

## TRACCIAMENTO PER IL CONSOLIDAMENTO STATICO DELLA CAPPELLA GUARINI

E. AGOSTO (\*), A. BIASION (\*), A. LINGUA (\*\*)

(\* Soluzioni Innovative per il Rilevamento S.r.l.  
C.so Castelfidardo 30/A, 10129 Torino

(\*\*) Dipartimento di Ingegneria del territorio, dell'ambiente e delle geotecnologie, Politecnico di Torino  
C.so Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino  
e-mail: eros.agosto@sir.to.it, andrea.biasion@sir.to.it, andrea.lingua@polito.it

### Riassunto

L'incendio dell' 11 e il 12 aprile 1997 danneggia profondamente la Cappella Guarini a Torino ove è custodita la SS. Sindone. Inizia una delicata opera di studio, e restauro. Nell'ambito dei lavori di consolidamento statico, si presenta la necessità di posizionare due catene che, passando sotto il pavimento della cappella, colleghino la zona del cortile del palazzo Reale con l'interno del Duomo. SIR s.r.l., società spin-off del Politecnico di Torino, viene incaricata di effettuare il tracciamento per la perforazione degli alloggiamenti dei due fori. Le criticità del lavoro sono legate al contesto di cantiere nel quale si colloca, e alla preziosità degli elementi che un errore di esecuzione potrebbe portare a danneggiare.

Dato di partenza è l'indicazione dei punti di innesto e uscita desiderati dei due fori. Il progetto di massima dei fori, realizzato a partire da piante in possesso della Soprintendenza, deve essere geometricamente verificato prima del tracciamento definitivo. SIR provvede al rilievo di una rete di inquadramento al fine di materializzare un affidabile sistema di riferimento; determina mediante intersezione in avanti le posizioni piano altimetriche dei punti di sbocco dei fori, oltre che l'ambiente dello scurolo, nella zona retro absidale del duomo sottostante la cappella, ed il piano della cappella stessa. Con questi dati vengono calcolate le coordinate di tracciamento dell'asse dei fori sul piano del pavimento dello scurolo e vengono riportate quindi sul soffitto dello stesso, oltre che sul pavimento della cappella, valutando il franco dell'asse del foro rispetto all'intradosso del soffitto e piano pavimento. Il lavoro condotto concorre alla corretta realizzazione dei due fori senza arrecare danni al contesto di pregio nel quale si innesta.

### Abstract

*In 1997 a fire deeply damages Guarini Chapel, where the Holy Shroud is kept, in Turin. A complex study work starts and during the static consolidation works, SIR is in charge of tracing two holes under the Chapel floor. The work has many criticisms due to the fact the Chapel is a working area and the precious context of the drilling. SIR creates and surveys a reference and a tracing network, in order to check the drilling plan and trace the axis of the holes, both on the Chapel floor and the Scurolo floor and ceiling. The applied methodology helps in a correct drilling of the holes.*

### Introduzione

L'incendio dell' 11 e il 12 aprile 1997 danneggia profondamente la Cappella Guarini a Torino ove è custodita la SS. Sindone. Inizia una delicata opera di studio, e restauro coordinato dalla Soprintendenza piemontese. Nell'ambito dei lavori di consolidamento statico, progettati dalla ditta Sintecna s.r.l. e realizzati dalla ditta Cingoli s.r.l., si presenta la necessità di posizionare due catene che, passando nella soletta sotto il pavimento della cappella, colleghino la zona del cortile del

Palazzo Reale con l'interno del Duomo. La Soluzioni Innovative per il Rilevamento s.r.l. (SIR), società spin-off del Politecnico di Torino, viene incaricata di effettuare il tracciamento per la perforazione degli alloggiamenti dei due fori. La perforazione avviene forzatamente, dato l'ingombro ed il disturbo arrecato dalle macchine perforatrici, dal cortile verso l'interno del Duomo: critica risulta l'uscita nel Duomo e l'attraversamento del pavimento della Cappella stessa, elementi entrambi decorati da preziose lastre di pietra ornamentale.

Dati del lavoro sono i possibili punti di innesto e uscita dei due fori.

Metodologicamente SIR provvede a:

1. realizzare un'affidabile rete di inquadramento primaria;
2. realizzare un'affidabile rete secondaria e di emanazione del tracciamento;
3. effettuare il rilievo dei punti di innesto e sbocco dei fori;
4. effettuare un primo rilievo della parti del pavimento dello scurolo e della cappella ove avviene presumibilmente il tracciamento;
5. effettuare il calcolo per il tracciamento;
6. tracciare i punti sul pavimento dei due ambienti, effettuando contestualmente il controllo sulla prima descrizione della superficie di tracciamento;
7. riportare i punti tracciati sulla volta dello scurolo;
8. rilevare in corrispondenza dei punti tracciati sul soffitto, il profilo del soffitto stesso;
9. calcolare il franco dell'asse del foro dall'intradosso del soffitto dello scurolo e dal pavimento della cappella soprastante.

#### **Rete di inquadramento primaria**

Vengono istituiti 4 vertici per quanto riguarda la rete di inquadramento a circoscrivere la zona di indagine. Tali vertici vengono rilevati mediante una poligonale chiusa e livellati mediante livellazione geometrica in andata e ritorno.

A seguito della compensazione, si ottengono precisioni planimetriche millimetriche dei vertici, mentre le linee di livellazione vengono chiuse con scarti inferiori al millimetro.

#### **Rete di inquadramento secondaria**

Vengono istituiti 7 vertici per quanto riguarda la rete di inquadramento secondaria base per il posizionamento delle stazioni di tracciamento.

Tali vertici vengono rilevati mediante una poligonale aperta vincolata agli estremi ai vertici della rete primaria e livellati mediante linee di livellazione geometrica in andata e ritorno a partire dai vertici della rete primaria.

A seguito di compensazione, si ottengono precisioni planimetriche inferiori al centimetro dei vertici, mentre le linee di livellazione vengono chiuse con scarti inferiori al millimetro. È da notare come congruamente a quanto atteso gli scarti dei punti aumentino verso il centro della poligonale, ovvero mano a mano che ci si allontana dai vincoli; questo fatto è dovuto alla configurazione di rilievo adottata praticamente imposta dalla situazione di cantiere: la poligonale viene effettuata sull'unica linea consentita dal cantiere che colleghi l'interno del Duomo con il cortile di Palazzo Reale; i vertici di rete vengono scelti quasi forzatamente dati i punti sufficientemente stabili e l'intervisibilità reciproca.

Si può inoltre evidenziare come gli ellissi d'errore abbiano il semiasse maggiore nella direzione degli assi dei fori, cosa che concorre positivamente alla precisione nel rilievo e tracciamento planimetrico dei fori.

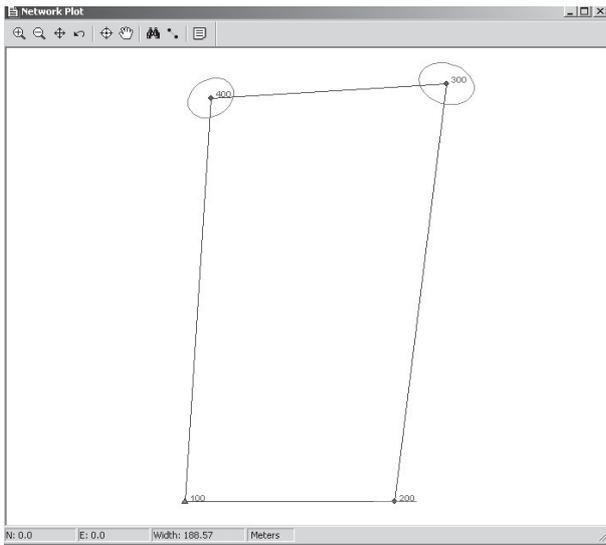


Figura 1 – Rete primaria con visualizzazione ellissi di errore e delle collimazioni effettuate dalle varie stazioni

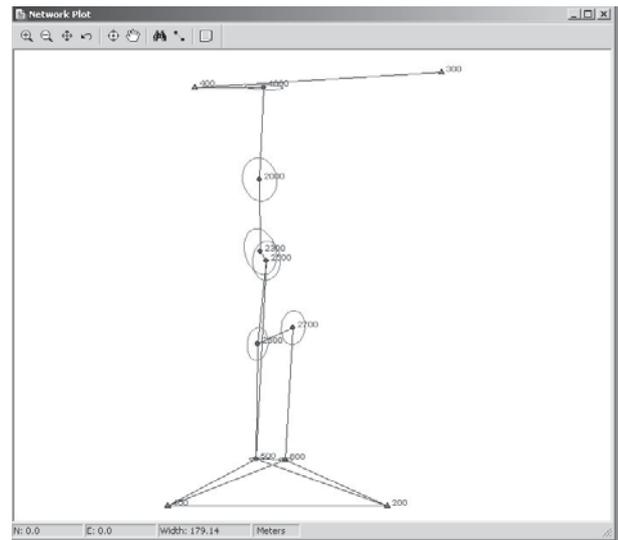


Figura 2 – Rete secondaria con visualizzazione ellissi di errore e delle collimazioni effettuate della varie stazioni

### Rete di emanazione del tracciamento

Contestualmente alla rete secondaria negli ambienti sottostanti la Cappella vengono posizionate 4 stazioni da cui verranno effettuati i tracciamenti, 2 nello scurolo e 2 negli ambienti ad esso attigui.

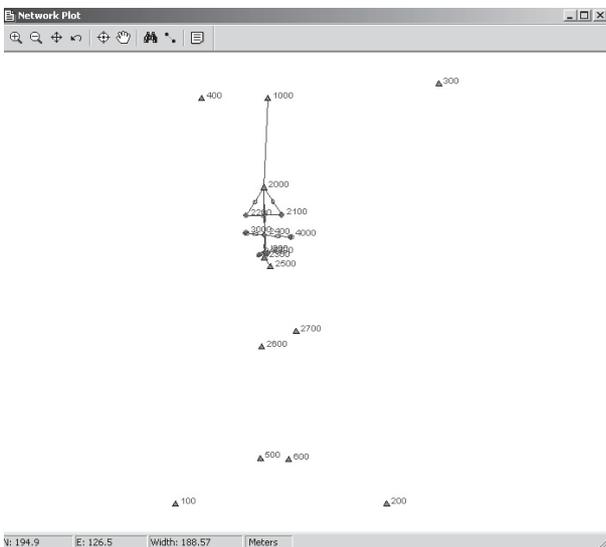


Figura 3 – Rete di emanazione del tracciamento

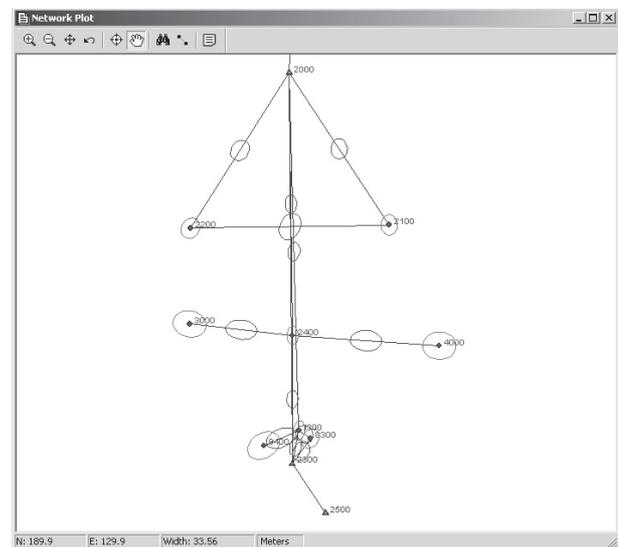


Figura 4 – Rete di emanazione del tracciamento con visualizzazione ellissi di errore e delle collimazioni effettuate della varie stazioni

Anche questi vertici vengono livellati a partire da punti della rete secondaria con linee di livellazione in andata e ritorno con errori di chiusura accettati inferiori al millimetro.

### **Il collegamento con la Cappella Guarini**

Importante è posizionare alcuni vertici nella cappella Guarini, al fine di ottenere il profilo del pavimento in corrispondenza dell'asse dei fori e per il tracciamento degli stessi.

Il collegamento risulta problematico per il fatto che al momento la Cappella è un grosso "catino" dal punto di vista delle possibilità di accesso: gli accessi tradizionali tramite scaloni da Palazzo Reale sono tuttora chiusi, e si ha possibilità di accesso solo tramite i ponteggi in acciaio del cantiere. Vengono pertanto posizionate due stazioni sui ponteggi, stazionando sulla verticale di un chiodo posizionato negli ambienti sottostanti la cappella: la posizione planimetrica viene quindi rilevata contestualmente alla poligonale rete secondaria, mentre l'altezza della stazione viene misurata tramite bindella metrica. Il controllo dell'altimetria viene effettuato mediante livellazione su bindella fissata a due delle tre colonne metalliche portanti dell'impalcatura eretta dopo l'incendio.

A partire da tali punti di collegamento con la rete secondaria, vengono posizionate ulteriori 2 punti per chiusura di una poligonale, come emanazioni del tracciamento e come stazioni di misura mediante celerimensura di punti del pavimento della cappella stessa, rilevati ove questo non è protetto da assi lignee.

La precisione ottenuta nel posizionamento di tali vertici è dell'ordine del centimetro, mentre il pavimento è risultato in buona approssimazione piano (scarti rispetto alla media dell'ordine di 1 cm).

### **Rilievo dei punti di innesto e sbocco dei fori**

A partire da vertici di inquadramento (primaria nel cortile, secondaria in chiesa) e da stazioni libere orientate su vertici di rete (primaria nel cortile, secondaria in chiesa), vengono rilevati i punti di innesto e sbocco dei fori.

I punti vengono rilevati come intersezioni in avanti e misura delle distanze inclinate, tranne per il punto A in cui è stata effettuata una singola misura causa ostruzione dei pannelli posti a copertura del cantiere che non è stato possibile rimuovere.

### **Strumenti di misura e calcolo**

Tutte le misure sono state effettuate mediante stazione LEICA 1200, caratterizzata da una precisione nella misura delle distanze di 2mm+2ppm e di 1cc per quanto riguarda le direzioni azimutali. Tutto il rilievo viene compensato in un sistema locale.

Tutte le misure della rete primaria e secondaria, oltre che quelle per il posizionamento delle stazioni di tracciamento è stato fatto sistematicamente con regola di Bessel e doppio strato di misure.

La livellazione geometrica è stata effettuata con livello Leica NA 2002.

Tutte le reti di inquadramento sono state compensate con il programma Starnet. Il calcolo delle coordinate dei punti di celerimensura sono stati effettuati mediante i software Topko di Sierrasoft.

### **Operazioni di tracciamento**

A partire dalla posizione di innesto e sbocco dei fori, si sono determinate le coordinate di alcuni punti lungo il tracciato dei fori stessi, alla quota delle stazioni di tracciamento (per ciascun foro, 4 punti nello scurolo, 3 nell'ambiente ad esso attiguo, 4 sul pavimento della Cappella).

Si è quindi effettuato il tracciamento planimetrico dei punti, collimando un prisma su palina a stessa altezza della stazione di tracciamento, in modo tale da verificare la differenza in quota tra il vertice di tracciamento e il punto a pavimento sull'asse del foro; apportata la modifica alla quota del punto da tracciare, è stato quindi materializzato.

È stato quindi materializzato un piano verticale passante per i punti tracciati a pavimento mediante l'utilizzo di un livello laser autolivellante (Leica Lino 2); questo ha consentito il rilievo delle principali discontinuità e punti caratteristici della volta degli ambienti sulla sezione di progetto dei fori.

Sono stati inoltre segnalizzati alcuni punti per i quali è stata fornita la differenza in quota tra il centro di progetto del foro e l'intradosso della volta ed il pavimento soprastante.

In particolare è emerso come, stante il tracciato di progetto dato, si verificherà presumibilmente il taglio della volta per entrambi i fori nello scurolo.

Si è poi effettuato il tracciamento di un punto per foro nel cortile al fine della verifica del corretto posizionamento della perforatrice.

È stato posizionato dalla committenza un pannello metallico a circa 3 metri dalla facciata, sorretto da travatura metallica a partire dalla facciata e svincolata dal castello su cui verrà posizionata la perforatrice.

Tali pannelli sono stati posizionati planimetricamente su indicazione di SIR, dato l'orientamento planimetrico dei fori rispetto alla facciata dell'edificio.

A partire dal vertice della rete primaria nel cortile, è stato effettuato rilievo della superficie di tracciamento, con l'utilizzo della misura di distanza con prisma (più precisa) mediante la sovrapposizione di una pellicola riflettente al momento della misura.

Sono state quindi determinate le coordinate del punto di intersezione del piano di tracciamento e l'asse teorico di ciascun foro, procedendo quindi al tracciamento degli stessi.

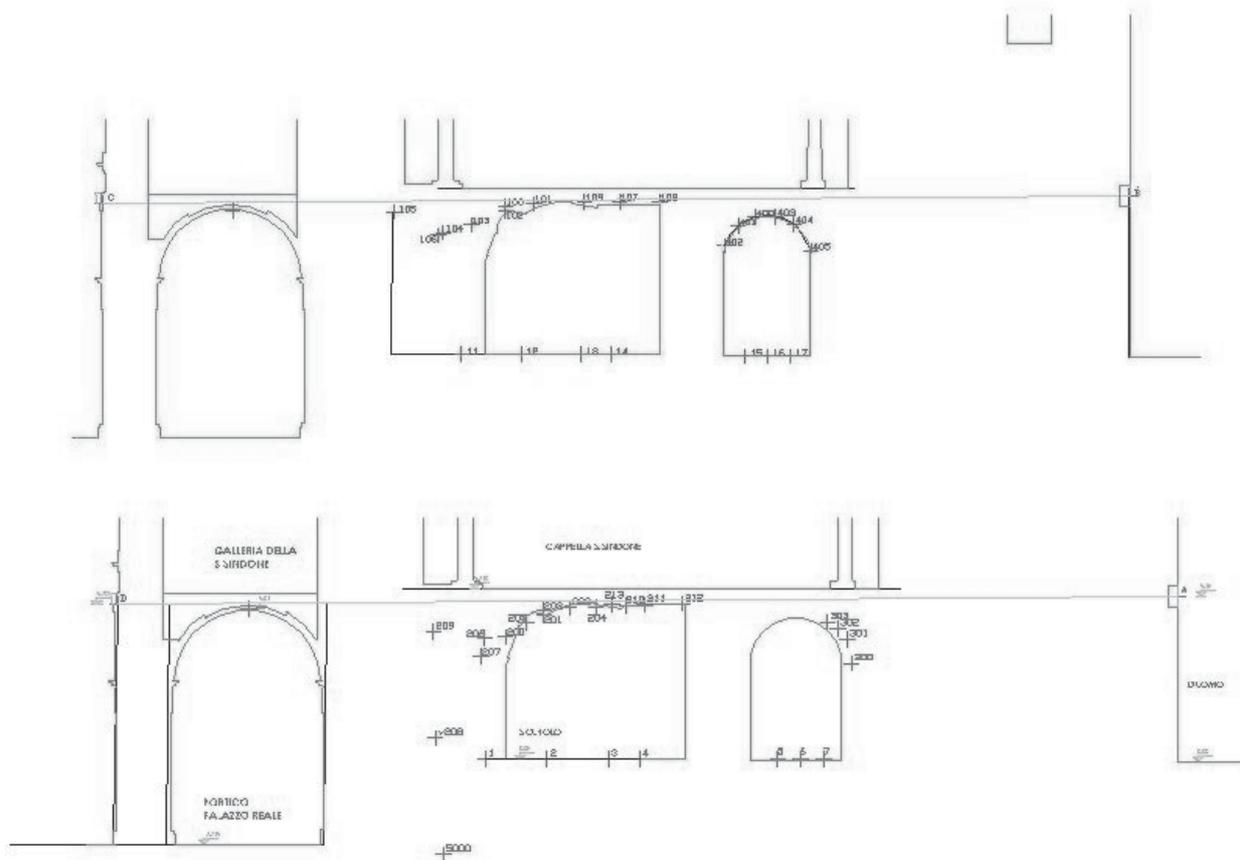


Figura 5 - Le sezioni dei due fori: vengono sovrapposti i punti rilevati alle sezioni previste in fase di progetto a partire dai dati in possesso della Soprintendenza; ad un generale allineamento dei due rilievi si accompagnano localizzate discrepanze.

### **Conclusioni e Sviluppi futuri**

L'approccio metodologico seguito ha consentito la verifica della situazione progettuale, l'assistenza all'impresa nel creare un riferimento stabile per il posizionamento della perforatrice e il tracciamento di punti atti ad un controllo del corretto avanzamento dello scavo.

L'esecuzione concorde all'ipotesi progettuale dei fori, senza recare danni al contesto di pregio del cantiere, costituisce felice riscontro della bontà dell'approccio seguito.

### **Ringraziamenti**

Si ringrazia la ditta Cingoli s.r.l. per la disponibilità ed il supporto fornito in sede di cantiere.