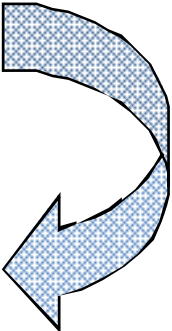


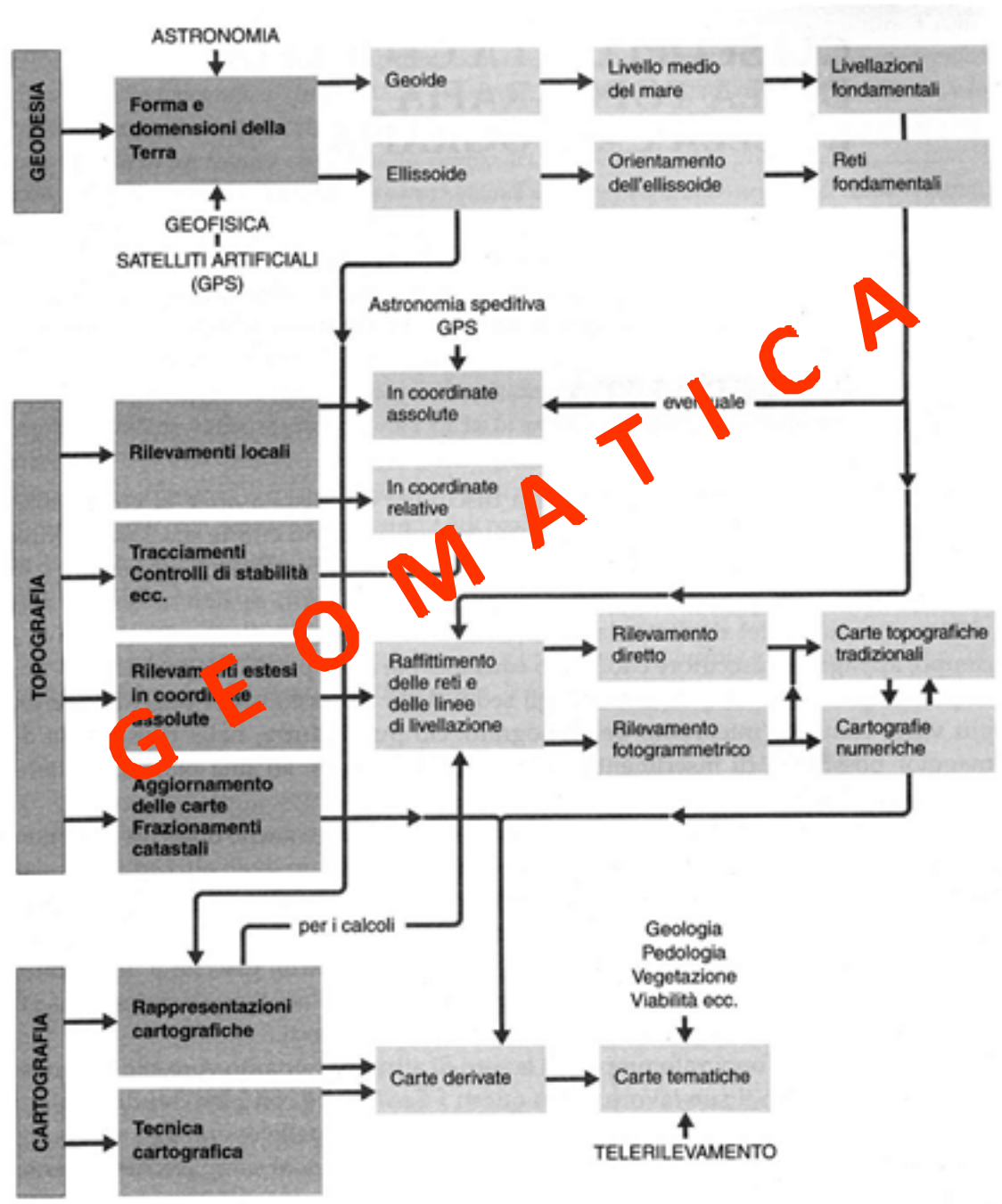
Il rilievo 3D dei Beni Culturali: principi operativi e moderne tecniche

Cristiana Achille

TECNICHE di RILEVAMENTO

- Geodesia
 - Topografia
 - Cartografia
 - Fotogrammetria
- 

Formano il complesso delle discipline che hanno il comune scopo della **conoscenza** e della **rappresentazione** della Terra, dal suo complesso più vasto al suo più piccolo particolare



Il rilievo 3D dei Beni Culturali



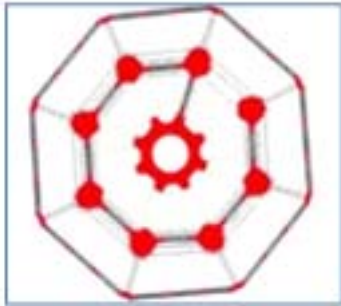
- **Speditivo**
- **Dettagliato**
- **Non troppo costoso**
- **Ripetibile.**



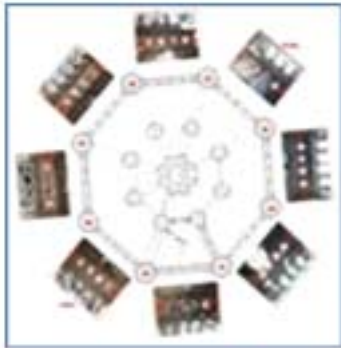
- Metodologie di rilievo 3D
- Casi studio
- Conclusioni



Il rilievo 3D dei Beni Culturali: principi operativi e moderne tecniche



Pianta a quota 98 metri

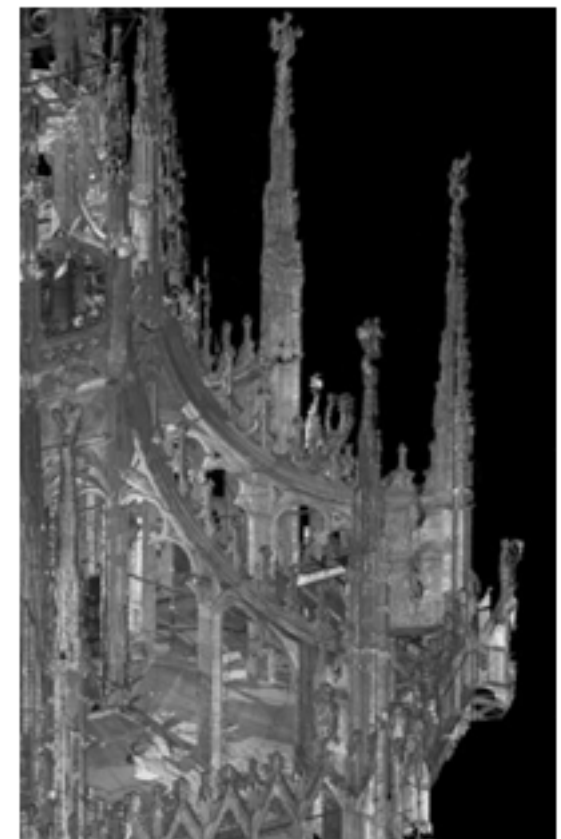
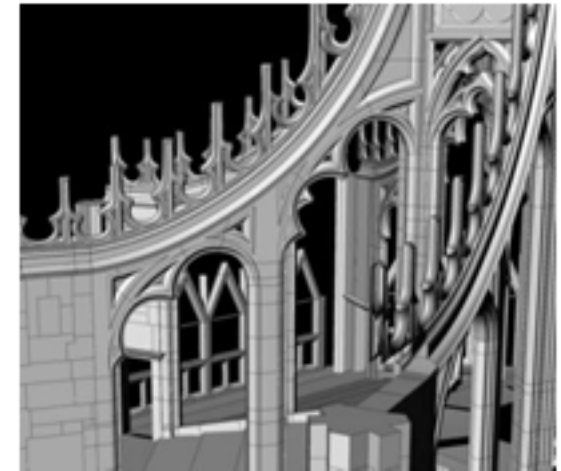
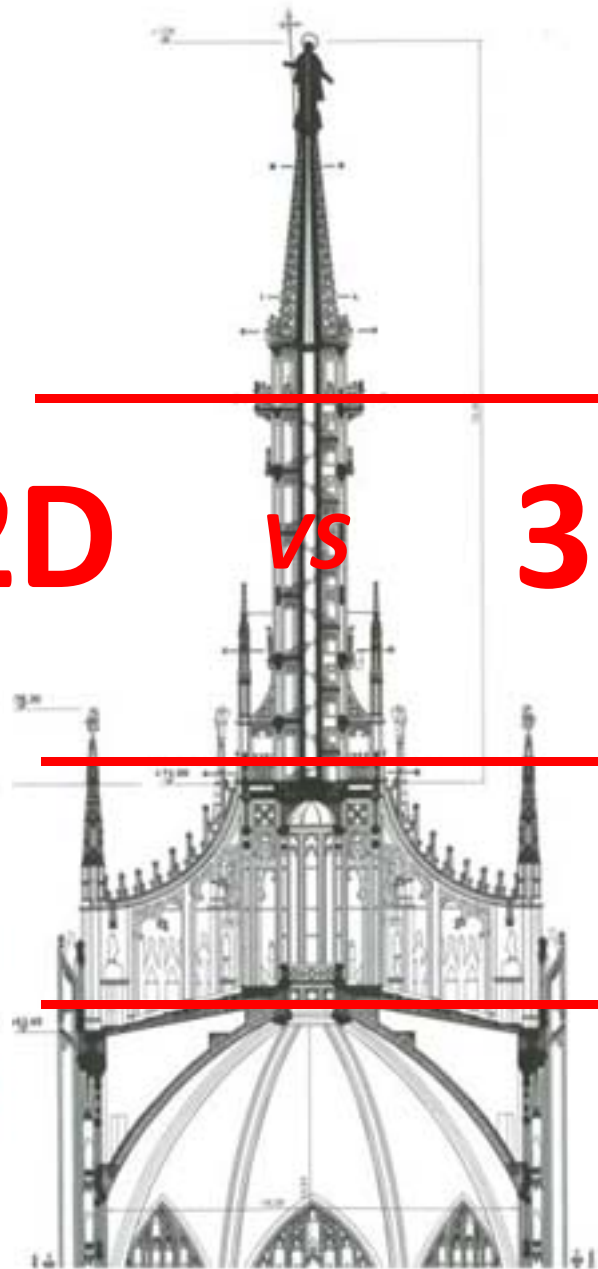


Pianta a quota 75 metri

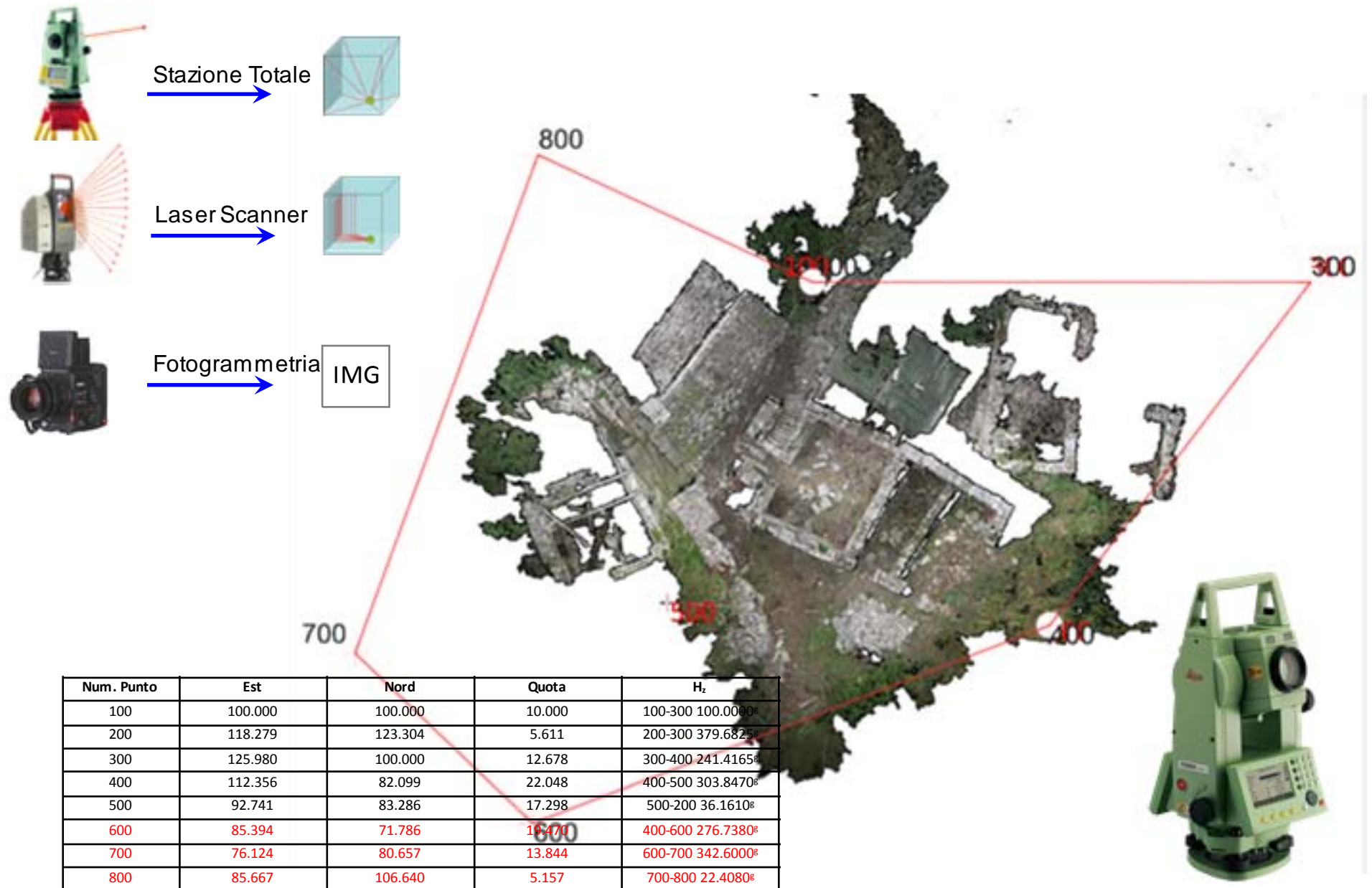


Pianta a quota 65 metri

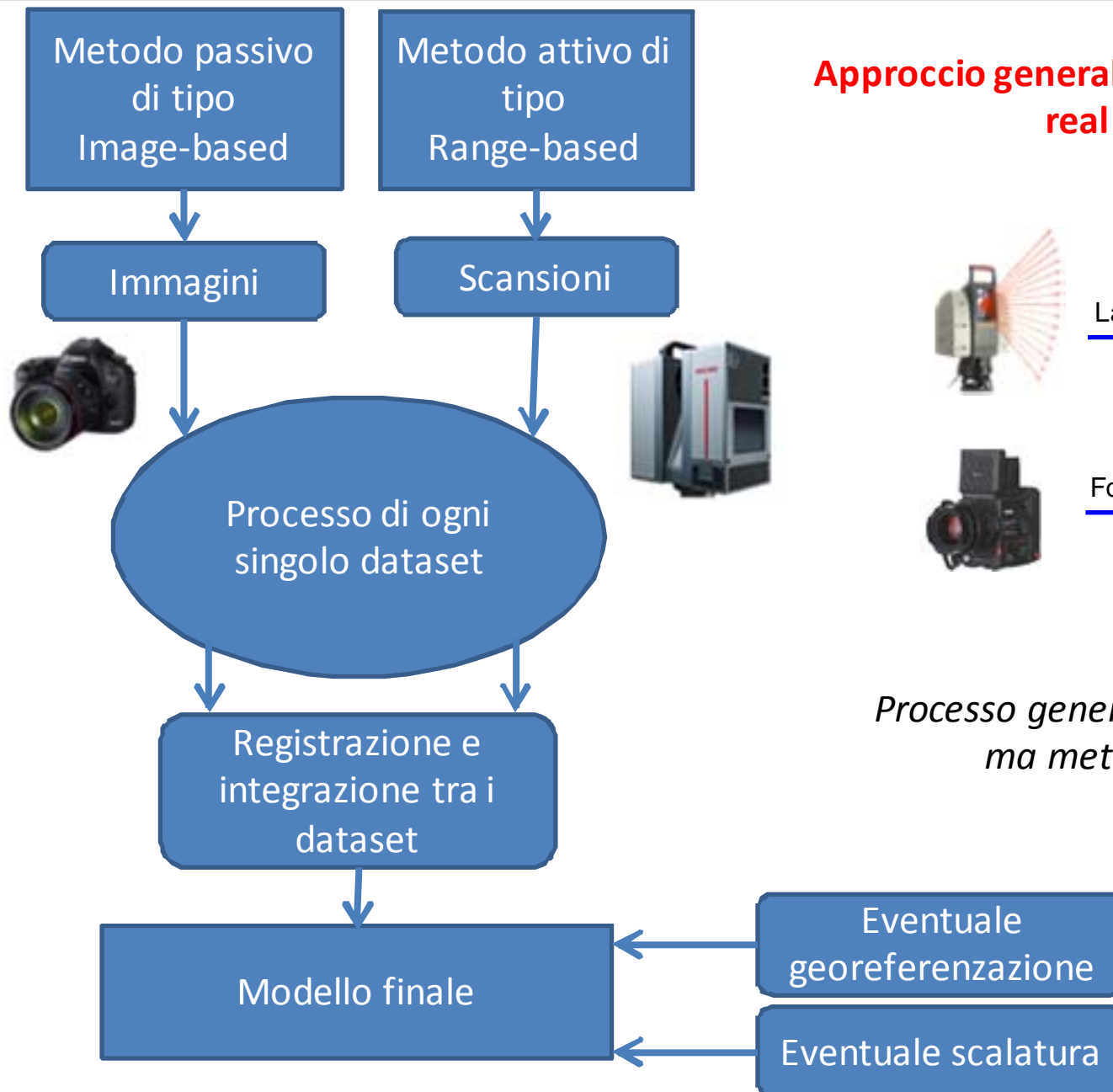
2D vs 3D



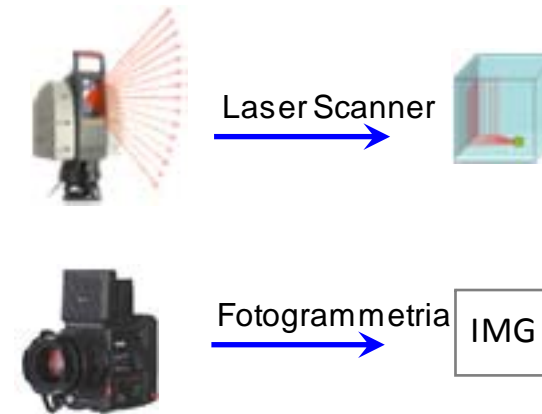
● Metodologie di rilievo 3D



● Metodologie di rilievo 3D



Approccio generale della modellazione real based.



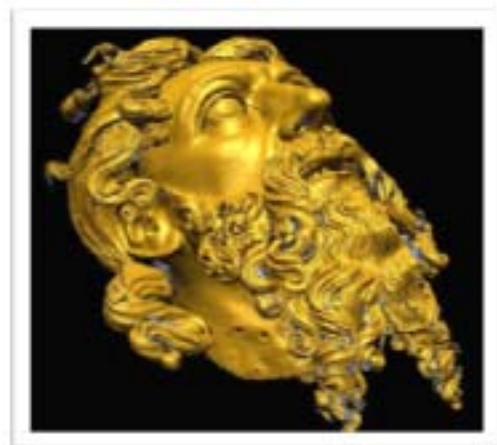
Processo generale teorico molto simile ma metodologie diverse.

- Metodologie di rilievo 3D

Il rilievo 3D dei Beni Culturali



- Oggetti con dimensioni variabili (da piccole o medie a estese)
- Oggetti normalmente complessi: decorati o estremamente decorati presenza di sottosquadri, oggetti a tutto tondo.
- Oggetti con superfici che presentano spesso difficoltà intrinseca di acquisizione.
- Oggetti non maneggiabili, non spostabili, a volte difficilmente raggiungibili





Risolve
il problema del **rilievo estensivo** e/o **speditivo (ma accurato!!!)**
velocizzando notevolmente i tempi di acquisizione e permettendo il rilievo di oggetti
difficilmente rilevabili con altre metodologie.

Il rilievo 3D dei Beni Culturali



- ***Speditivo***
- ***Dettagliato***
- ***Non troppo costoso***
- ***Ripetibile.***

Casi studio

Caso
dell'apparato
decorativo
del Duomo di
Milano.

Caso dei
ritrovamenti
archeologici venuti
alla luce durante gli
scavi della
Metropolitana di
Napoli

Formazione:
Le summer school
del Politecnico di
Milano

L'apparato decorativo e strutturale del Duomo di Milano

Progetto di ricerca: Rilievo tridimensionale della Grande Guglia del Duomo di Milano

**Obiettivo:
Modello 3D real based**

Base a supporto dei lavori di restauro

Base per lo smontaggio e il rimontaggio dei conci di marmo

Base per simulazioni statiche e dinamiche della struttura

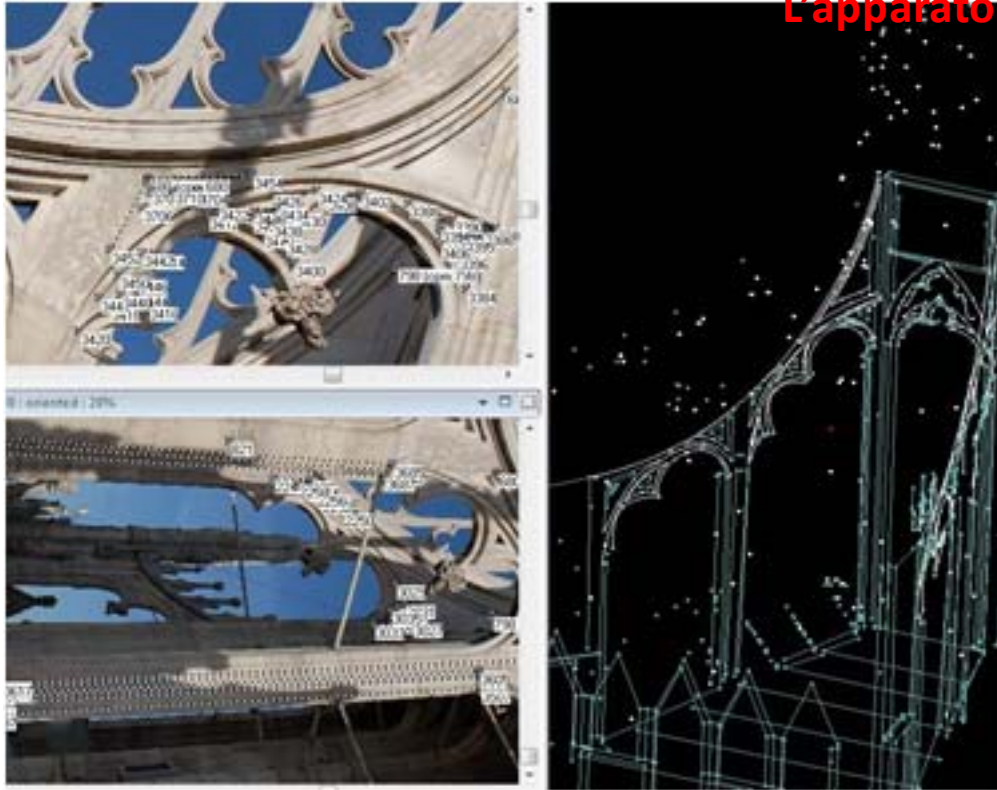
Catalogo (3D e fotografico) di tutti i "pezzi"

Estrazione automatica di sezioni, profili, piante

Visualizzazione per l'utilizzo museale, diffusione, valorizzazione...



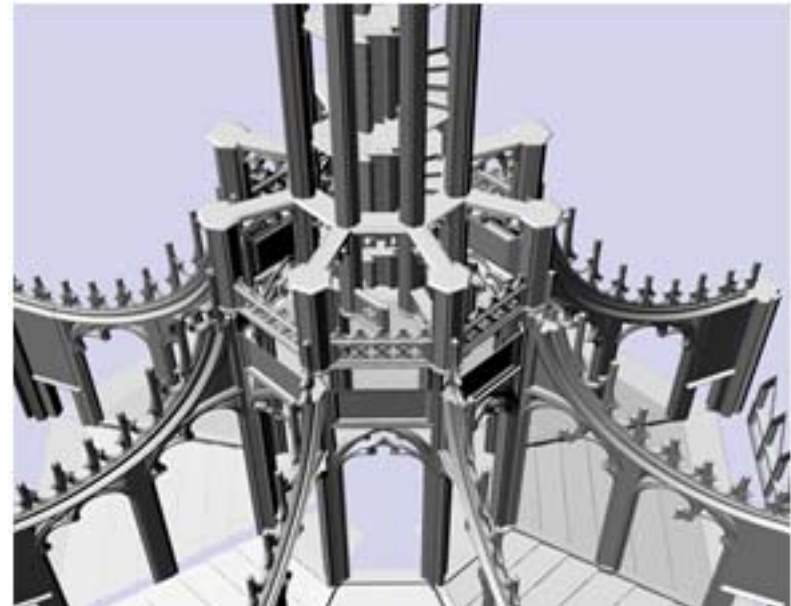
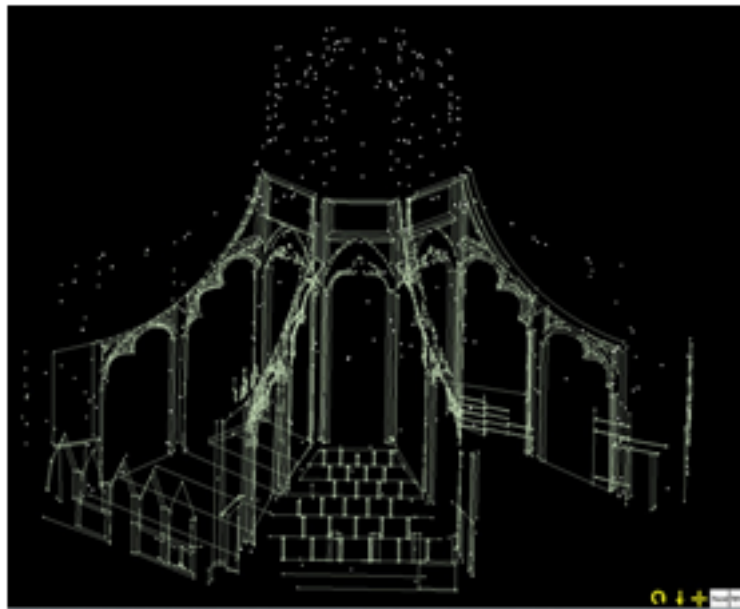
L'apparato decorativo e strutturale del Duomo di Milano



...da fare manualmente!!!

Obiettivo:
Modello 3D real based

Obiettivo: completezza del modello generale



Restituzione di piccole decorazioni



Obiettivo: completezza del modello generale

Per poter completare ogni singolo modello sono necessari circa 60/70 foto ad oggetto.

Impossibile da fare manualmente!!!
Impensabile da fare con metodi range based!!



80 elementi!!



Image based approach

Tempo di acquisizione 1h

Foto = 236
Punti (nuvola pulita) = 920.000
Tempo di elaborazione: 10h

Foto = 79
Punti = 9.138.000
Facce = 18.270.000
Tempo di elaborazione: 5h



Laser

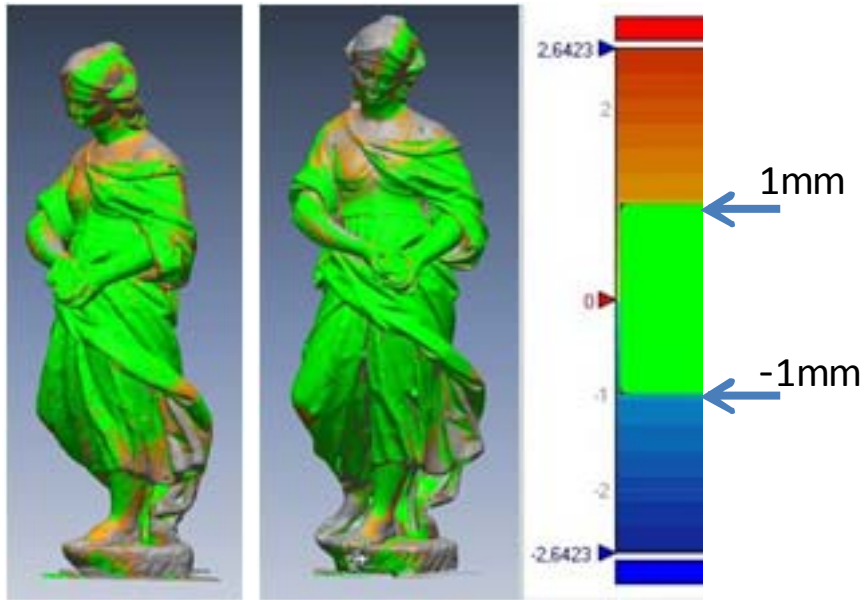
Tempo di acquisizione circa 25 ore

Minolta Range 7

Scansioni = 178
Punti modello grezzo = circa 200 milioni
Punti modello post elaborato = 17.208.000
Tempo di elaborazione: 4h



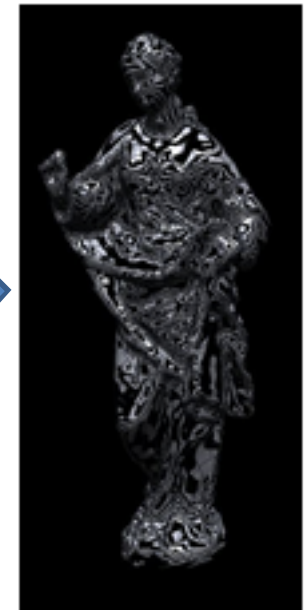
Statue



Points



Mesh



Nurbs



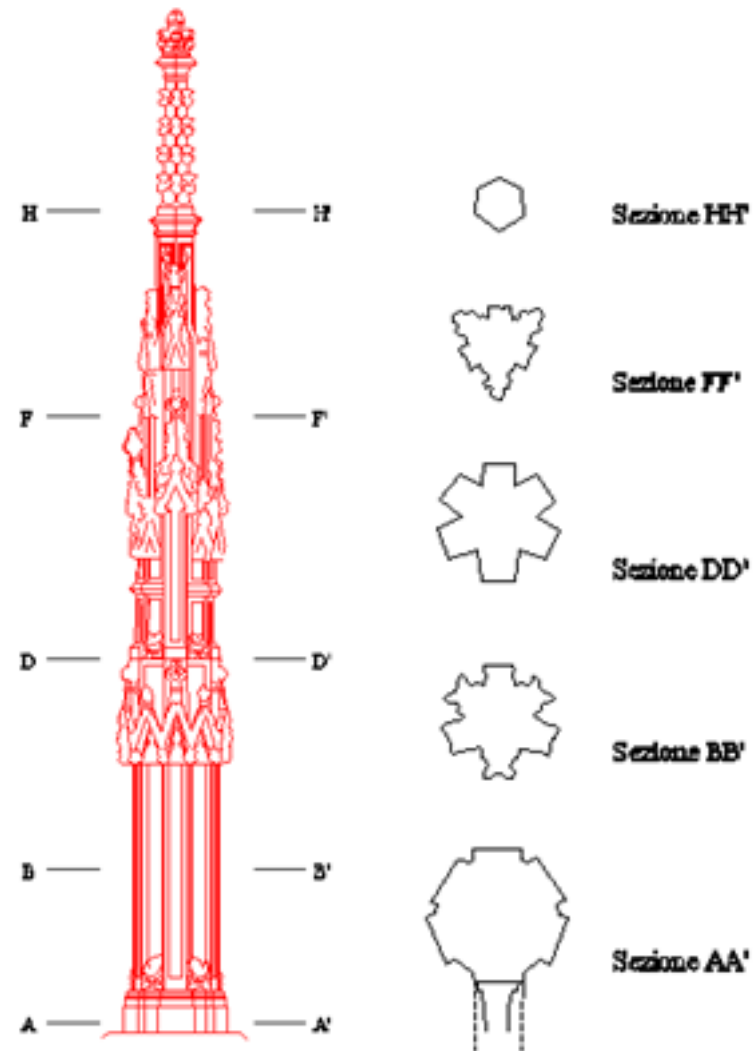
Elementi molto complessi e di grandi dimensioni



Integrazione di due approcci fotogrammetrici diversi:

- *restituzione fotogrammetrica delle parti più lineari*
- *modellazione automatica dei decori.*

GUGLIA GD

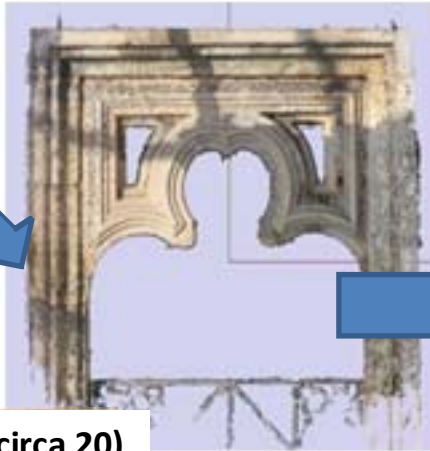


Circa 100-120 immagini per ogni parte= 700 immagini per ogni singola guglia (h=6,07m)

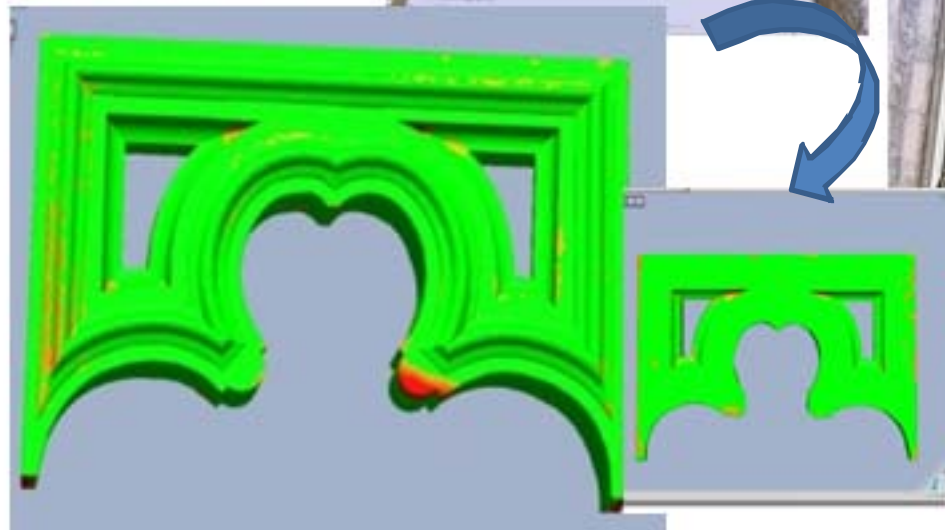
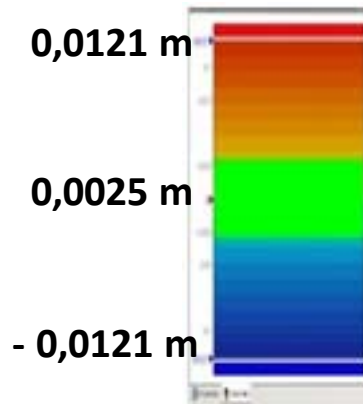
Elementi strutturali da ricostruire

2) Nuvola di punti
Fotogrammetria
Estratta da circa 15 foto

1) Foto dell'elemento (circa 20)



3) Modello 3D in
scala 1:1



4) Confronto numerico e geometrico tra il modello 3D e la nuvola di punti

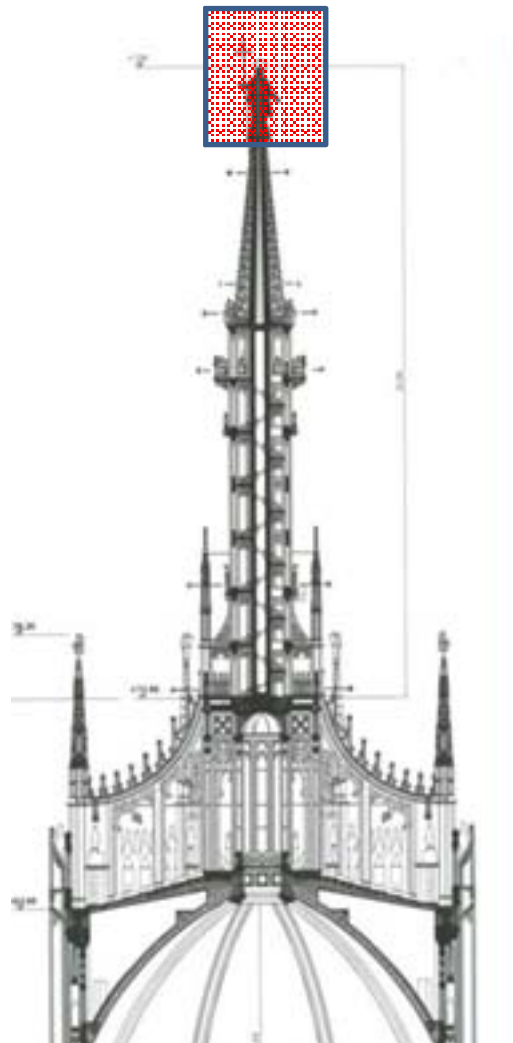
La Madonnina del Duomo di Milano

Statua in rame sbalzato (34 lastre) e dorato alta circa 4,58 metri

Posta a 104 metri di altezza

Presenza temporanea di un ponteggio con piano di calpestio all'incirca alla base della statua

Breve tempo a disposizione per le acquisizioni



Ponteggio con vibrazioni dovuti ai lavori nei piani sottostanti

Vento

“Oggetto” estremamente grande per scansioni con triangolatore o simili.

Impossibile utilizzare scanner terrestri tipo (TOF)



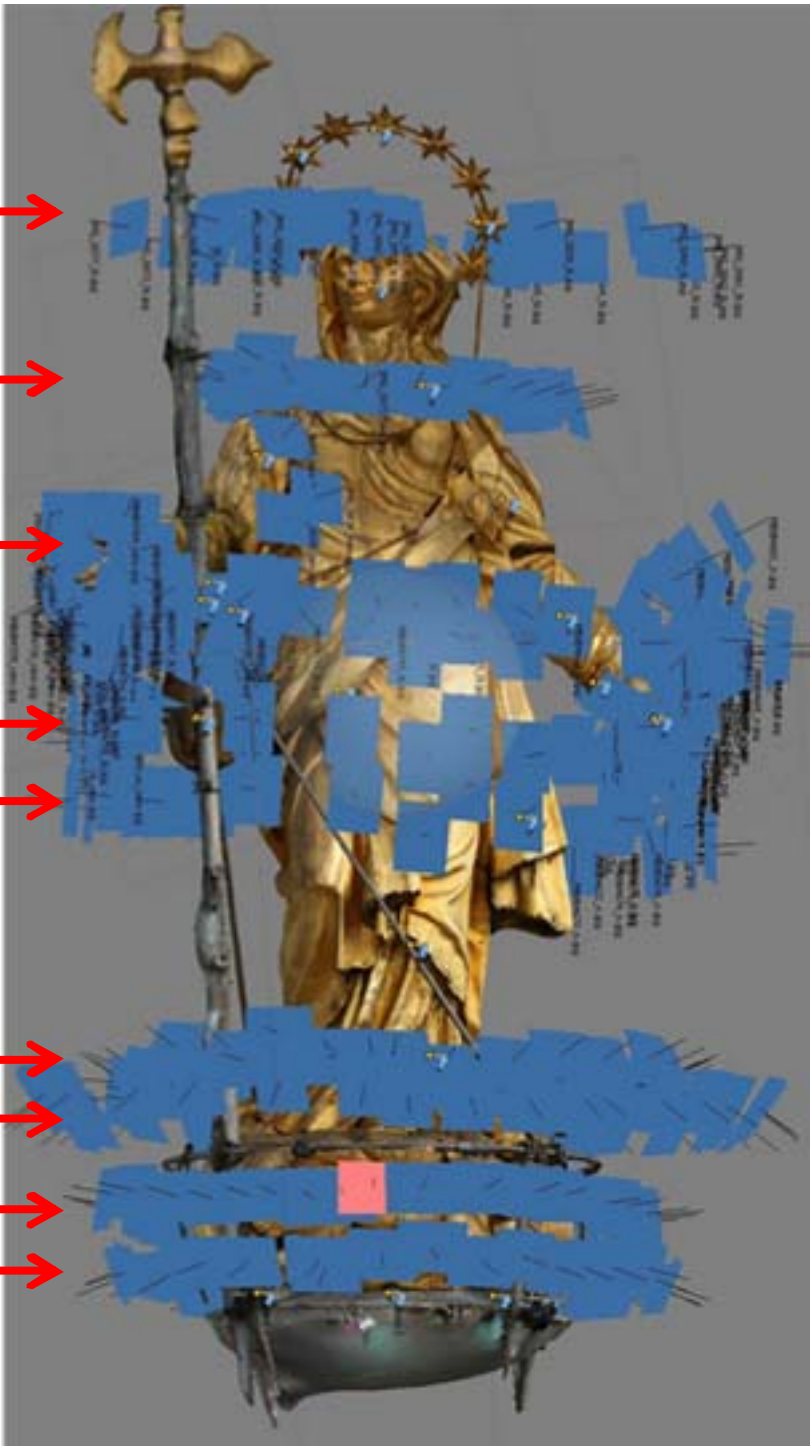
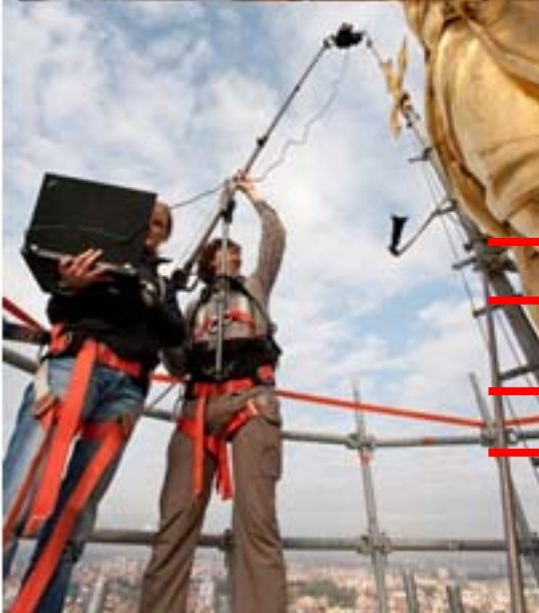
Approccio Image Based

Superficie lucida e dorata: presenza di notevoli riflessioni

Esposta alla luce del sole



- 458 foto (5760 x 3840)
- 11 blocchi fotogrammetrici



I ritrovamenti archeologici: gli scavi della Metropolitana di Napoli

Dimensione area: 700 m² Edificio termale **(A)**

1360 m² fondale **(B)**

Richieste:

Ortofoto dell'edificio termale

Ortofoto di ogni muro

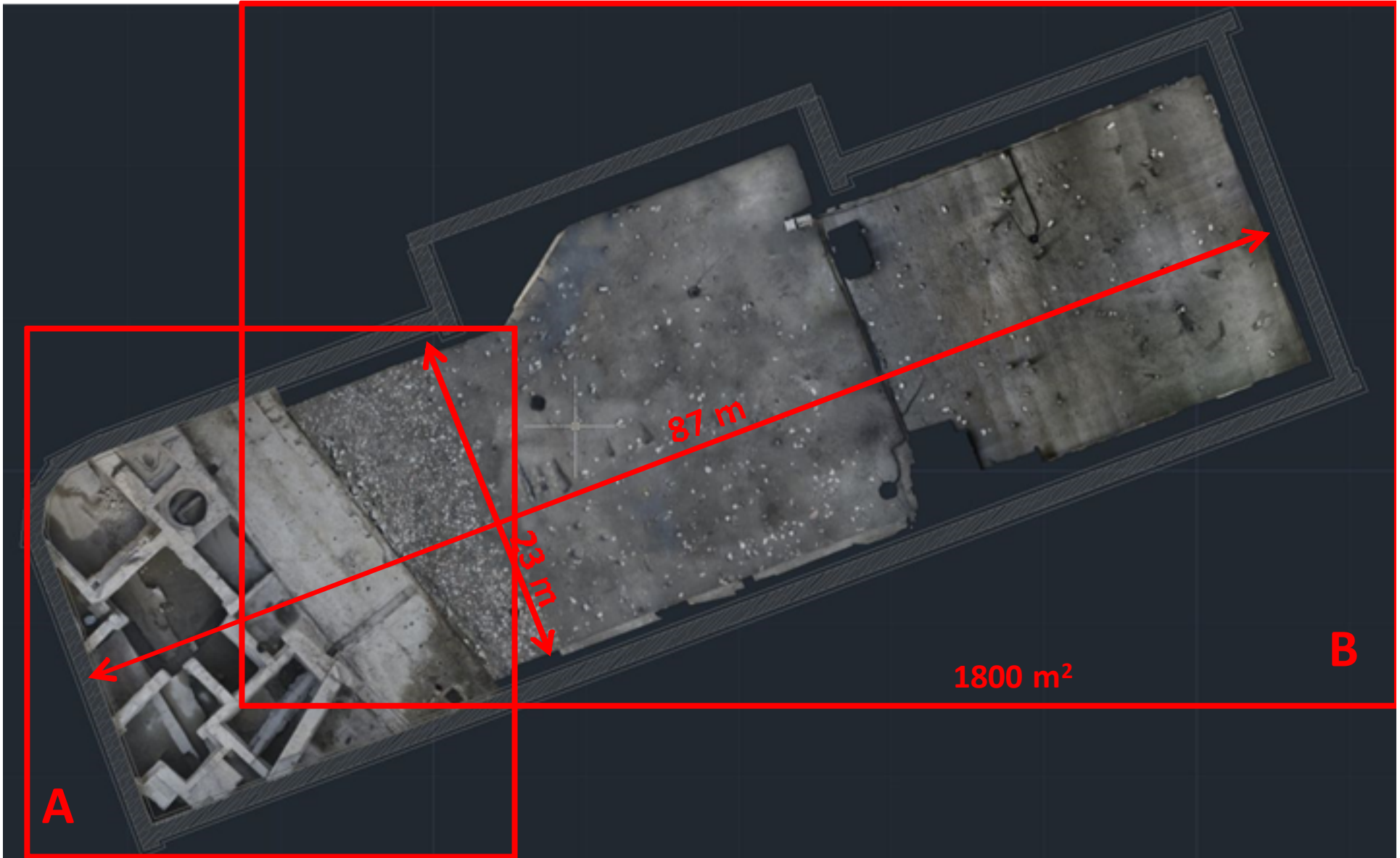
Modello 3D dell'edificio termale

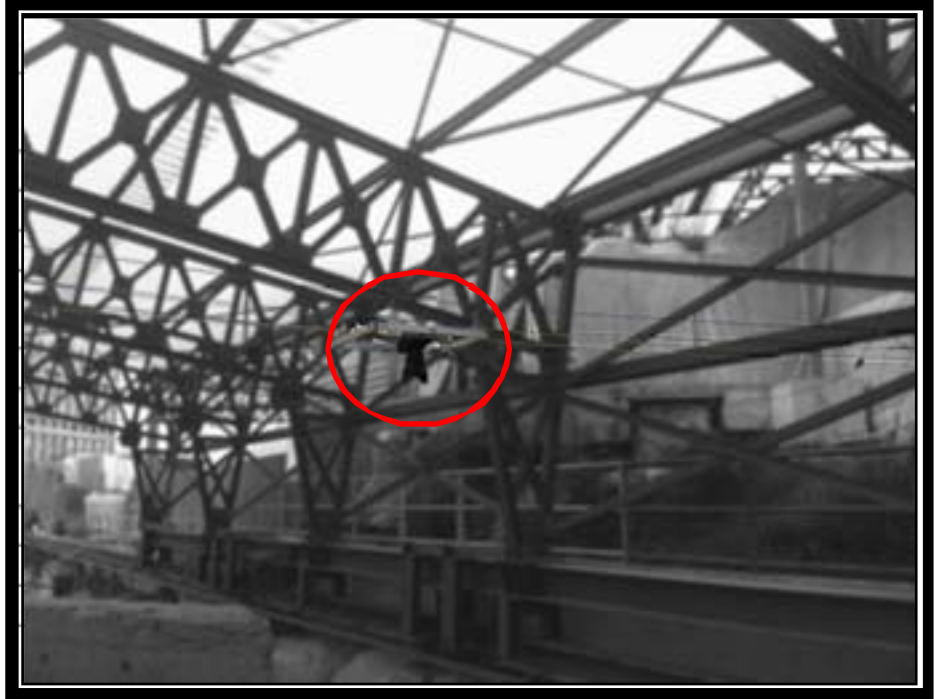
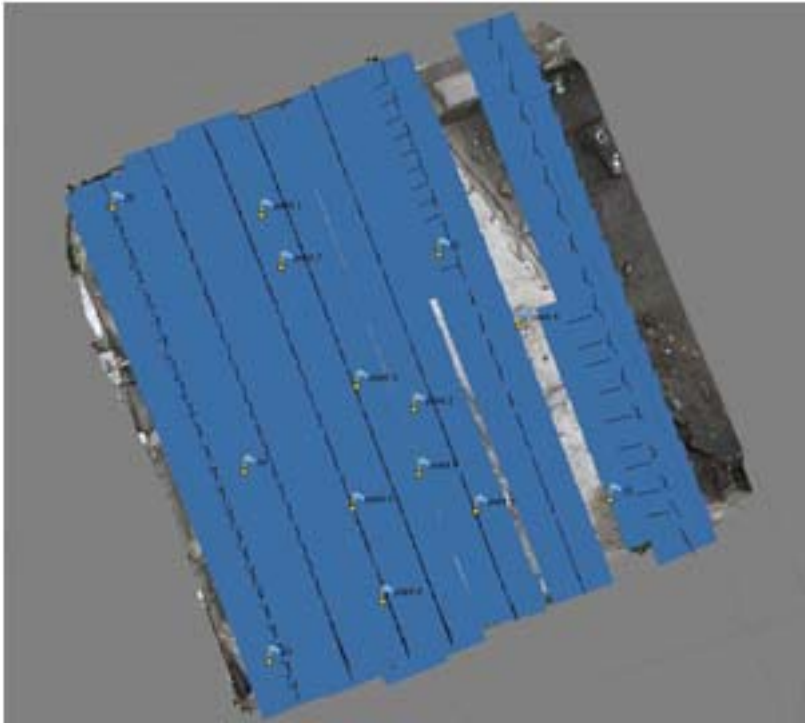
Modello 3D di ogni singolo muro

DSM di ogni unità stratigrafica

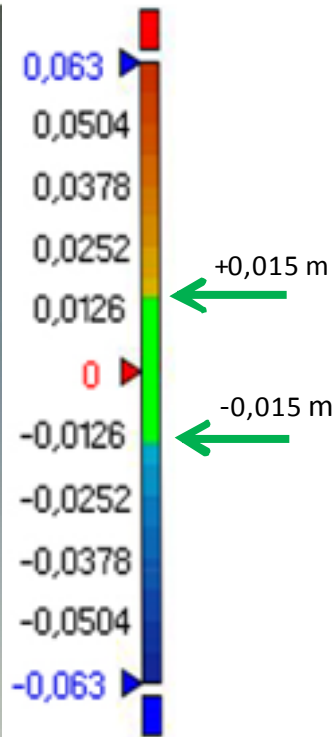
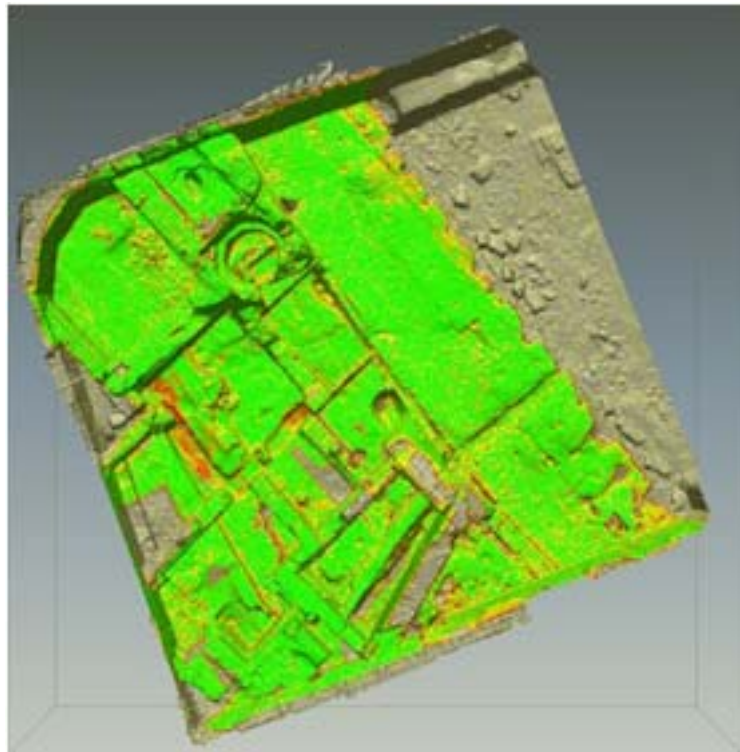
Tempo richiesto per ogni campagna (max 150 m²): max 2 giorni (rilievo ed elaborazione)



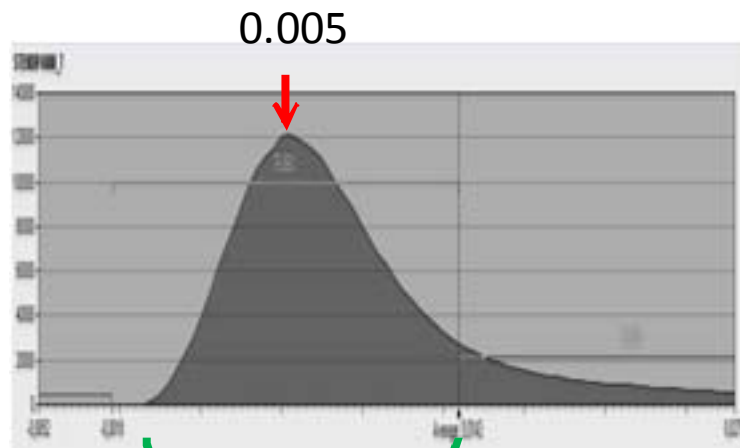
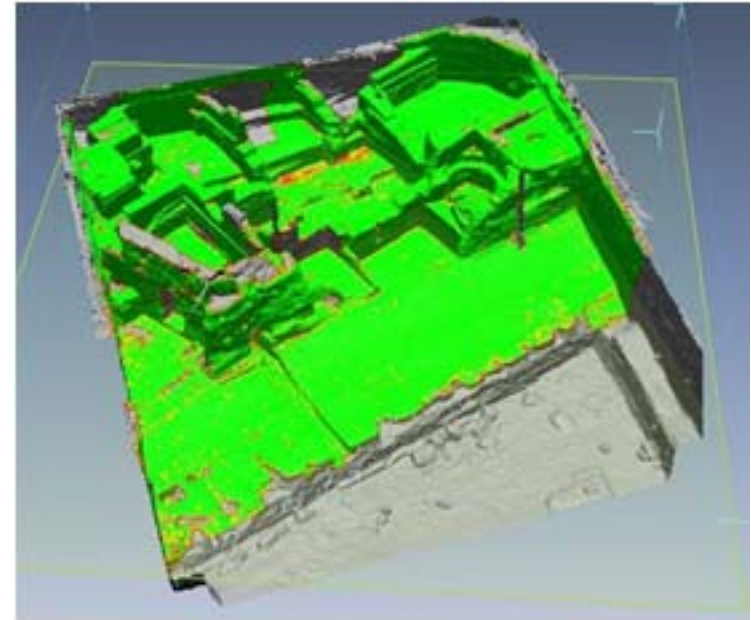








- Il test è stato condotto in due modi:*
- Senza nessuna informazione aggiuntiva e intervento esterno
 - Aggiungendo 25 GCP



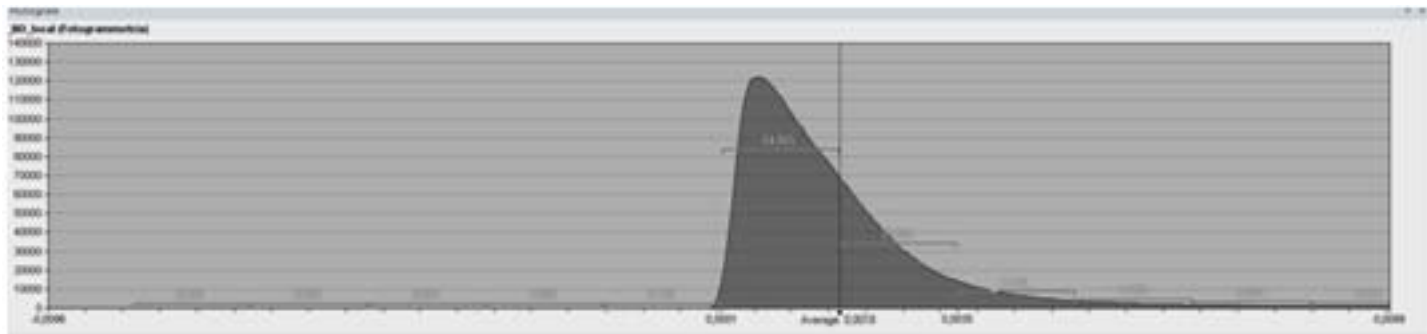
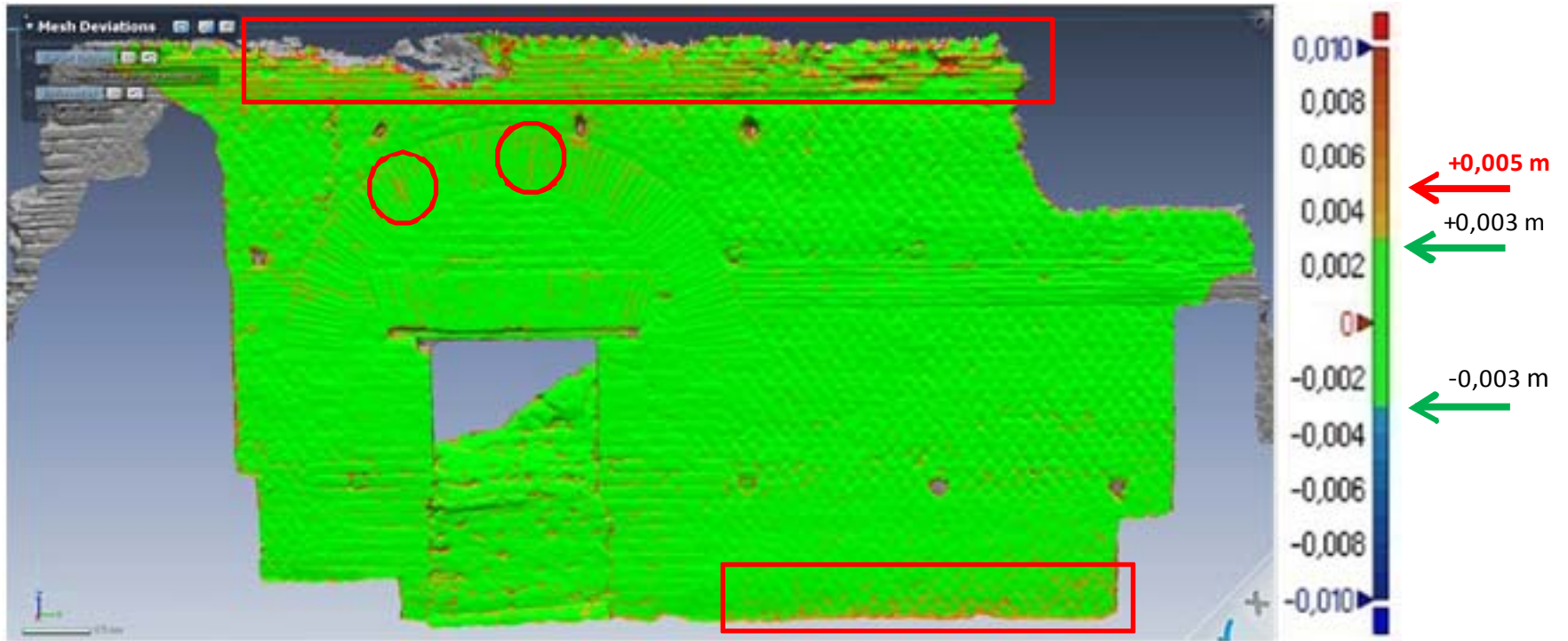
85% < 0.015 m

Le differenze più alte sono dovute a :

- i) La mancanza di dato laser
- ii) Piccoli avanzamenti nello scavo tra i due rilievi.

15 mm di differenza sono dovuti a

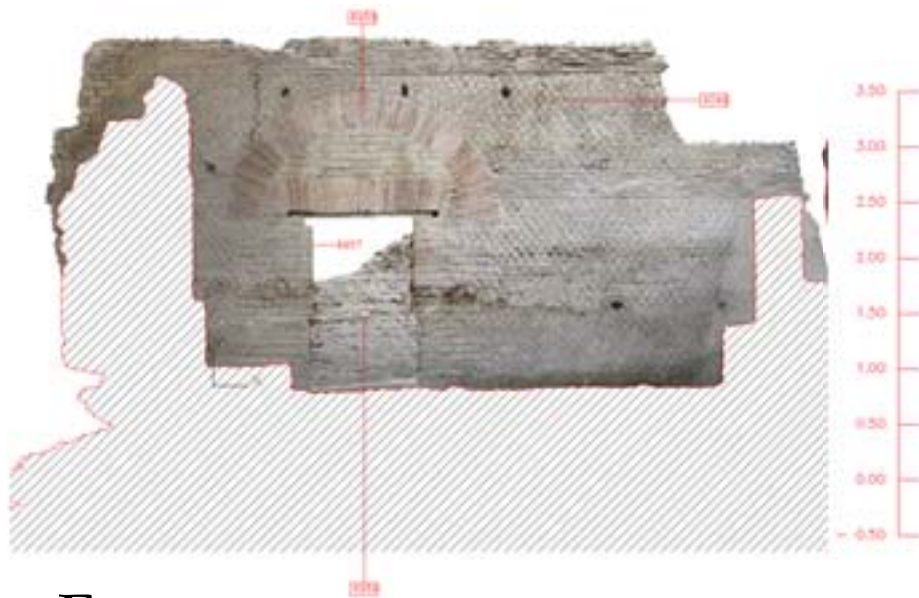
- i) La scelta di creare il modello a bassa risoluzione modalità sicuramente sufficiente per il fine ultimo di produrre l'ortofoto.)



95% < 0.003 m



MODELLO CON TEXTURE



ELABORATO GRAFICO



PROSPETTO 3151_NO
21/02/2013

Casi studio

Caso dell'apparato decorativo del Duomo di Milano.

Caso dei ritrovamenti archeologici venuti alla luce durante gli scavi della Metropolitana di Napoli

Formazione:
Le summer school del Politecnico di Milano

CONOSCERE PER CONSERVARE NEMI 2010-2011-2012-2013-2014

Direttori: Nora Lombardini – Cristiana Achille

**Progetti per le aree archeologiche Rilievo 3D,
Diagnosi, Progetto *L'area archeologica del
tempio di Diana – Nemi***



LABORATORIO DEI LUOGHI 2012-2013-2014

Direttori: Francesco Fassi – Cristiana Achille – Ken Marquard

**Il complesso di Ghesc. Storia, rilievo,
evoluzione. Summer School: Il rilievo per
i Beni Culturali**

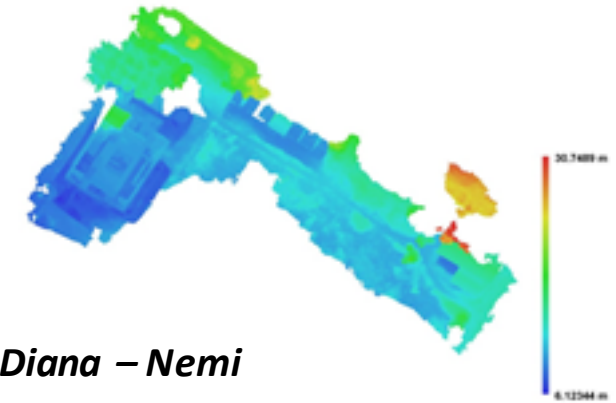


© ASSOCIAZIONE CANOVA

● Metodologie di rilievo 3D: fotogrammetria aerea



Digital Elevation Model



L'area archeologica del tempio di Diana – Nemi

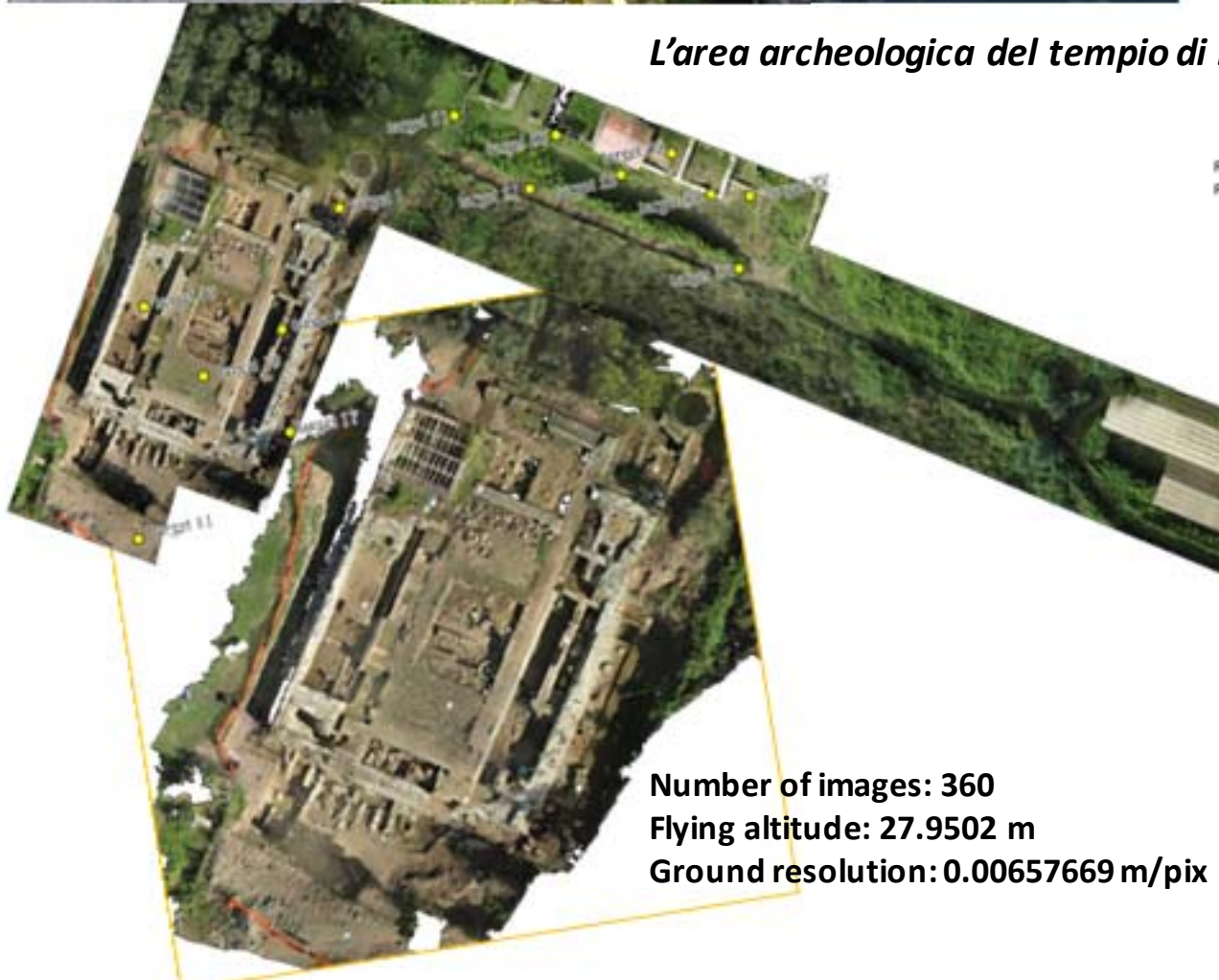
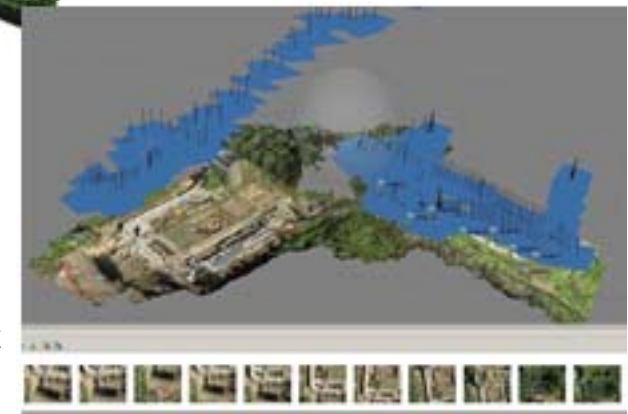


Fig. 3. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 0.0263068 m/pix
Point density: 3106.9 points per sq m

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
target1	-0.000906	0.007551	0.001393	0.007732	28	0.840842
target11	-0.003515	0.007815	-0.003744	0.009352	18	1.524354
target15	0.001864	-0.005719	-0.001185	0.006131	37	0.938870
target17	0.001861	-0.006269	0.003285	0.007350	12	0.696257
target19	0.001048	-0.003403	0.003750	0.005171	36	0.843378
target21	-0.000993	0.001887	0.002226	0.004946	46	1.592816
target23	0.001501	-0.006867	-0.004682	0.008446	48	1.589939
target25	-0.004683	-0.002432	0.016489	0.017313	41	2.195911
target27	0.004246	0.008987	0.002909	0.010251	52	1.097714
target29	-0.004855	-0.004132	-0.001085	0.006467	40	1.308810
target31	0.010369	0.003560	-0.010462	0.015154	33	2.195951
target33	0.001831	0.002090	-0.011085	0.011428	43	0.685263
target35	-0.004225	-0.002279	0.003328	0.005841	17	1.188596
target37	-0.000663	-0.000788	-0.000737	0.001266	21	0.815541
	0.004076	0.006203	0.006506	0.009273	472	1.388432

Number of images: 360
Flying altitude: 27.9502 m
Ground resolution: 0.00657669 m/pix



● Metodologie di rilievo 3D

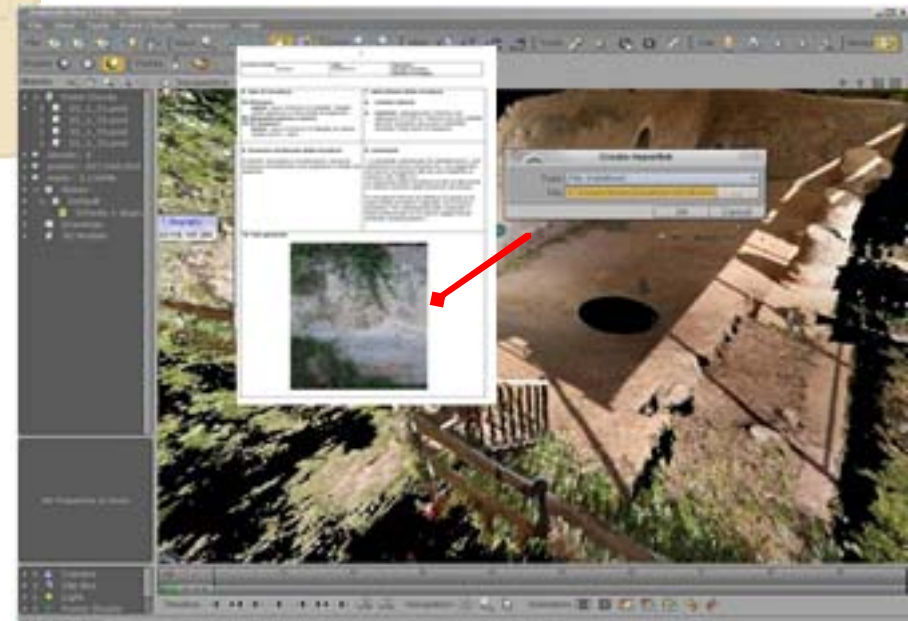
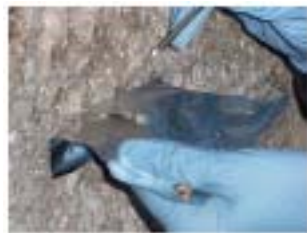
L'area archeologica del tempio di Diana – Nemi

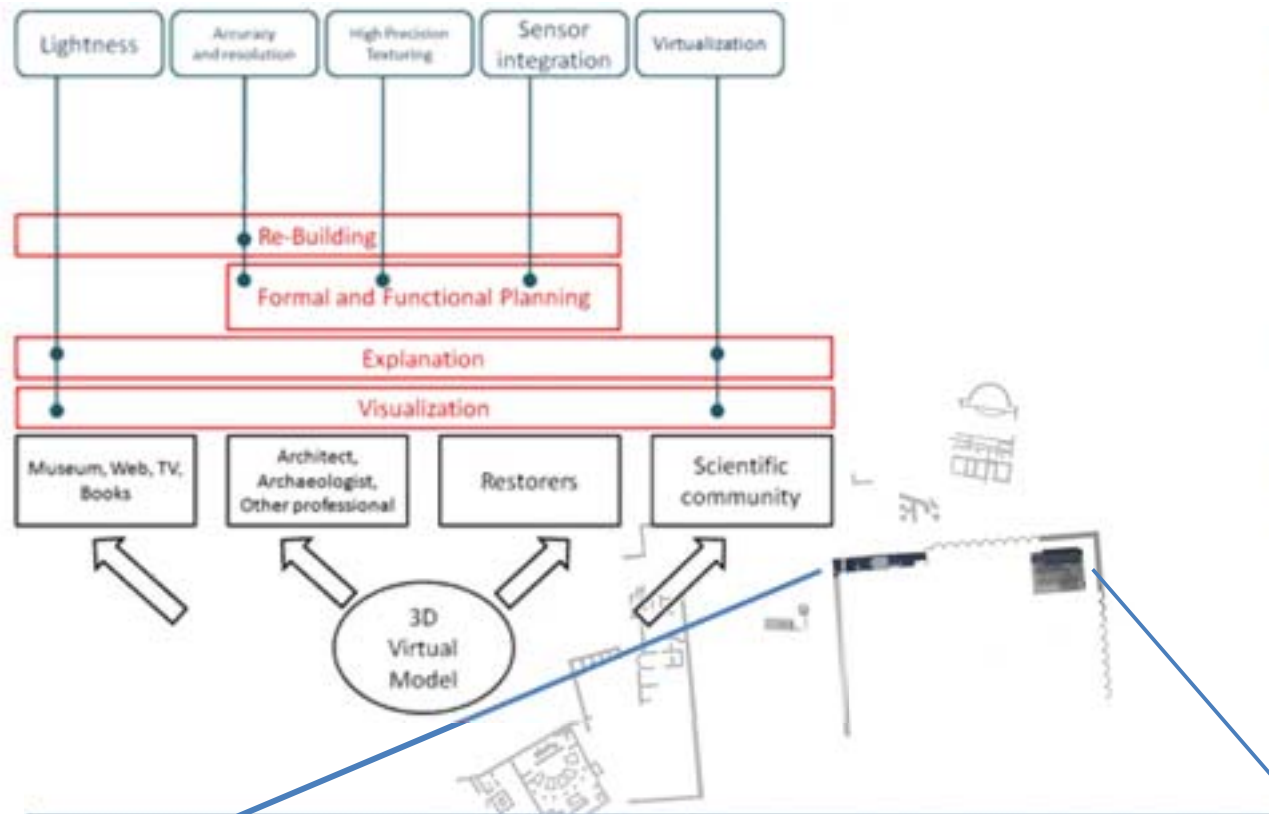


● Metodologie di rilievo 3D: fotogrammetria close range



L'area archeologica del tempio di Diana – Nemi

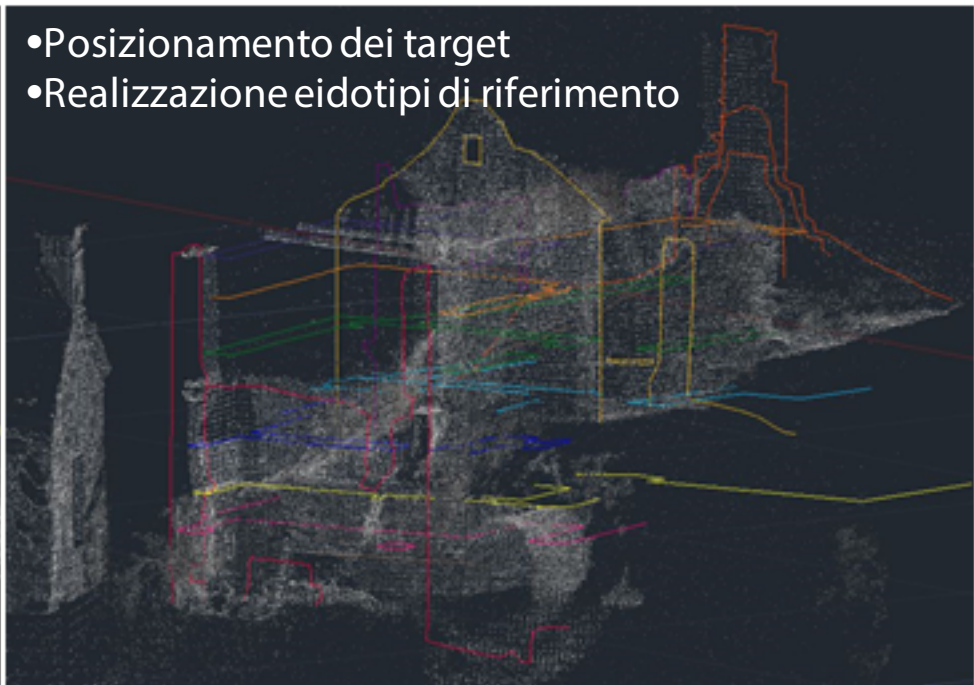
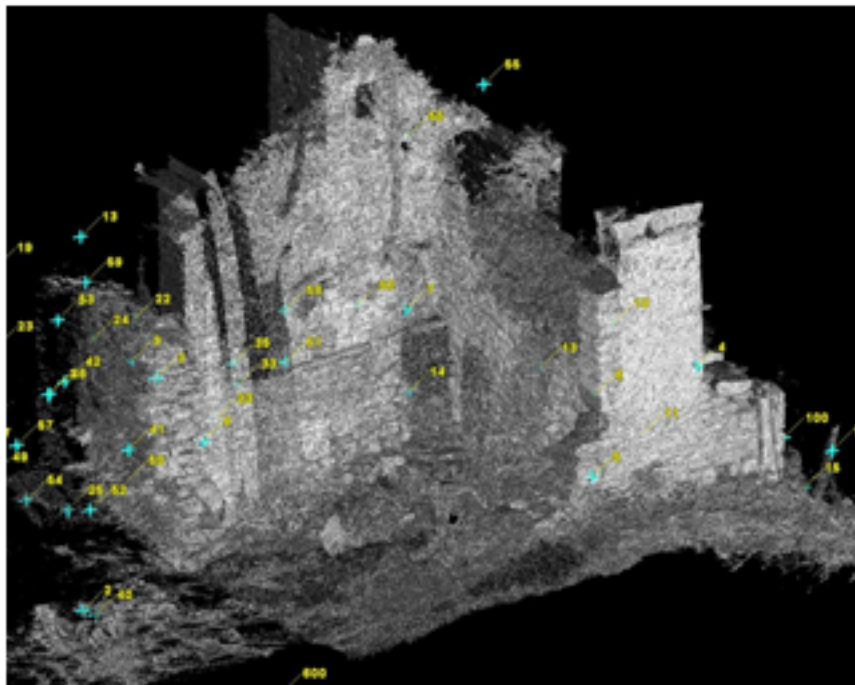




L'area archeologica del tempio di Diana – Nemi

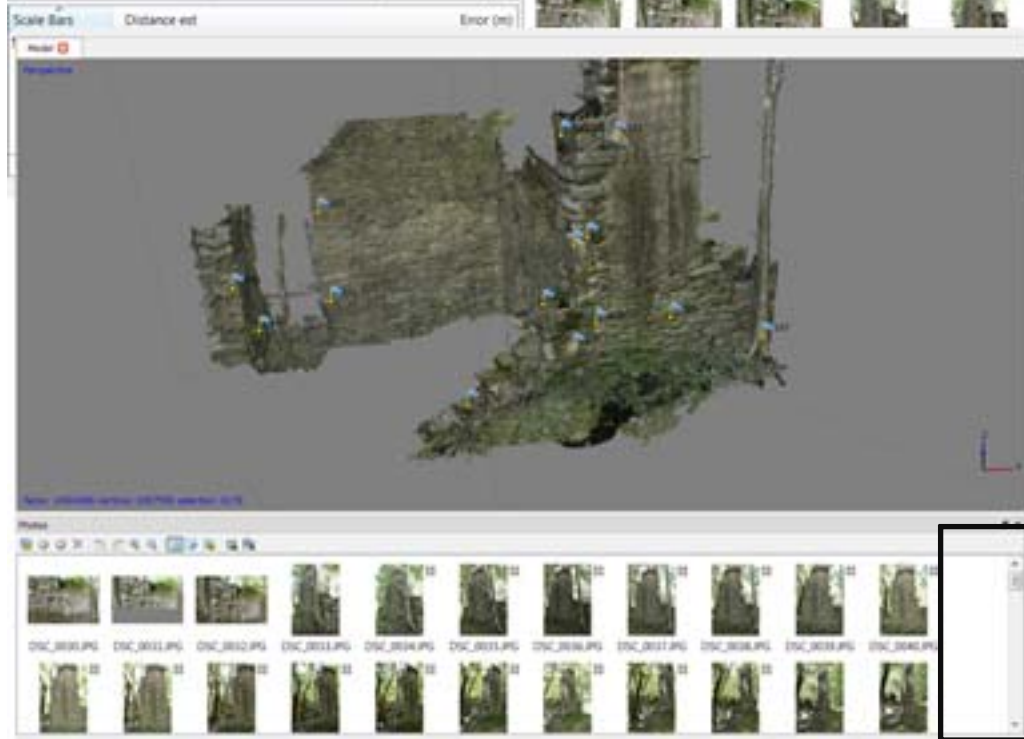
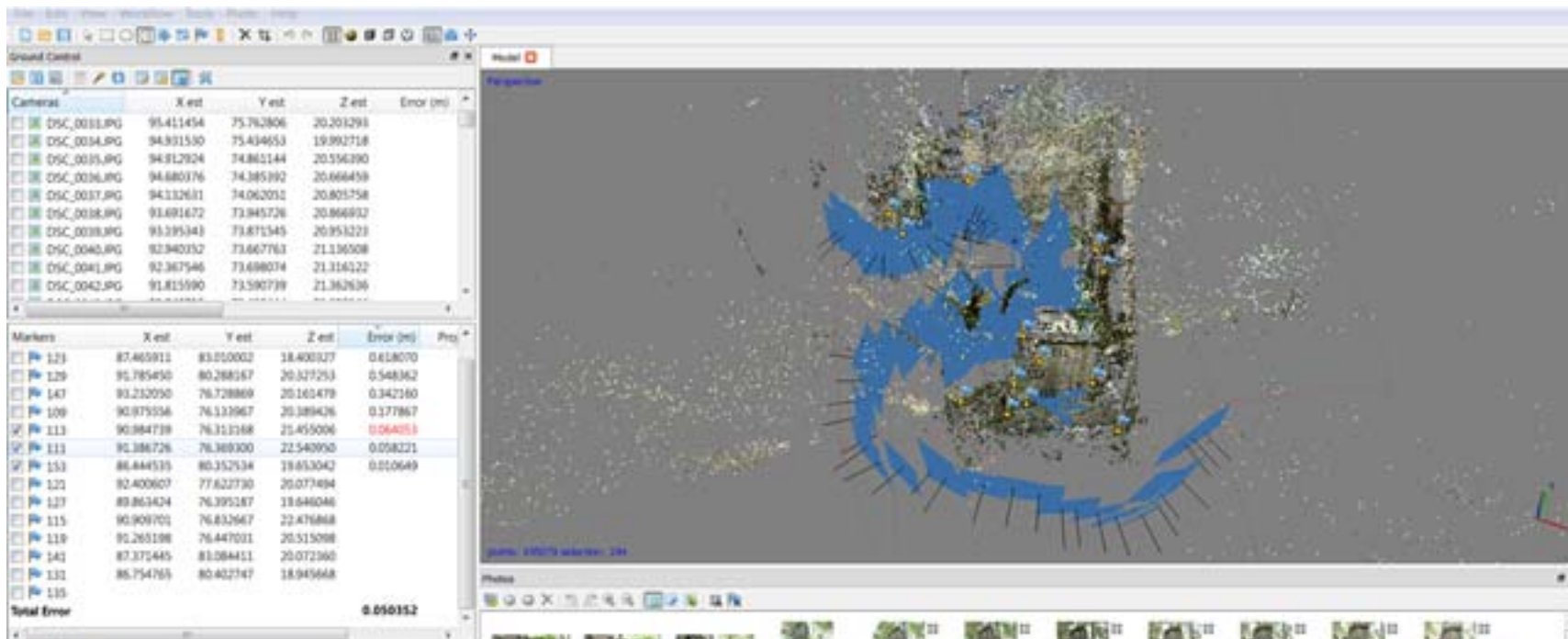
● GHESC





- Posizionamento dei target
- Realizzazione eidotipi di riferimento

- Pulizia della nuvola di punti
- Registrazione delle scansioni
- Geo-referenziazione al sistema di riferimento locale adottato
- Realizzazione di elaborati 2D a partire dalla nuvola di punti
- Creazione del modello 3D



Legenda

- Dilavamento ■
- Distacco ■
- Vegetazione ■
- Infestazione biologica ■



Grazie per l'attenzione!



Carlo Monti

Cristiana Achille

Francesco Fassi

Luigi Fregonese

Alessandro Mandelli

Chiara Monti

Stefano Parri

Fabrizio Rechichi



Politecnico di Milano dip. A.B.C.

Laboratorio **3D SURVEY GROUP**

Via Ponzio, 31 - 20133 Milano

Tel +39 02 2399 6516

LARIFO Laboratorio di Rilievo e Fotogrammetria

Polo Territoriale di Mantova

Piazza d'Arco 3 - 46100 Mantova

Tel +39 02 2399 7056



<http://www.sitech-3dsurvey.polimi.it>