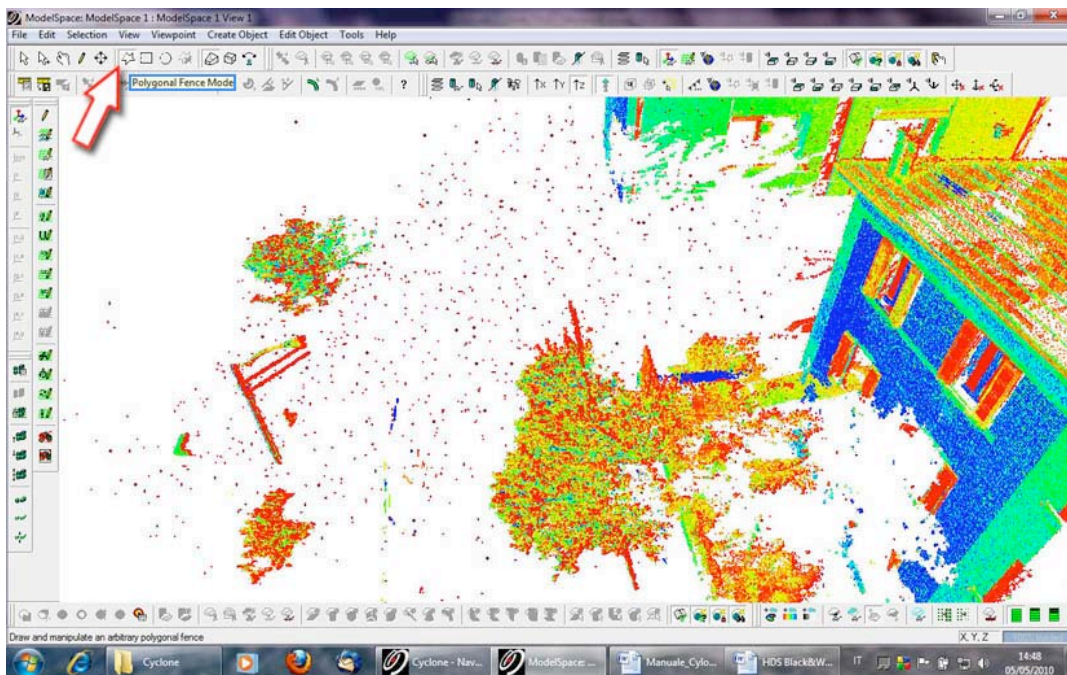


Figura 31. Attivazione di una poligonale chiusa all'interno del *Modelspace* della registrazione.

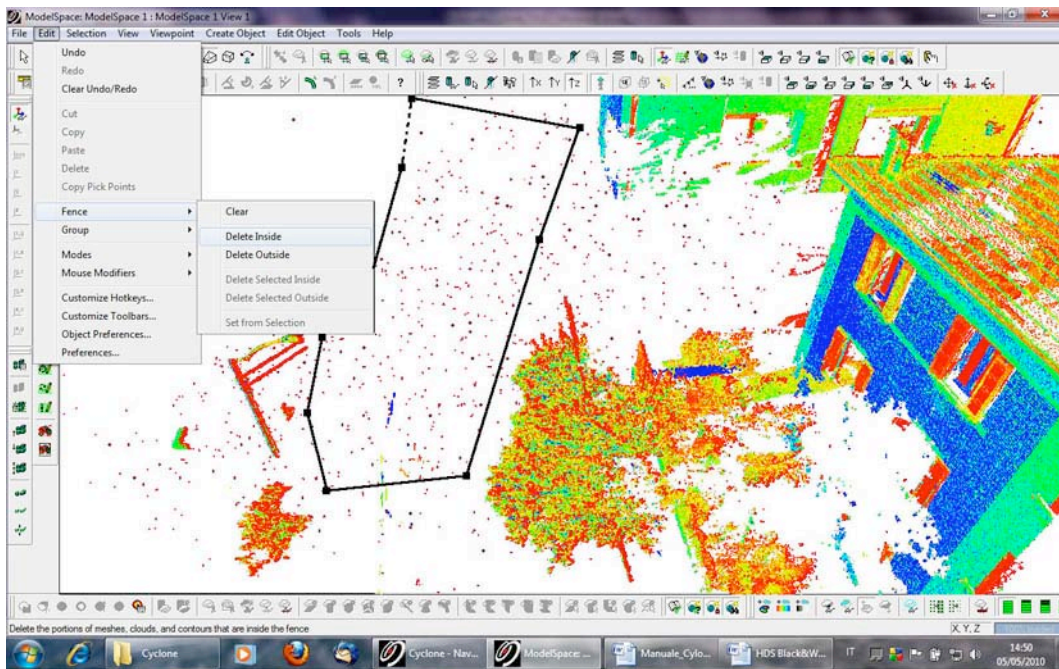


Figura 32. Attivazione di una poligonale e cancellazione dei punti della nuvola all'interno di essa.

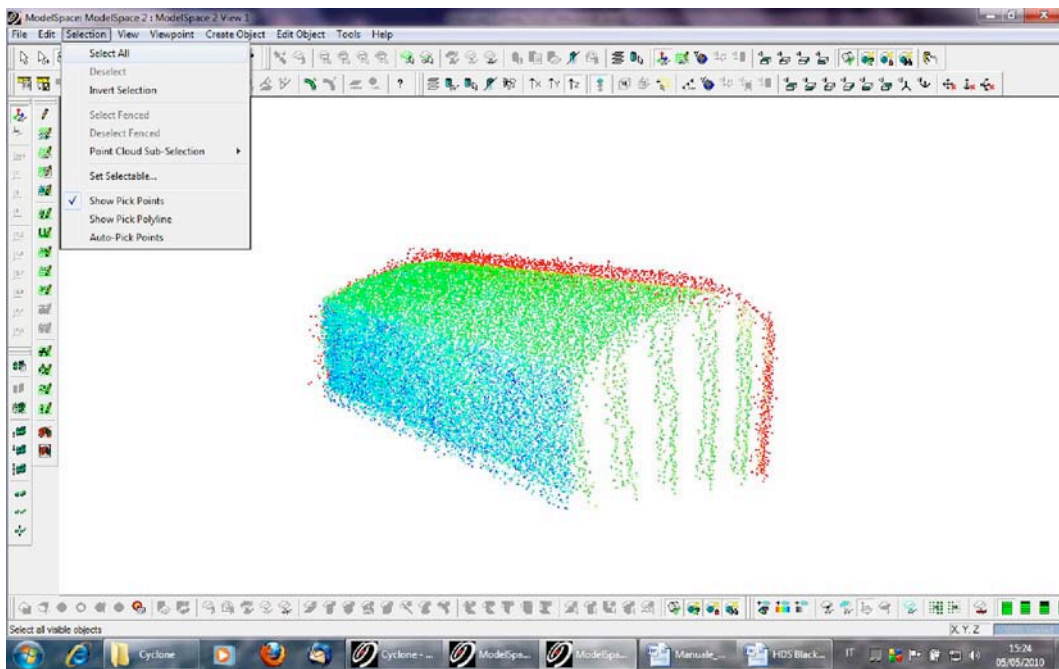


Figura 33. Esempio di una nuvola di punti creata all'interno di un ModelSpace.

Mediante l'opzione *Selection, Select All* si selezionano tutti i punti della nuvola. Volendo cambiare l'asse verticale del sistema di riferimento al fine di ottimizzare la funzione *meshing* si clicca sulle opzioni in alto evidenziate dalla presenza di una freccia come in Fig. 34.

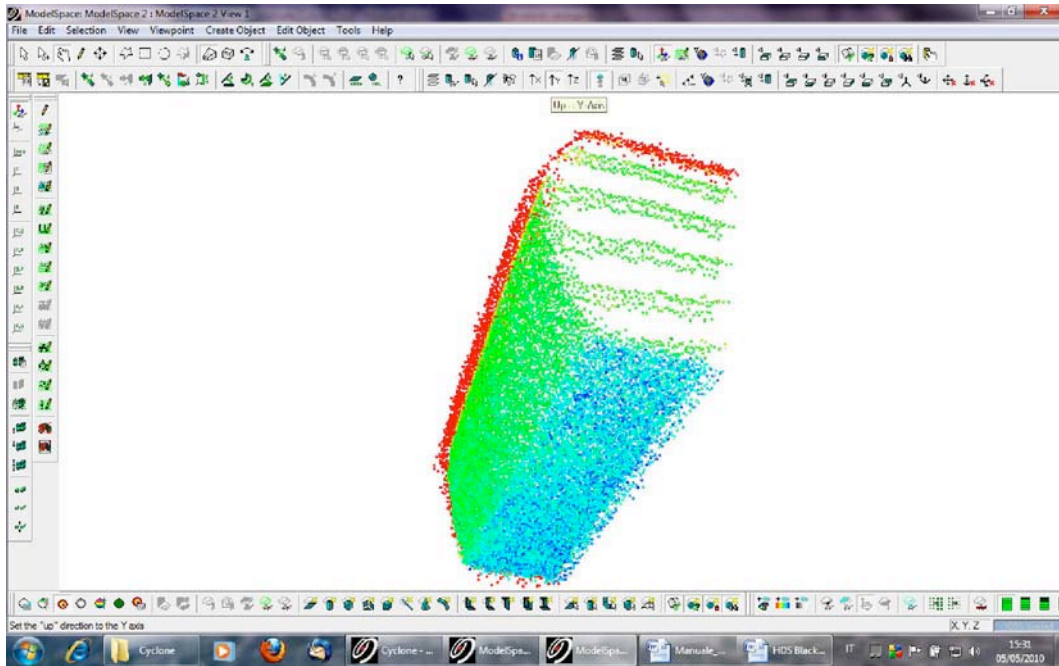


Figura 34. Variazione dell'asse verticale del sistema di riferimento al fine di ottimizzare il *meshing*.

A questo punto è possibile selezionare l'opzione *Tools>Create-Mesh* si apre un menu (si veda Fig. 35) che consente opzionalmente la creazione di una TIN dalla nuvola di punti selezionata. E il risultato è visibile in Fig. 36.

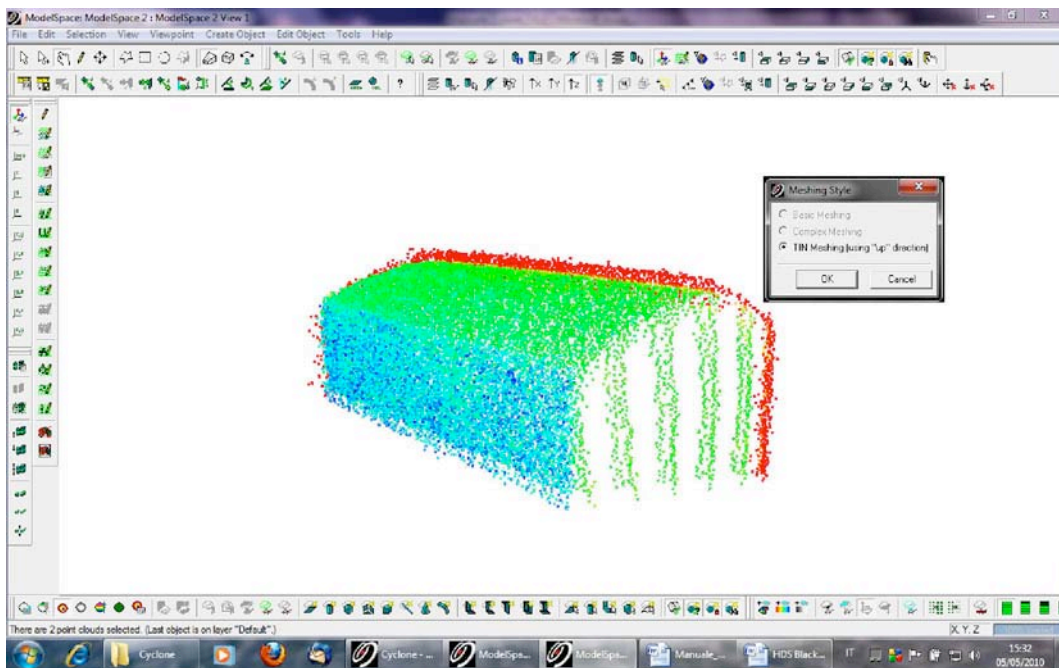


Figura 35. Creazione di una TIN dalla nuvola di punti in figura.

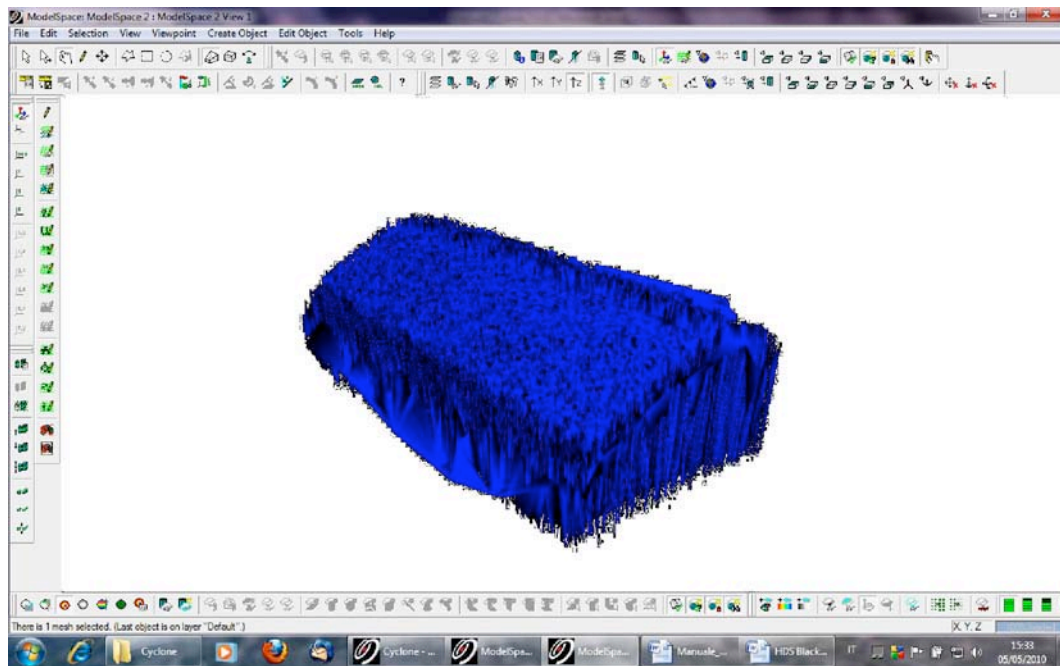


Figura 36. Esempio di TIN.

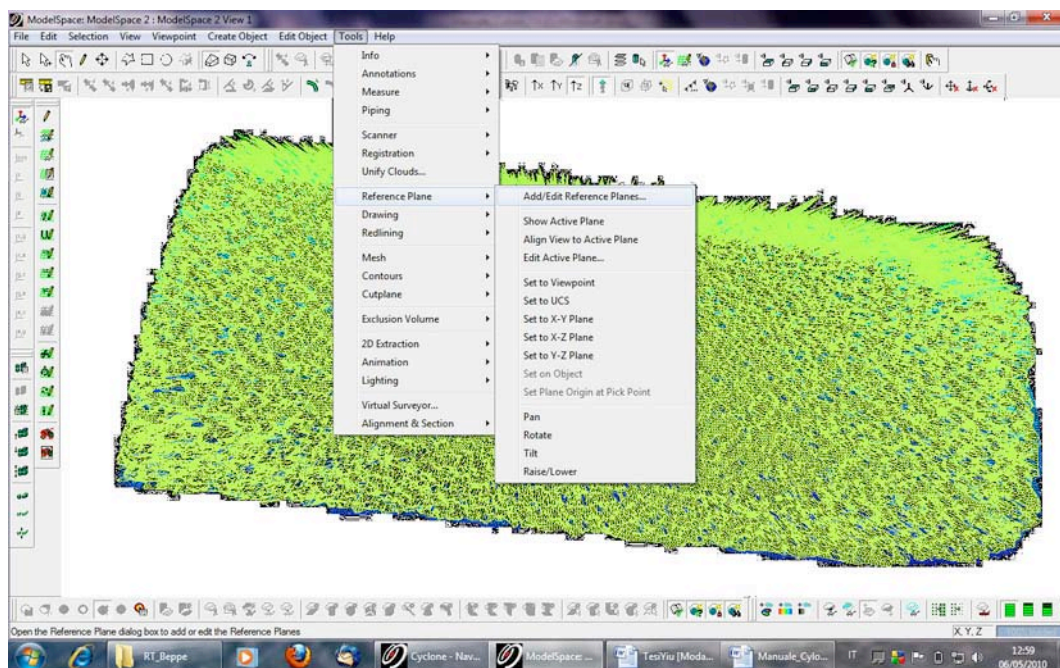


Figura 37. Aggiunta di un piano di riferimento.

In seguito alla creazione di una TIN (Triangulated Irregular Network) è possibile ricavare un DEM (Digital Elevation Model), ovvero un modello digitale delle altezze, semplicemente proiettando la TIN su un piano di riferimento scelto appositamente. Infatti attivando la procedura *Tools-Reference Plane* e *Add-Edit Reference plane* (Fig. 37) si ottiene un piano di riferimento e se si seleziona sul corrispondente menu a discesa *Origin-Plane* (Fig. 38) apparirà il piano di riferimento in grigliato verde; tale piano può essere scelto come piano di riferimento nelle direzioni X-Y, X-Z o Y-Z, mediante le apposite icone in alto nel nostro applicativo. Se si selezionano tutti i punti si deve poi attivare la procedura *Tools-Mesh-Sample Grid* (Fig. 39) e selezionare il passo della griglia del DEM (Fig. 39).

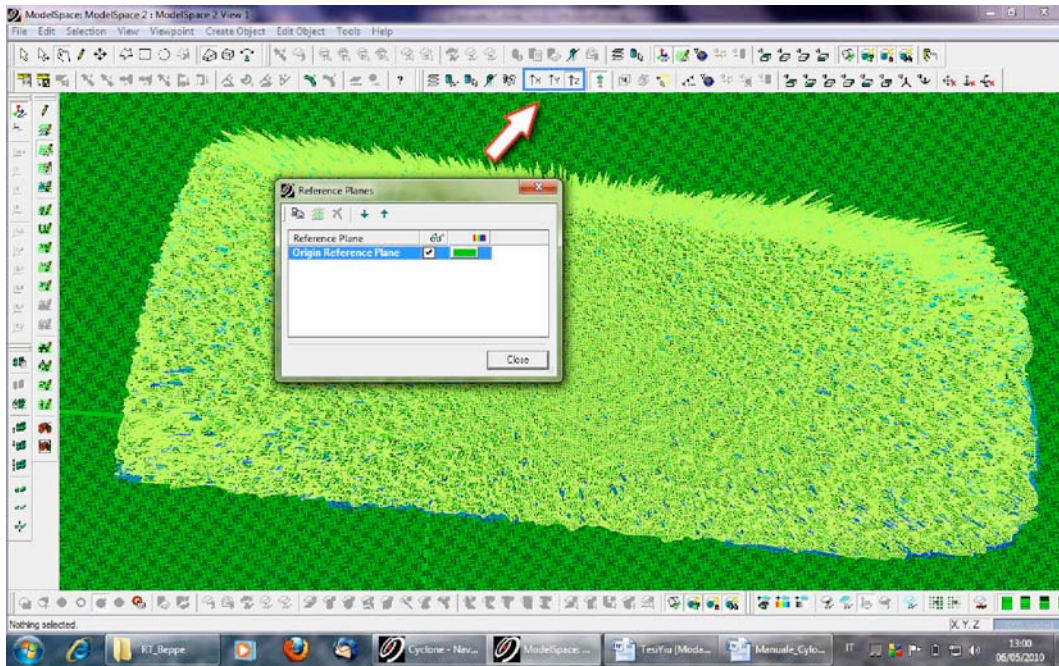


Figura 38. Origin Reference Plane.

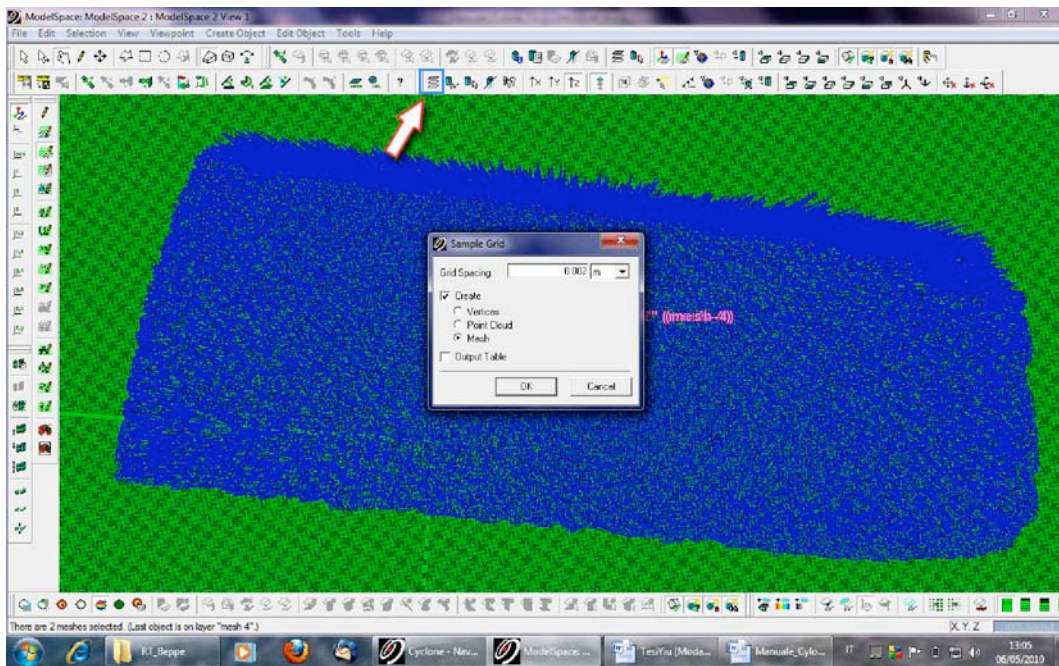


Figura 39. Selezione del passo della griglia per il calcolo del DEM in seguito alla interpolazione della TIN.

Una volta effettuata questa operazione si ottiene un DEM (Fig. 40) per proiezione su una griglia regolare della TIN mediante un piano di riferimento. Il DEM così ottenuto può essere esportato in formato compatibile per software CAD o in un semplice formato ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*). È possibile variare la scala di colori agendo sull'icona corrispondente (Fig. 41). Inoltre è possibile attivare e utilizzare diversi piani (*layer*) grafici mediante la corrispondente icona in alto a sinistra o mediante la sequenza di tasti Shift+L (Fig. 42 e 43).

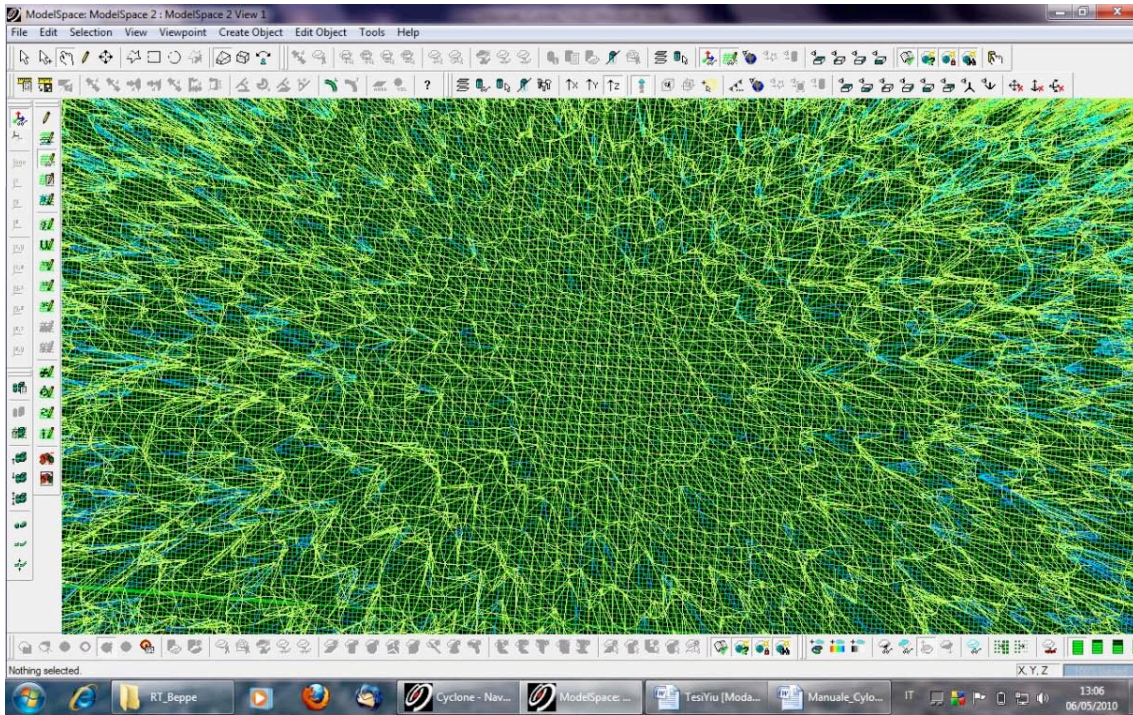


Figura 40. Zoom del particolare della maglia regolare del DEM.

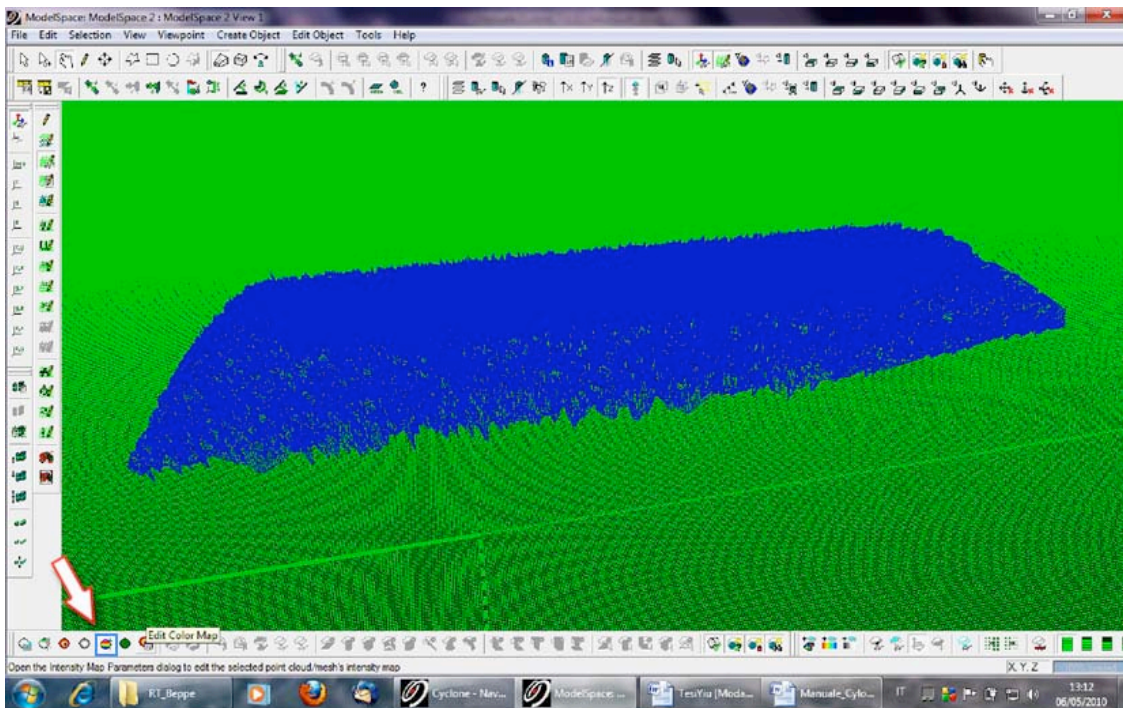


Figura 41. Variazione della scala dei colori.

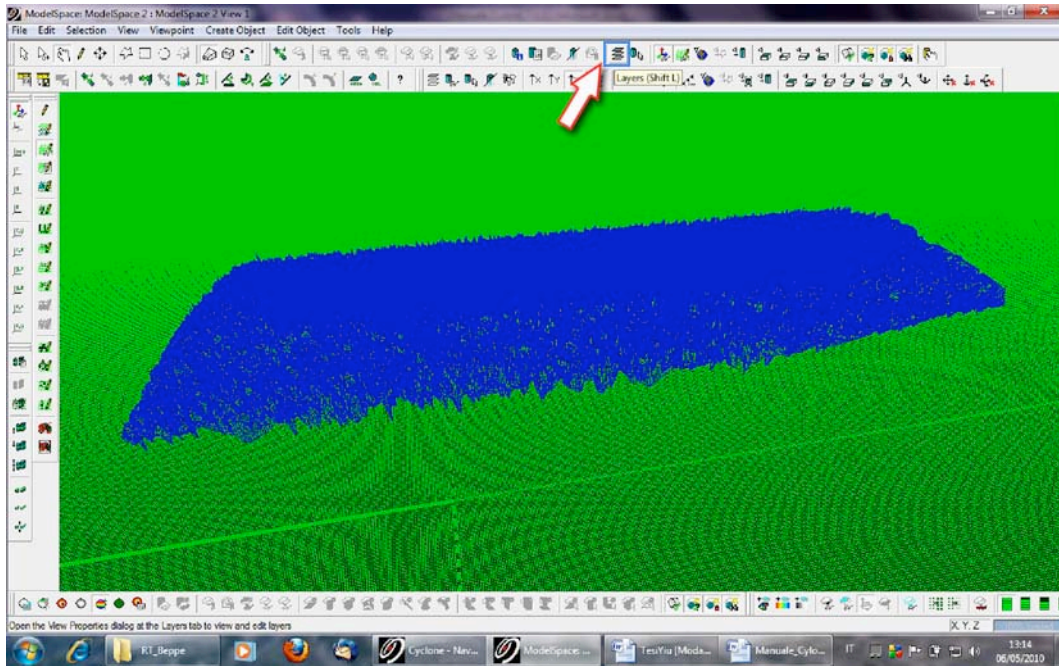


Figura 42. Attivazione differenti layer grafici.

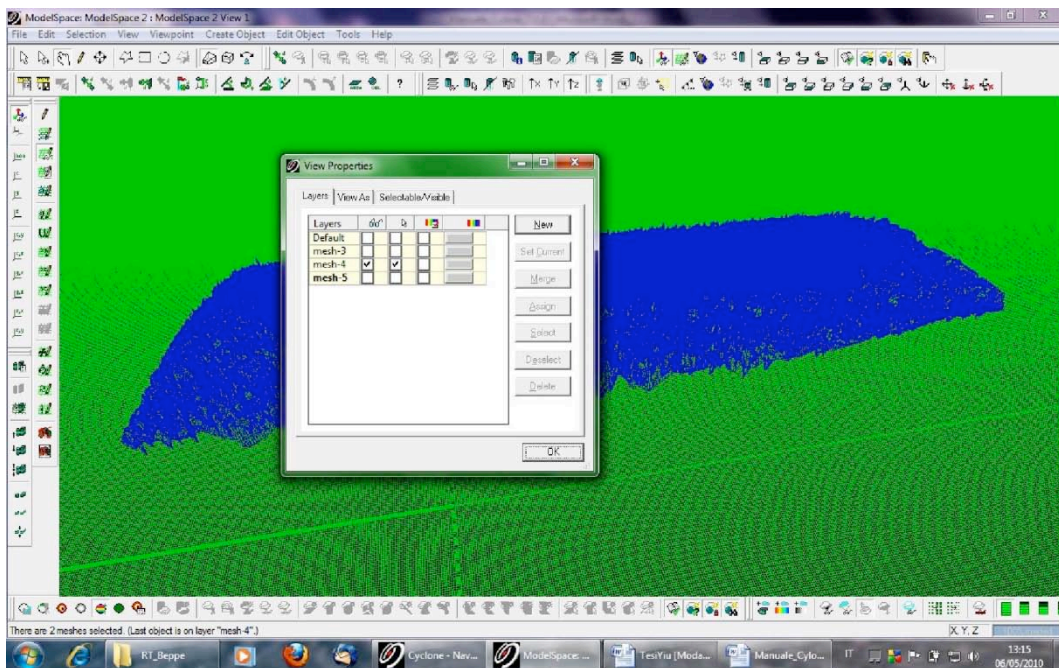


Figura 43. Finestra di gestione dei layer grafici all'interno del pacchetto Cyclone 7.0.2.

Infine, è possibile effettuare una visualizzazione della *mesh* creata accedendo ai layer grafici con un click del mouse sull'apposita icona (Fig. 44). Dopo la selezione del layer da esplorare si può attivare la procedura illustrata in Fig. 45: *Wiew As – Apply to Mesh – Wireframe* e per rendere esecutivo il comando selezionare *Apply* in basso nella finestra.

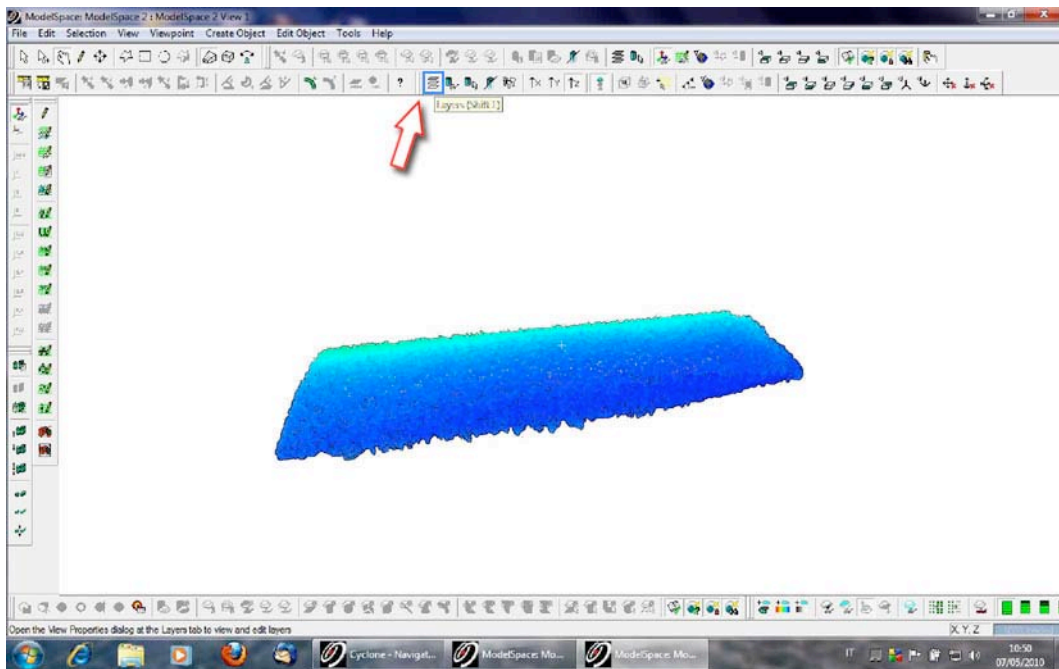


Figura 44. Attivazione dei layer grafici.

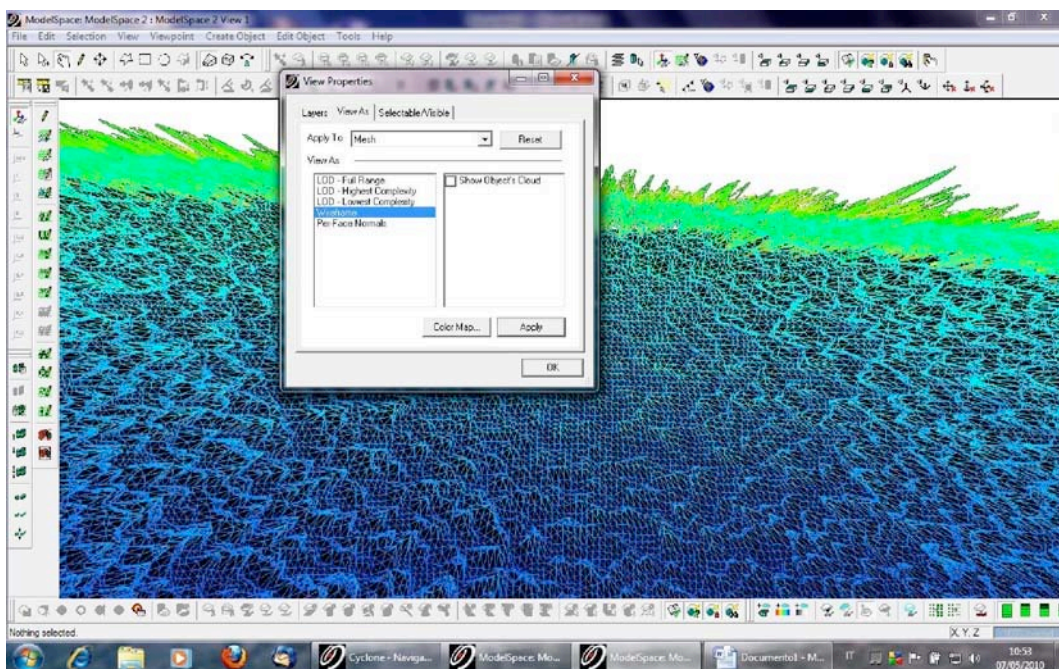


Figura 45. Visualizzazione della *mesh* creata su piano di riferimento Y-Z su grigliato regolare a maglia quadrata.

Conclusioni

In questo lavoro vengono descritte alcune linee guida finalizzate al trattamento del dato acquisito con tecnologia Laser a Scansione Terrestre (TLS). Lo strumento utilizzato è l'Optec ILRIS-3D, tuttavia esse sono riferibili a dati Laser Scanner acquisiti anche con altri standard.

Il software utilizzato è il pacchetto *Leica Cyclone* versione 7.0.2 di proprietà della Leica Geosystems S.p.A., in particolare, si sono illustrate alcune procedure per operazioni di registrazione e di geo-

referenziazione di nuvole di punti relative a più punti stazione, utilizzando dati tipici di rilievi ottenuti con la tecnologia TLS. Sono state inoltre illustrate le procedure per la creazione di TIN e di DEM partendo dalle nuvole di punti stesse. Questo rapporto è stato concepito come punto di partenza per l'utilizzo del software *Cyclone* per procedere all'elaborazione dei dati di rilievi TLS ed è rivolto a tutti gli utenti, anche non esperti che vogliono accostarsi alle problematiche fin qui espresse.

Ringraziamenti

Si ringrazia la Leica Geosystems Italia S.p.A. divisione Laser Scanner per il supporto tecnico fornito nella gestione strumentale e del software *Cyclone*.

Piccolo Glossario

DEM Digital Elevation Model. Esso rappresenta la modellazione digitale di una porzione di territorio oggetto di studio, nella quale ad ogni punto è associata l'informazione sulla sua quota. Questa rappresentazione digitale si ottiene mediante procedure di triangolazione (TIN) e interpolazione di dati informativi provenienti sia da nuvole di punti che da curve di livello e quote. Il modello del territorio è il punto di partenza per lo studio approfondito di fenomeni geologici come ad esempio frane o subsidenza.

Meshing È il procedimento automatico che produce una *mesh* poligonale, ossia una collezione di vertici, spigoli e facce che definiscono la forma di un oggetto poliedrico nella modellazione solida e nella computer grafica 3D. Le facce consistono solitamente di triangoli, quadrilateri od altri semplici poligoni convessi, ma possono essere composti anche da poligoni concavi più generici.

Target È un oggetto facilmente identificabile con dimensioni, colore, riflettanza ben riconoscibili. I *target* sono collocati sul territorio oggetto di studio e in fase di unione dei dati grezzi (nuvole dei punti) sono utili come riferimento nelle rototraslazioni e rendono più accurata la rilevazione, assicurando la ricorrenza minima di errori.

TIN Triangulated Irregular Network. È un modello matematico che si avvale di superfici triangolari (intese come punti con coordinate x , y e z e segmenti di congiunzione tra di essi) per la rappresentazione di una superficie e di un volume. Costituisce un punto di partenza per arrivare al DEM.

Riferimenti Bibliografici

- Bu, L.J. and Zhang, Z.P., (2008). Application of Point Clouds from Terrestrial 3D Laser Scanner for Deformation Measurements, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, vol. XXXVI, part. B5, Beijing 2008, 545-548.
- Casula, G., Mora, P. and Bianchi, M.G., (2010). Detection of Terrain Morphologic Features Using GPS, TLS, and Land Surveys: The "Tana della Volpe" Blind Valley Case Study. *ASCE Journal of Surveying Engineering*, 15 December 2009; DOI: 10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000022.
- Coppa, U., Guarnieri, A., Pirotti, F. e Vettore, A., (2008). Integrazione di tecniche di rilevamento per il controllo di stabilità di una struttura storica, in Atti Convegno SIFET (Società Italiana di Fotogrammetria e telerilevamento), 18-20 giugno 2008, Sorrento.
- Pesci, A., Casula, G., Loddo, F., Bianchi, M.G. e Teza, G., (2009). OPTECH™ ILRIS-3D TERRESTRIAL LASER SCANNER: SHORT USER GUIDE. INGV Rapporto Tecnico n. 109, 20pp.
- HDS Scanning and Cyclone Training Manual, (2004). Leica Geosystems HDS Inc. San Ramon California. November 2004. Pag. 1-327.
- Heritage, G.L. and Large, A.R.G., (2009). Laser Scanning for the environmental sciences, George L. Heritage and Andrew R.G. Large Editors, John Wiley and Sons, Ltd., Publication. 273 pp.

Coordinamento editoriale e impaginazione

Centro Editoriale Nazionale | INGV

Progetto grafico e redazionale

Laboratorio Grafica e Immagini | INGV Roma

© 2010 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

<http://www.ingv.it>



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia