

MONITORAGGIO LASER SCANNER

PALAZZO XXXXXXXXXXXXXx

XXXXXXXXXXXXXXXXXXxx (PA)

PROVE N. 820-821/AA

Committente: *XXXXXXXXXXXXXXXXXX,
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX,
XXXXXX*

Relatori: **ing. Georg Schiner**



Prospetto nord cortile interno Palazzo XXXXXXXXXXXXX

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	STRUMENTAZIONE LASER SCANNER	4
	2.1 Funzionamento.....	4
	2.2 Caratteristiche tecniche	4
3	ACQUISIZIONE	5
	3.1 Posizioni dei rilievi.....	5
	3.2 Scansione ed importazione dati	7
4	TRATTAMENTO DEI DATI LASER SCANNER.....	9
5	PRODOTTO FINALE	13
	5.1 Disegni CAD.....	17
6	CONSIDERAZIONI TECNICHE	17
7	CONSEGNA DEI DATI FINALI.....	17

1 PREMESSA

La Società *4 EMME Service S.p.A.*, specializzata nell'esecuzione di prove sperimentali su strutture, è stata incaricata XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX, di eseguire rilievi laser scanner 3D del prospetto nord del cortile interno del Palazzo XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX, sede dell'XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX.

Scopo del rilievo laser scanner è quello di fissare con certezza la situazione geometrica tridimensionale del prospetto soprannominato, e per poter effettuare un monitoraggio ad intervalli regolari per evidenziare eventuali spostamenti in atto.

In particolare è stato eseguito:

- rilievo tridimensionale con laser scanner, data 14 maggio 2009 - n. 13 scansioni,
- rilievo tridimensionale con laser scanner, data 21 ottobre 2009 - n. 8 scansioni,
- acquisizione di dati digitali provenienti da laser scanner,
- elaborazione di dati acquisiti mediante software professionale,
- elaborazione di disegni CAD,
- relazione generale specificando le diverse procedure eseguite,
- supporto digitale con dati acquisiti ed elaborati.

Il primo rilievo è stato eseguito il 14 maggio 2009 dal personale della *4 EMME Service S.p.A.* nelle persone dell'ing. Roberto Bruson e dell'ing. Michele Infurna. Un secondo rilievo è avvenuto il 21 ottobre 2009 in presenza dell'ing. Georg Schiner, del geom. Sebastiano Di Maggio e del geom. Giuseppe Scovazza, anch'essi della *4 EMME Service S.p.A.*; l'organizzazione generale è stata gestita dall'ing. Michele Infurna.

2 STRUMENTAZIONE LASER SCANNER

2.1 Funzionamento

Il laser scanner è un dispositivo ottico - meccanico capace di emettere un impulso elettromagnetico e di ricevere il segnale riflesso, misurando l'intervallo di tempo trascorso e quindi la distanza tra lo strumento ed il punto rilevato. Il raggio laser viene deflesso mediante un meccanismo di specchi rotanti ed oscillanti che con il variare dell'angolo azimutale e zenitale, illumina il terreno in punti contigui. Questo sistema opera misurando migliaia di punti al secondo e formando delle "nuvole di punti". Per ogni misurazione (x,y,z), il sistema fornisce l'intensità del segnale di ritorno descrivendo la superficie dell'oggetto scansionato.

La precisione dello strumento varia al variare della distanza e dell'angolo di incidenza del raggio ed è data dalla combinazione di tutti gli errori insiti nel sistema. Tanto più accurata deve essere la scansione, tanti più punti ravvicinati saranno posti a scansione.

2.2 Caratteristiche tecniche

E' stato utilizzato il laser scanner 3D FARO LS880 con le seguenti caratteristiche tecniche:

- Distanza: 0.6 m - 76 m
- Risoluzione: 0.6 mm - 17 Bit distanza
- Velocità di misura: 120.000 punti/secondi
- Errore di distanza lineare: ± 3 mm a 25 m
- Campo visivo verticale: 320°
- Campo visivo orizzontale: 360°
- Risoluzione verticale: 0.009°
- Risoluzione orizzontale: 0.00076°
- Risoluzione angolare: $\pm 0.009^\circ$
- Durata della scansione: 2 milioni di punti in 20 secondi



Il rilievo tridimensionale avviene attraverso la memorizzazione delle misure sul computer collegato al laser scanner impostato con i parametri di acquisizione tra cui l'area e la risoluzione richiesta.

3 ACQUISIZIONE

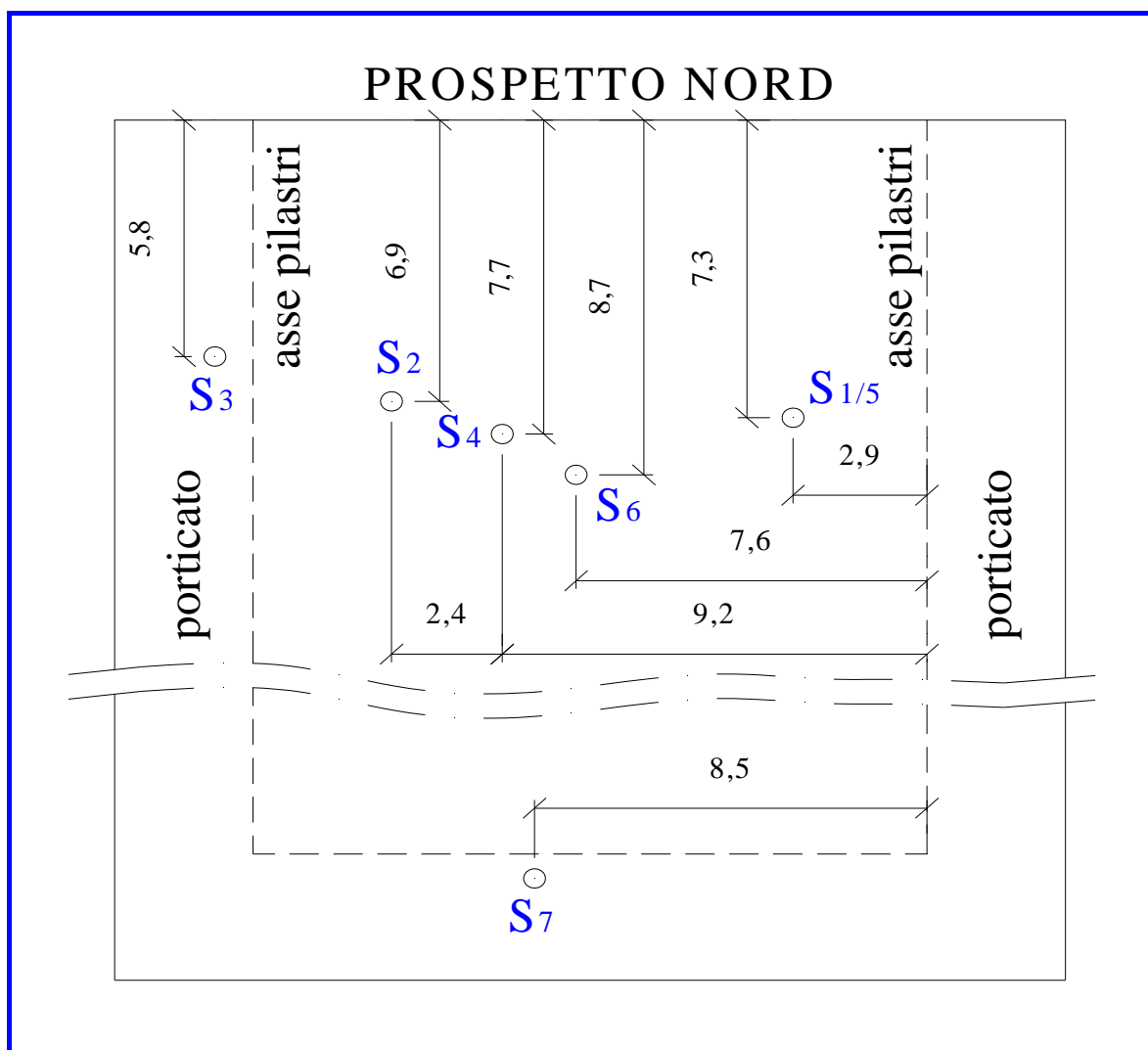
3.1 Posizioni dei rilievi

L'acquisizione prevede il posizionamento dello strumento sul treppiede telescopico la cui base è disposta orizzontalmente mediante un controllo con bolla sferica.

Nel seguente schema si riportano le posizioni delle differenti stazioni di scansione eseguite in data 14 maggio e 21 ottobre 2009.

Durante il rilievo del 14 maggio sono state predisposte 3 stazioni (S1, S2 e S3). Le prime due sono alla quota del cortile interno, la terza è al primo piano sopra il porticato ovest; la posizione è riportata nello schema seguente.

Il rilievo del 21 ottobre è stato eseguito da 4 stazioni (S4, S5, S6 e S7). Le prime tre alla quota del cortile e la quarta sul porticato sud.



Schema di posizionamento delle stazioni di scansione

In seguito vengono riportate le foto del posizionamento delle stazioni nel cortile interno del Palazzo XXXXXXXXXXXX.



Stazione S_{1/5}



Stazione S₂



Stazione S₃



Stazione S₄



Stazione S₆



Stazione S₇

3.2 Scansione ed importazione dati

In fase di acquisizione viene utilizzato il software specifico Faro Scene 4.1.

Il risultato di ogni acquisizione è una nuvola di punti limitata alla vista dello strumento, che lascia in ombra parti dell'oggetto rilevato. Per completare la digitalizzazione bisogna effettuare altre scansioni che devono comprendere dei punti in comune con una sovrapposizione del 30% (si possono utilizzare mire o target). Ogni scansione possiede un proprio sistema di riferimento che coincide con il centro dello strumento.

Durante il rilievo del 14 maggio 2009 sono state eseguite 13 acquisizioni. La risoluzione 1/10 indica che è pari ad un decimo della risoluzione massima verticale ed orizzontale. Con le risoluzioni maggiori è stata scansionata solamente la parete del prospetto nord interessata al rilievo.

Il rilievo del 21 ottobre 2009 è stato eseguito con 8 acquisizioni in risoluzione 1/10 e 1/2 per ogni stazione. Nella tabella successiva si riportano i nomi dei file e le loro caratteristiche.

FILE	RILIEVO	STAZIONE	ALTEZZA STRUMENTALE [m]	RISOLUZIONE [rispetto alla massima]		
1	14.05.2009	S ₁	1,87	1/10		
2				1/10		
3				1/2		
4				1/1		
5				1/10		
6		S ₂		1/10		
7				1/2		
8				1/1		
9		S ₃		1,55	1/10	
10					1/10	
11					1/2	
12					1/2	
13					1/1	
14	21.10.2009		S ₄		1,55	1/10
15					1/2	
16		S ₅	1,55	1/10		
17			1/2			
18		S ₆	1,55	1/10		
19			1/2			
20		S ₇	1,87	1/10		
21			1/2			

Tabella file di scansione

Le seguenti immagini riportano esempi di visualizzazione bidimensionale, sulla base della riflettanza, di scansioni laser scanner in risoluzione 1/10 dell'area completa e risoluzione 1/2 dell'oggetto in esame.



Scansione in risoluzione 1/10, area completa, stazione S₁, rilievo del 14 maggio 2009



Scansione in risoluzione 1/2, prospetto nord, stazione S₄, rilievo del 21 ottobre 2009

4 TRATTAMENTO DEI DATI LASER SCANNER

Per le elaborazioni si utilizza il software dedicato JRC Reconstructor versione 2.5.1.

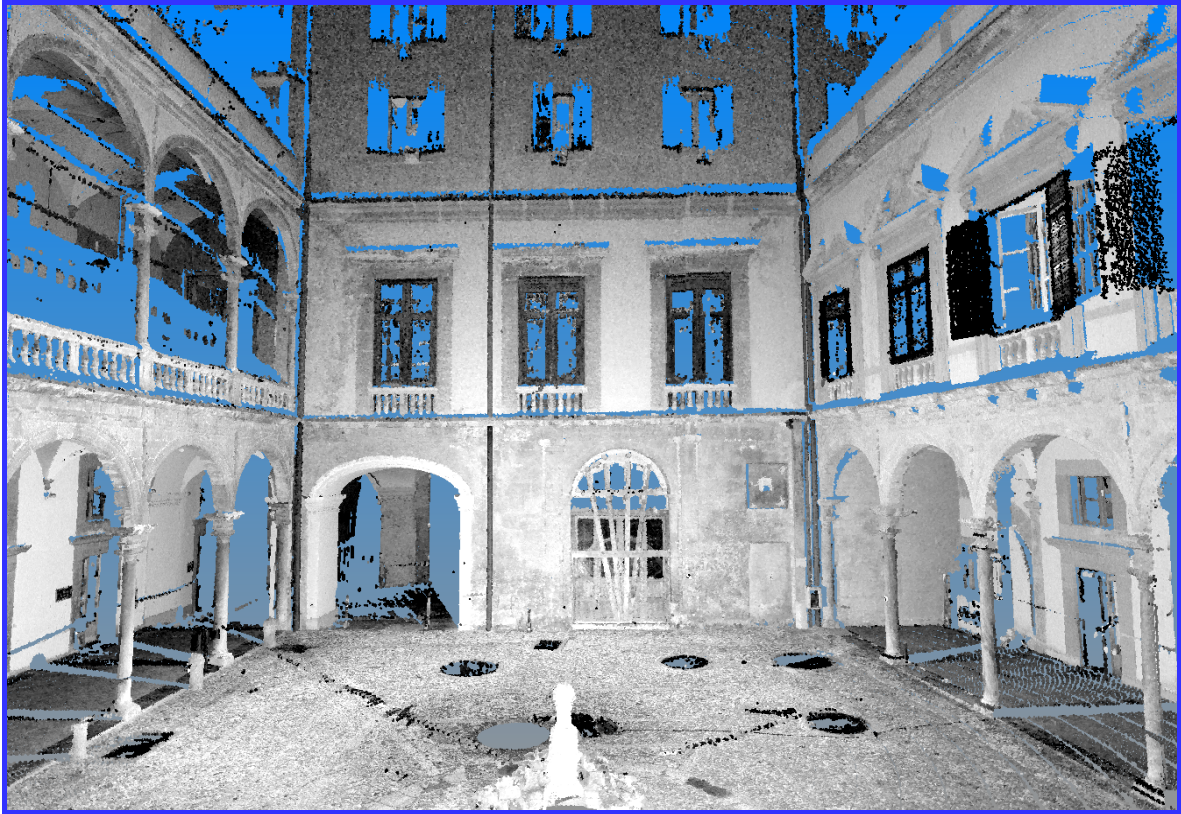
Con il termine trattamento dei dati laser scanner si intende l'insieme delle operazioni che consente di ottenere, a partire da una o più nuvole di punti acquisite, un prodotto finale che possa essere utile per l'estrazione di informazioni di interesse (modello 3D a colori, modello CAD, Immagine solida, ortofoto di precisione,...).

Una volta importate le scansioni, deve essere eseguita una procedura ben precisa per poter unirle una con l'altra ed ottenere un errore di sovrapposizione tra stessi punti inferiore al millimetro. I passi sono i seguenti.

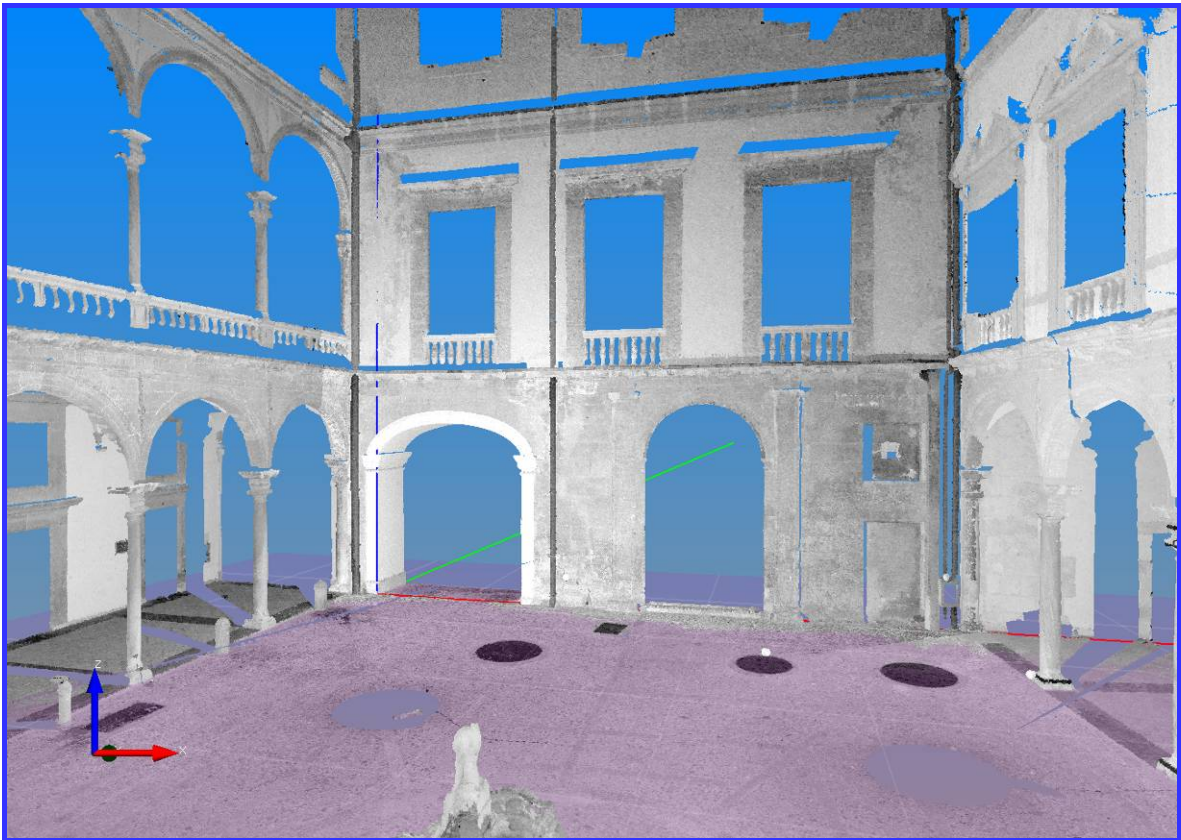
- Pulitura della nuvola di punti: si attua un filtraggio del rumore presente nella nuvola di punti acquisita dovuto essenzialmente alla divergenza del raggio laser ed alla deviazione standard dello strumento.
- Eliminazione manuale dei punti non contestualmente legati all'oggetto.
- Ricerca di punti presegnalizzati all'interno della scansione laser (marker o entità geometriche di vario tipo, ad esempio sfere di dimensione nota).
- Allineamento delle singole scansioni (o registrazione delle scansioni): è la procedura che consente di allineare ed unire le singole acquisizioni in una unica nuvola di punti secondo un determinato sistema di riferimento.
- Georeferenziazione delle nuvole di punti in un sistema di riferimento esterno noto a priori.
- Triangolazione e costruzione della mesh (telaio di punti).
- Chiusura della mesh e correzione delle facce anormali.
- Decimazione: si riduce il modello per renderlo utilizzabile in un database.
- Applicazione delle textures al modello 3D.
- Colorazione della nuvola di punti per mezzo delle immagini digitali acquisite durante le operazioni di rilievo (fotocamera rigidamente connessa al laser scanner attraverso un sostegno calibrato).
- Esportazione per l'uso richiesto: rendering.

Il risultato che si ottiene dall'insieme delle operazioni elencate è una nuvola di punti complessa e completa dell'oggetto che rappresenta il corretto punto di partenza per la creazione di qualsiasi prodotto rivolto all'utilizzatore finale dei dati.

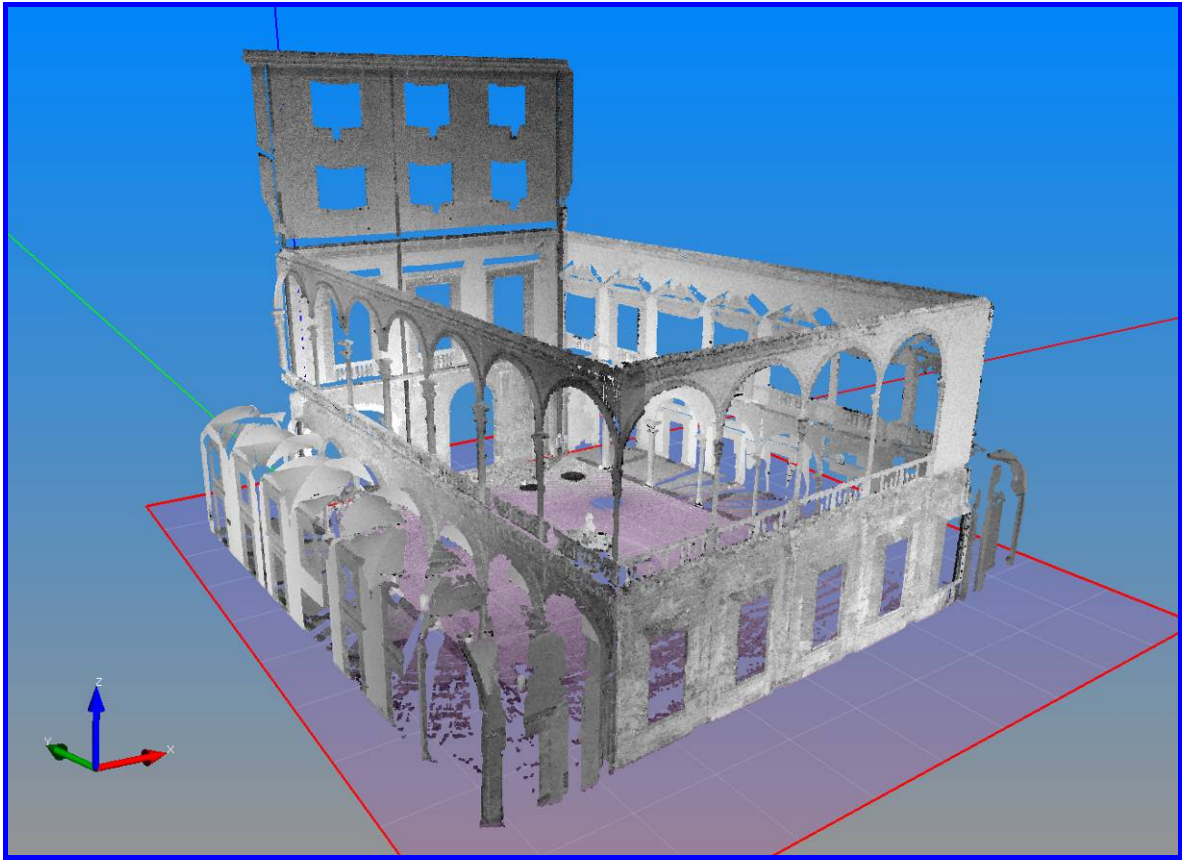
Nelle seguenti immagini si riportano esempi delle diverse operazioni durante il trattamento dei dati provenienti dal laser scanner.



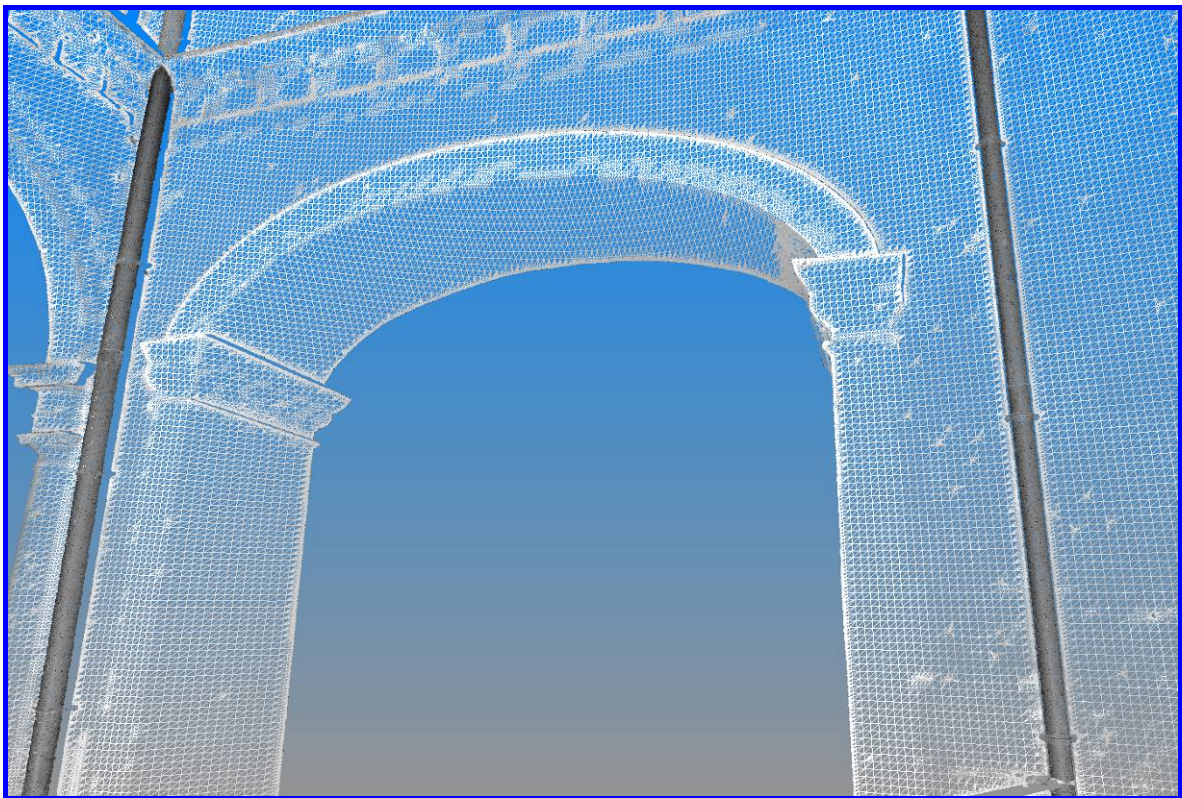
Importazione



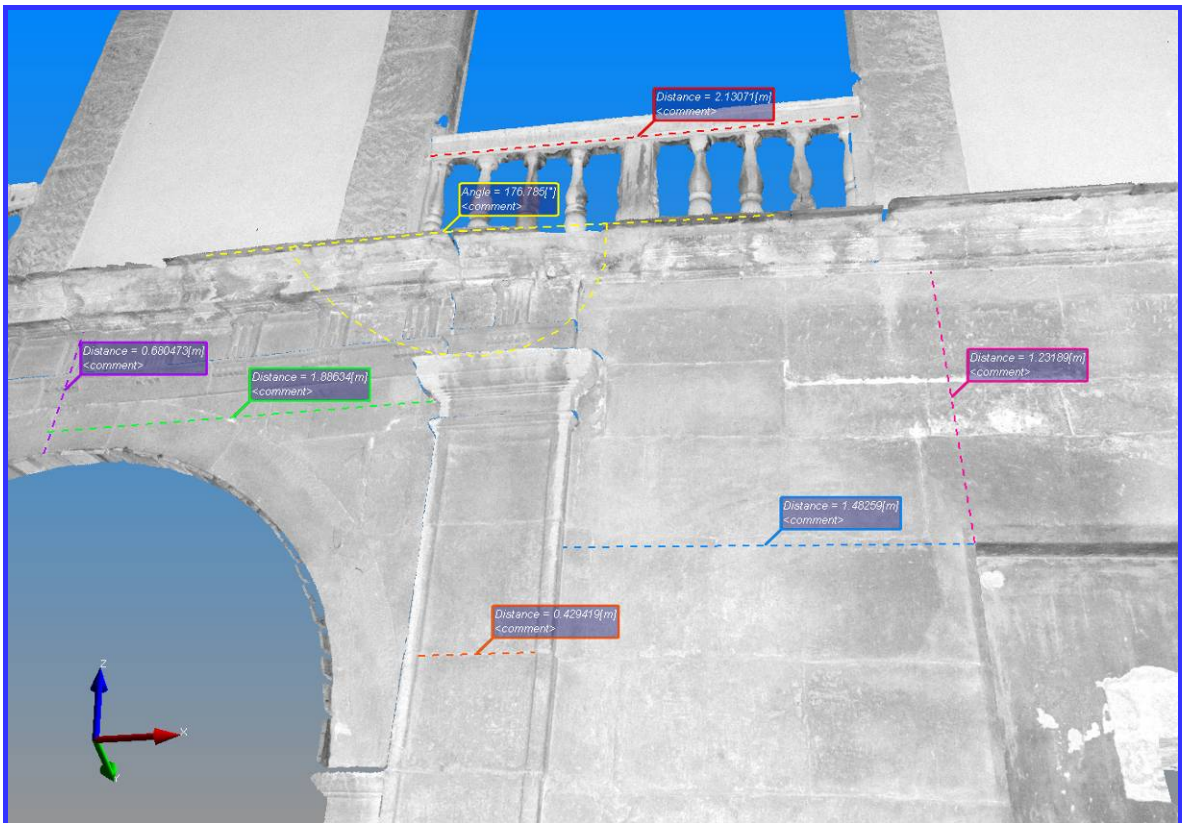
Pulitura e Filtraggio



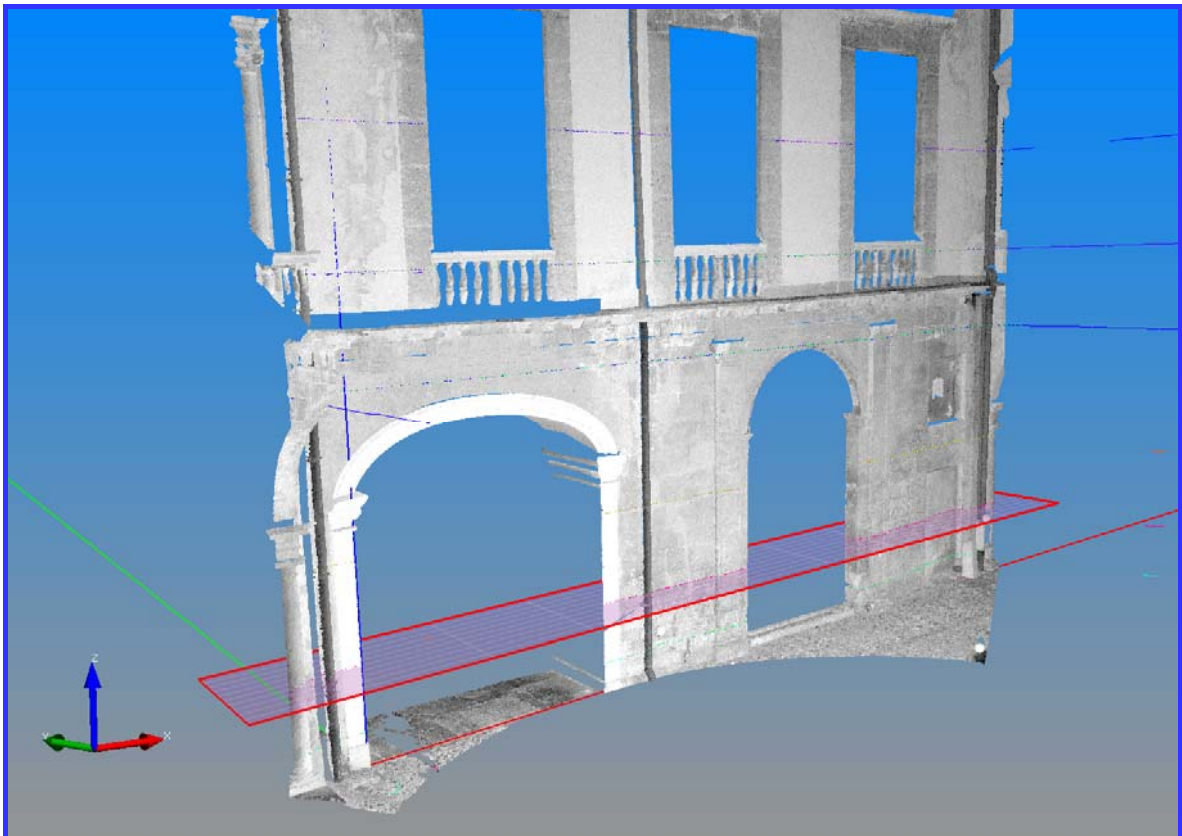
Registrazione (Allineamento)



Triangolazione e costruzione della mesh



Dimensioni geometriche



Vista dei piani orizzontali per la formazione delle sezioni

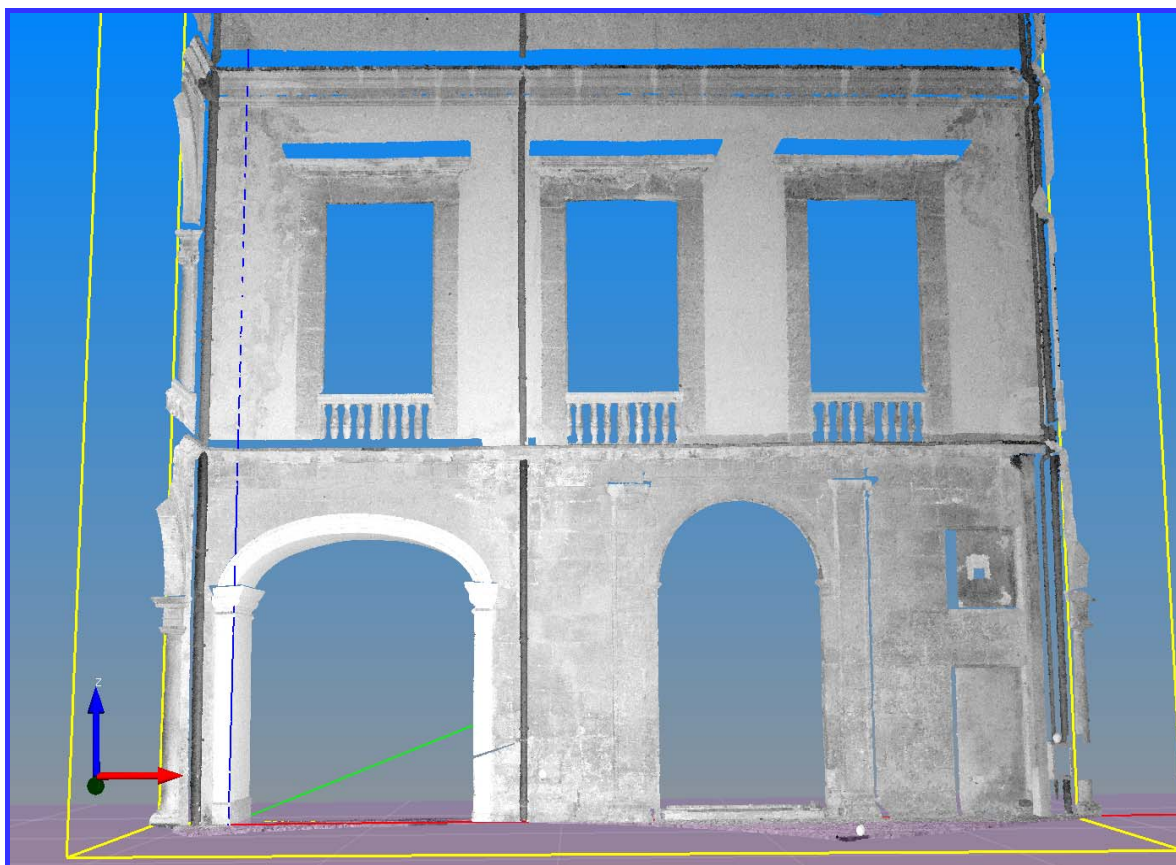
5 PRODOTTO FINALE

Dopo aver effettuato l'insieme delle operazioni di trattamento preliminare è possibile procedere alla creazione del prodotto finale vero e proprio. Nel caso in esame l'obiettivo è quello di determinare l'eventuale evoluzione dello spanciamento del cornicione, sovrapponendo le nuvole di punti ottenute nelle acquisizioni effettuate in date diverse e valutando le differenze.

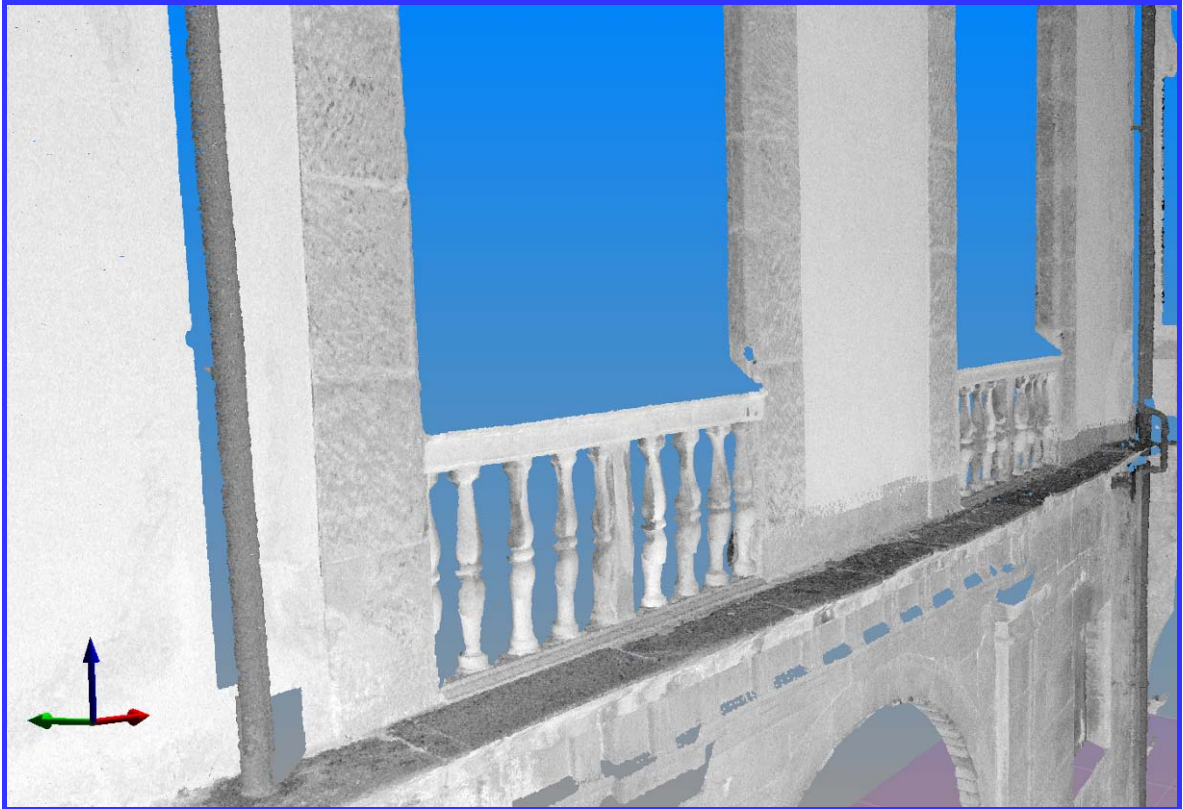
Attraverso la sovrapposizione dei due modelli unici tridimensionali derivanti dai rilievi del 14 maggio e del 21 ottobre, si risale alla valutazione delle eventuali differenze eseguendo una serie di sezioni trasversali ai modelli stessi.

Esportando queste sezioni in formato CAD è possibile determinare le differenze.

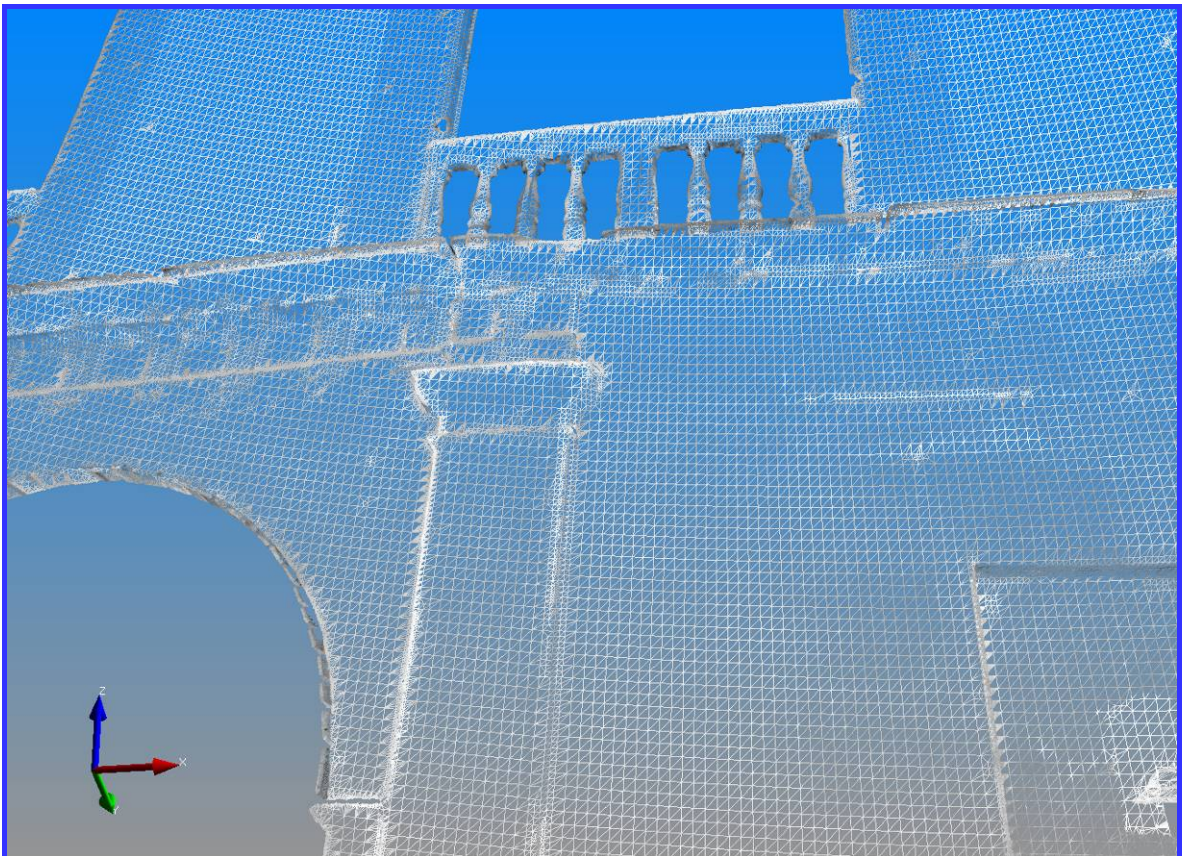
In seguito vengono riportate alcune immagini significative.



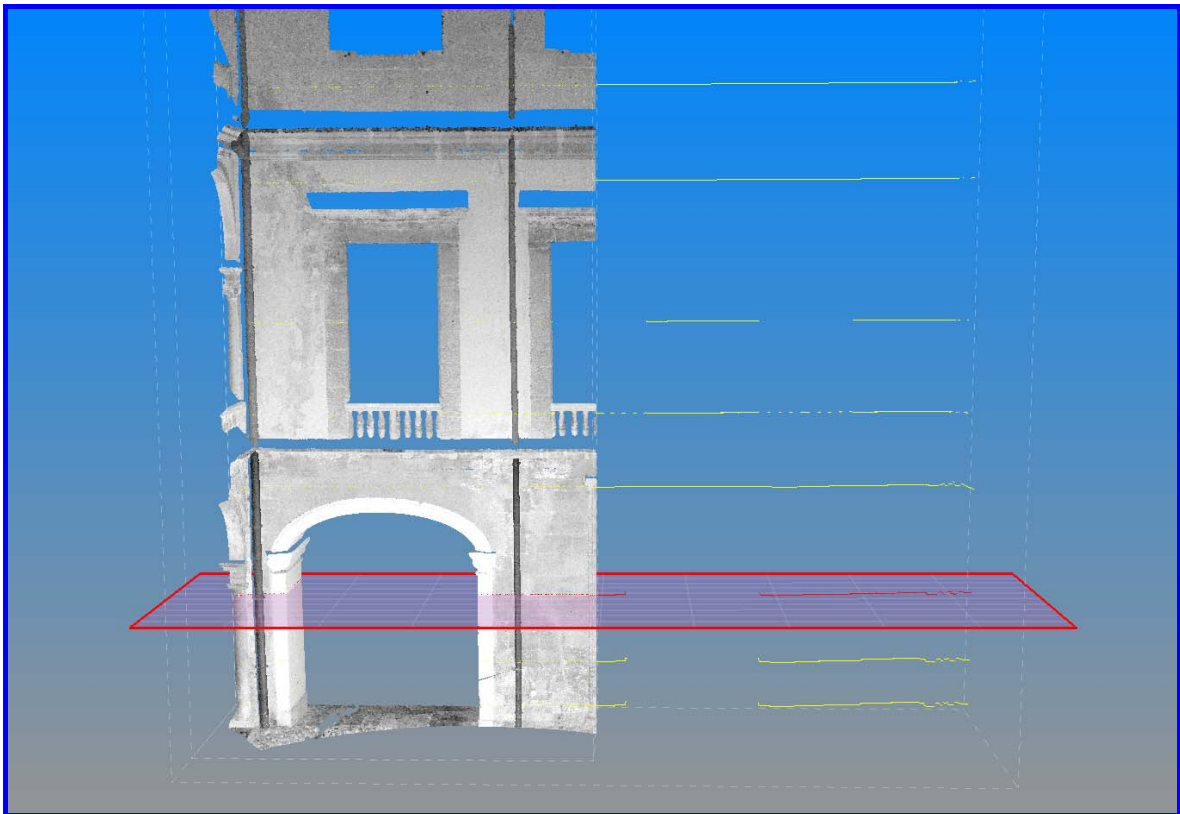
Prospetto nord - Facciata



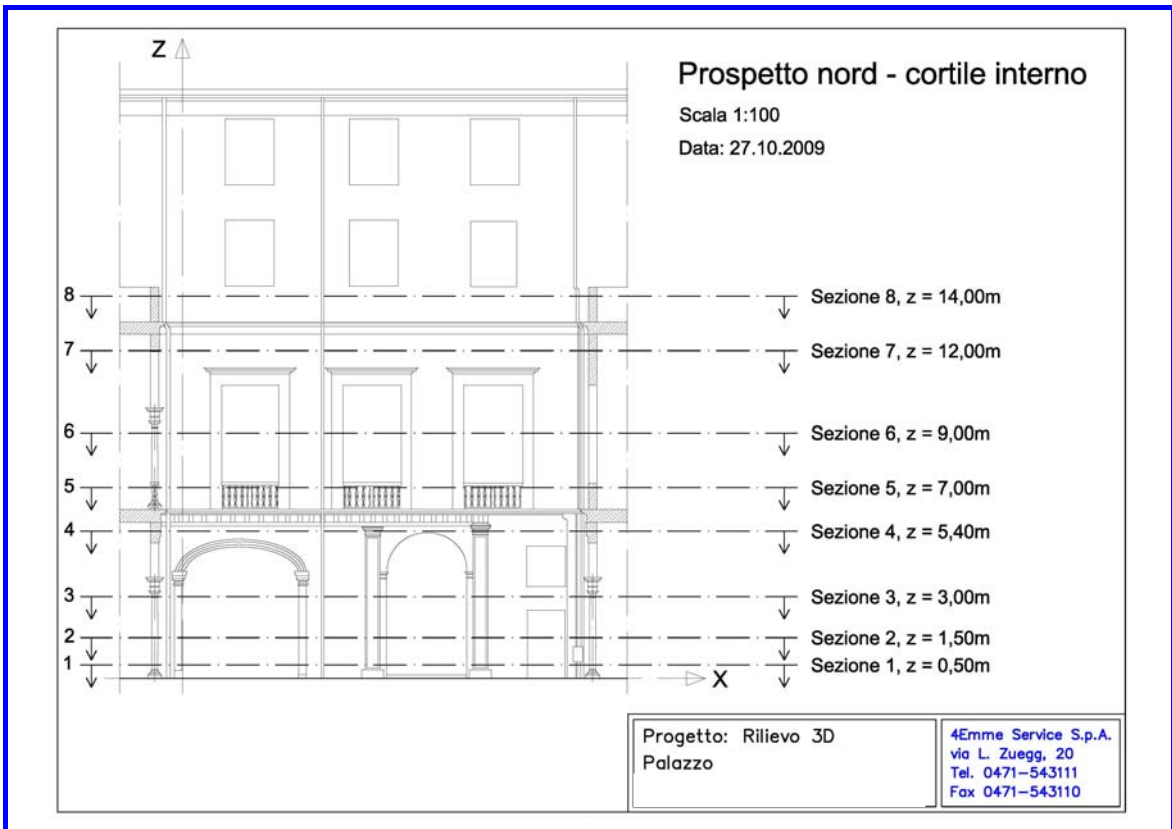
Vista del cornicione



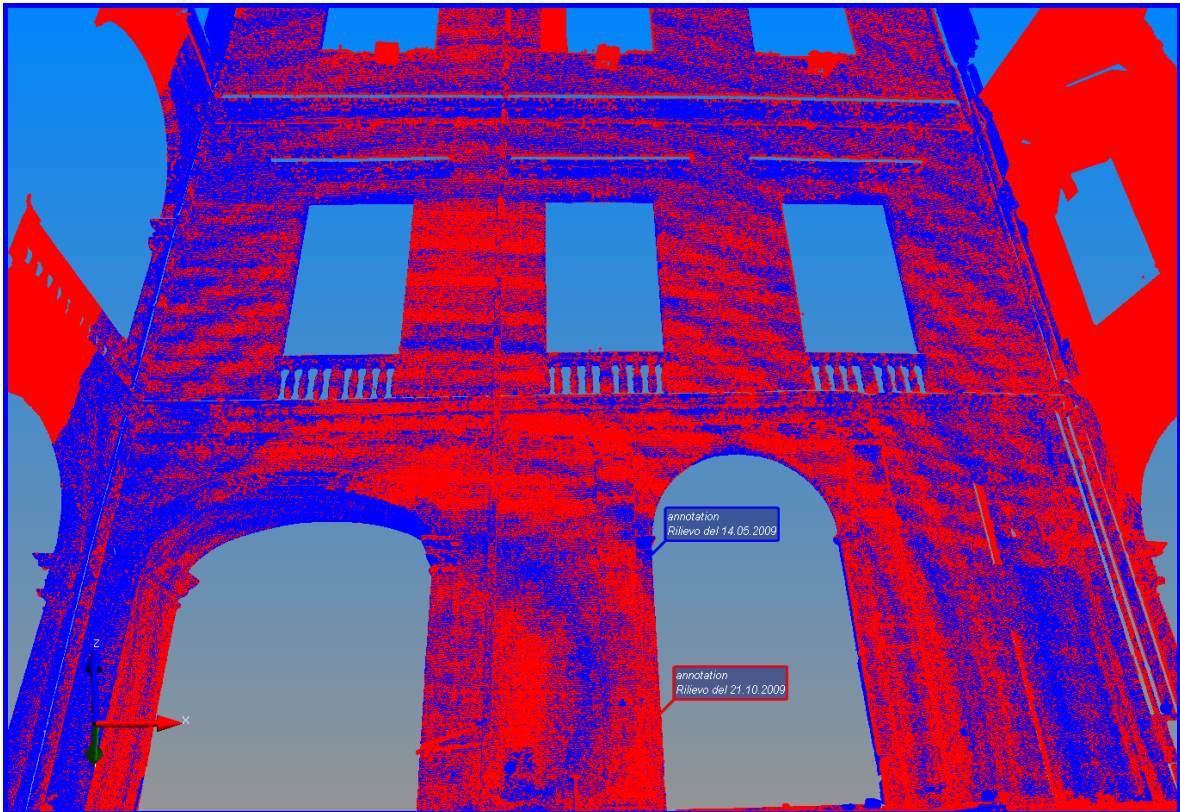
Dettaglio del cornicione



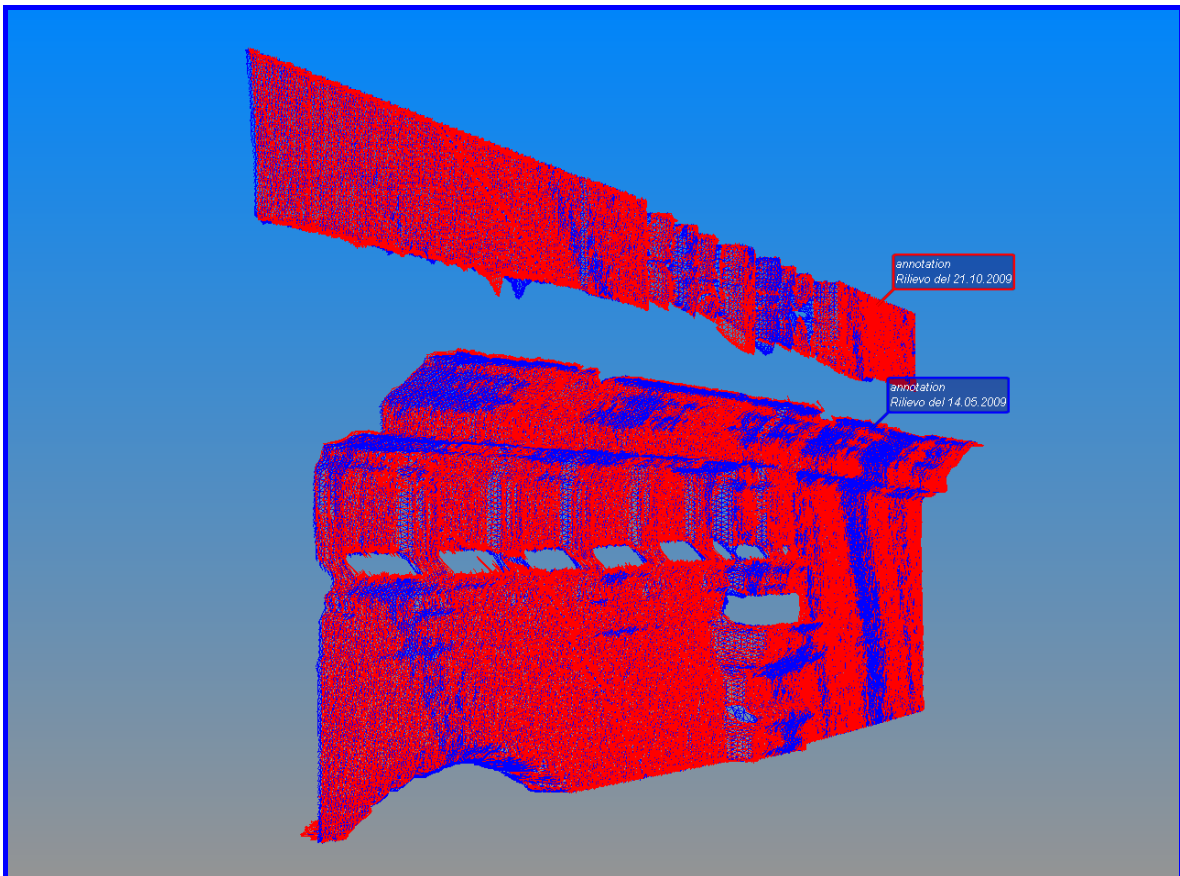
Sezioni orizzontali a distanze prefissate



Sezioni orizzontali a distanze prefissate



Sovrapposizione dei due modelli (blu: rilievo n.1; rosso: rilievo n.2)



Sovrapposizione dettaglio cornice (blu: rilievo n.1; rosso: rilievo n.2)

5.1 Disegni CAD

Indice Disegni CAD allegati - Facciata nord del cortile interno, Palazzo XXXXXXXXX:

- Prospetto - Scala 1:100
- Sezione orizzontale - Altezza 0,5 m - Scala 1:50
- Sezione orizzontale - Altezza 1,5 m - Scala 1:50
- Sezione orizzontale - Altezza 3,0 m - Scala 1:50
- Sezione orizzontale - Altezza 5,4 m - Scala 1:50
- Sezione orizzontale - Altezza 7,0 m - Scala 1:50
- Sezione orizzontale - Altezza 9,0 m - Scala 1:50
- Sezione orizzontale - Altezza 12,0 m - Scala 1:50
- Sezione orizzontale - Altezza 14,0 m - Scala 1:50

6 CONSIDERAZIONI TECNICHE

Dall'analisi dei dati derivanti dal monitoraggio strutturale del prospetto nord del Palazzo XXXXXXXXX si rileva quanto segue:

- le differenze tra un modello tridimensionale (14 maggio) e l'altro (21 ottobre) sono sempre inferiori ai 3 mm,
- le differenze suddette, nelle sezioni riguardanti la zona del prospetto in esame, non risultano essere sempre positive o negative, ma cambiano di segno,
- la deviazione standard delle differenze risulta essere pari a 1 mm, pari alla precisione dello strumento .

7 CONSEGNA DEI DATI FINALI

Oltre alla presente relazione cartacea in triplice copia vengono forniti su supporto informatico:

- i 21 file relativi all'acquisizione tramite laser scanner,
- il programma gratuito FARO Scan LT per poter navigare nelle nuvole di punti acquisite,
- i file elaborati tramite il software JRC 3D Reconstructor,
- il programma gratuito R2Viewer per poter lavorare con i file elaborati, ruotando i punti di vista, misurando distanze, ecc.,
- la relazione in formato PDF,
- il file dei disegni in formato DWG e PDF.

Palermo, 4 novembre 2009

4 ENOME Service Spa
dott. ing. Georg Schiner

RELAZIONE REVISIONATA DA:

dott. ing. Roberto Bruson