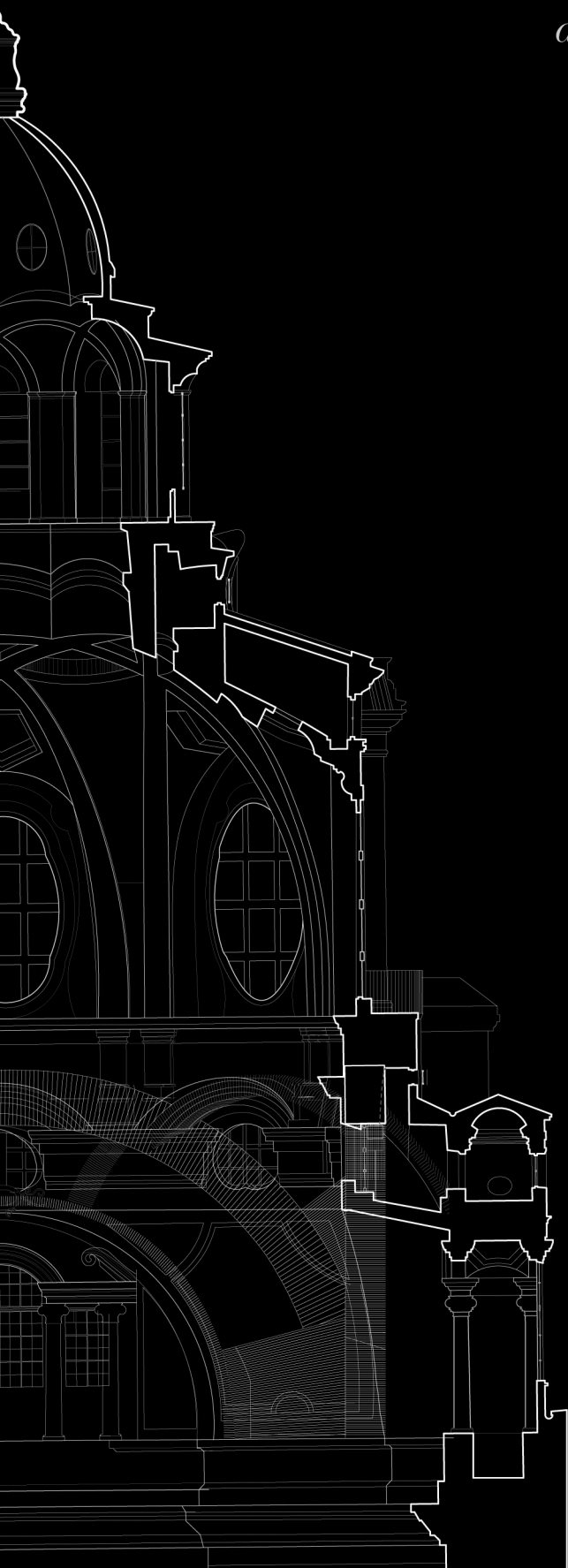


Le strutture nascoste della Real Chiesa di San Lorenzo a Torino.

*La configurazione guariniana degli arconi
di sostegno e le trasformazioni successive.*

Livia Lopomo
Renata Rinaldi

Prof. Edoardo Piccoli
Prof. Cesare Tocci



Le strutture nascoste della Real Chiesa di San Lorenzo a Torino.

*La configurazione guariniana degli arconi
di sostegno e le trasformazioni successive.*

Relatori:

Prof. Edoardo Piccoli
Prof. Cesare Tocci

Candidate:

Livia Lopomo
Renata Rinaldi



Politecnico
di Torino

Tesi di laurea Magistrale in
Architecture for Heritage

a.a. 2024/2025
sessione di Dicembre 2025



Abstract

Se la luminosa cupola ellittica - immagine geometrica caratterizzante della Real Chiesa di San Lorenzo a Torino - si manifesta apertamente anche negli elementi strutturali che la compongono, lo stesso non avviene per l'impianto che la sorregge. Quest'ultimo è celato da una quinta scenica, composta da un tamburo circolare, pennacchi e volte coniche, che ne occultano lo scheletro statico reale: quattro imponenti arconi laterizi. Tali arconi risultano accessibili soltanto attraverso le intercapedini poste al di sopra delle cappelle, ma la loro lettura è resa ancor più complessa dalle integrazioni murarie erette durante l'intervento di restauro del 1828.

Gli oggetti della ricerca sono inquadrati dunque in questa porzione nascosta della fabbrica. L'indagine sulla geometria degli arconi nella loro conformazione originaria e in quella consolidata - nonché sul loro rapporto con altri elementi costruttivi della chiesa - consente di formulare domande più precise e mirate sulle fasi storico-costruttive, offrendo al contempo un ulteriore e importante tassello alla comprensione del meccanismo strutturale dell'intera architettura.

Integrando la lettura diretta della fabbrica, l'analisi delle fonti storico-archivistiche e i rilievi digitali di diversa tipologia e accuratezza, sono stati prodotti nuovi elaborati grafici, volti a disvelare le porzioni del manufatto difficilmente accessibili. Inoltre, applicando un metodo inizialmente proposto da Antonino Giuffrè - e già altre volte applicato sia pure in contesti meno impegnativi di quello qui esaminato - si sono chiarite le complesse interazioni strutturali tra gli arconi principali e le strutture ad essi addossate sui due lati.

La ricerca ha consentito di ipotizzare tre fasi costruttive principali nel cantiere seicentesco: la costruzione contestuale di volte coniche, pennacchi e imposte degli arconi; l'erezione degli arconi su centine lignee, le cosiddette chiavi, in parte ancora presenti nella fabbrica; il collegamento degli arconi, tra loro e con le pareti di perimetro, mediante archi diagonali e rampanti.

Lo studio degli interventi randoniani ha invece permesso di discernere le sovrastrutture dal sistema originario. Il consolidamento ottocentesco ha previsto l'aggiunta di una ghiera estradossale, di muretti di contenimento laterali e un esteso sistema di tiranti metallici, garantendo l'integrità dell'edificio per i successivi secoli, sebbene la percezione visiva dell'assetto precedente sia stata compromessa.

Confrontando la configurazione originaria con quella attuale dell'edificio, si riesce così a restituire l'immagine unitaria dell'audacia strutturale di Guarini e ad aprire nuove prospettive di ricerca su un organismo di straordinaria complessità.



Extended Abstract (Eng.)

Although the Church of San Lorenzo in Turin has been extensively studied with regard to its compositional and historical aspects, certain gaps persist concerning the structural functioning of the architectural entity, particularly pertaining to the elements not visible from within the church.

This research proposes a brief historical introduction aimed at elucidating the architectural development of the building and the construction sites already undertaken by Guarini, followed by a description of the principal architectural features. Guarini, having arrived only after the foundations laid by Carlo di Castellamonte and therefore constrained by the existing planimetric layout, was able to develop the architecture of San Lorenzo with great innovation, deliberately revealing certain parts while concealing others.

This architectural stratagem, called in this research the *quinta scenica*, as theatrical architectural screen, is composed of conical vaults, pendentives, and three-dimensional arches which— although exhibiting a structurally coherent scheme of its own —conceal the true structural framework supporting the dome, namely four massive brick arches. Positioned above the conical vaults and visible only through a narrow cavity, their inspection is difficult, leading to interpretative shortcomings. This portion of the structure was also subject to a significant restoration in the 1820s, which compromised its legibility. The present thesis aims to at least partially fill the lacuna concerning the hidden structures of the Church of San Lorenzo and to contribute new insights into the understanding of Guarini's architecture.

The research thus focused on this portion of the church. The primary objectives concerned the survey of the structural elements supporting the dome and the understanding of their structural mechanism, as well as the identification of the successive construction phases within the seventeenth-century site. Concurrently, it was necessary to recognize the interventions affecting the hidden structures, specifically distinguishing original elements from those related to the 1827–1830 consolidation by architect Carlo Randoni.

The study employed various integrated disciplinary methods to ensure both qualitative and quantitative comprehension. The recent surveys provided were compared with historical-archival sources. Through terrestrial and aerial photogrammetry, it was possible to reconstruct the qualitative image of the church: in the former case at the limited scale of the cavities where

the arches are visible, and in the latter, extended to the entire building. Terrestrial laser scanning, taken as a reference for subsequent integration, supplied detailed analysis with metric precisions on the order of millimeters and such density as to reconstruct the entire church. The employment of the latest mobile scanning technique was particularly important for capturing surveys within the narrow cavities above the vaults.

The integration of these techniques through ICP registration algorithms allowed for the creation of a coherent singular 3D model, which was subsequently modeled in Rhinoceros or imported into CAD for the extraction of two-dimensional representations.

On these representations, a less well-known method developed by Antonino Giuffrè—typically applied in simpler contexts with orthogonal grids—was employed. The previously produced sections were analyzed to remove non-structural elements and, having isolated the plane containing the arches, the traces of structures in front of or behind it were projected, clarifying the relationships among the load-bearing elements.

The proposed analyses led to the development of a hypothesis regarding the construction phases based on the steps documented in the *Libro della Fabbrica* and on in situ observations, conveniently divided into three macro-phases. Assuming the construction of the external perimeter walls and the lower portions of the elevation as preliminary or phase zero (preceding the construction within the research area), Guarini simultaneously built the conical vaults, pendentives, and springings of the arches. In the second phase, the arches were erected using wooden centering, or *chiavi*. This centering, unable to rest on the slender conical vault, was positioned out of plane with elements bearing on the corner towers and on the extrados of the vault covering the conical *tromba*. The thesis asserting that the wooden centering present is a remnant of the construction site is further supported by the absence of connection between the reticular structure and the arches. In the third phase, Guarini is understood to have stiffened the existing structure through a secondary system made up of diagonal and flying arches. The former, placed at forty-five degrees to the arches (arranged in a square pattern) and designed with a segmental arch profile, and the latter, connecting the arches to the perimeter walls functioning as buttresses, improved the overall stability.

The boldness of Guarini's design becomes evident only after stripping away the current indistinct mass of masonry resulting from the intervention undertaken in 1827—a subject not yet fully analyzed until this thesis—

which substantially modified the original structural arrangement.

Randoni, upon recognizing the lesions on the arches, consolidated the system through the addition of masonry masses: he implemented extrados ring beams for each main arch, completed intrados retaining walls, and added extrados retaining walls. Also intervening on the secondary system, he doubled the diagonal and flying arches. Finally, he resorted to an extensive system of metallic ties and containment chains intended both to improve the global structural performance and to secure the connections between these structures and the Guarini originals. Contrary to what was claimed in previous publications, it has been recognised that these secondary elements were already present and were subsequently doubled.

These new research findings, although limited to the area described above, add a new perspective on Guarini's architectural design, revealing the creative genius of the Theatine in terms of aesthetics, geometry and structural solutions. The research has brought to light hidden and less documented aspects of the church of San Lorenzo and, thanks to in-depth archival research and advanced methods and technologies, has made it possible to study the building more effectively than in the past.





Le strutture nascoste della Real Chiesa di San Lorenzo a Torino.

La configurazione guariniana degli arconi di sostegno e le trasformazioni successive.

Indice

Abstract

Extended abstract (Eng.)

1. La chiesa di S. Lorenzo a Torino	16
1.1 Introduzione storica	17
1.2 Caratteri architettonici	28
1.3 Strutture apparenti e strutture nascoste: la quinta scenica	37
1.4 Interrogativi aperti	41
2. Metodologia d'indagine	45
2.1 Ricerca storica e principali fonti consultate	47
2.2 Il progetto di rilievo	52
2.2.1 Il rilievo strumentale	52
2.2.2 Il rilievo diretto	57
2.3 La rappresentazione bidimensionale	59
2.3.1 Le "sezioni" alla Giuffrè	59
2.4 Il modello tridimensionale	62
3. Risultati	65
3.1 Guida ai componenti citati	67
3.2 Un'ipotesi sulle fasi costruttive	76
3.3 Il restauro randoniano	92
3.3.1 Le ragioni	92
3.3.2 Disamina dell'intervento	95
Conclusioni	111
Apparati	117
Cronistoria essenziale	118
Schede relative al manufatto	119
Appendice A- Documenti archivistici	132
Appendice B- Tavole	144
Bibliografia	150

Capitolo 1

La Chiesa di San Lorenzo a Torino

La chiesa di S. Lorenzo a Torino

Sebbene l'architettura di Guarino Guarini sia stata ampiamente trattata, il seguente capitolo si configura come una nota introduttiva volta a fornire gli strumenti per la comprensione delle successive elaborazioni grafiche. Oltre ad un breve inquadramento storico dell'edificio, seguirà una descrizione volta a mettere in luce la complessità geometrica che lo contraddistingue, così da poter individuare ed enunciare le parti che saranno oggetto di analisi nei capitoli successivi.

1.1 Introduzione storica

La genesi della chiesa di S. Lorenzo abbraccia più di un secolo di stratificazioni, ed è l'esito di un intreccio tra le ambizioni ducali, il genio architettonico di Guarini, e le esigenze dell'Ordine Teatino.

Il sito dell'attuale chiesa, infatti, situato nella città antica, è caratterizzato da una storia insediativa di lunga durata. Sin dal XII sec. l'area dell'attuale San Lorenzo era stata in parte eletta a luogo di culto, ospitando inizialmente una chiesa di origine tardo longobarda dedicata a Santa Maria del Presepe (o Santa Maria della Neve)¹.

L'intitolazione a San Lorenzo avvenne soltanto nel 1557, come *ex voto* del duca Emanuele Filiberto in seguito alla vittoria sull'esercito francese a Saint-Quentin, proprio nel giorno dedicato al santo. In quell'occasione l'edificio antico fu restaurato e riconsacrato, e adattato a cappella palatina², anche se la realizzazione

di una costruzione *ex novo* avvenne soltanto a partire dal 1634 durante il ducato di Amedeo I, nipote di Emanuele Filiberto³. Egli decise di trasformare la cappella palatina in chiesa pubblica e di conferirle un impianto centrale con ingresso da Piazza Castello⁴. I lavori iniziarono nello stesso anno secondo il piano dell'architetto di corte Carlo di Castellamonte, ma furono presto interrotti per via delle difficoltà politiche e le guerre. Sarà il figlio di Carlo, Amedeo di Castellamonte, a riprendere i lavori nel 1664⁵; del suo intervento, tuttavia, non permane quasi nulla, poiché al suo incarico subentrò ben presto Guarino Guarini⁶.

Benché il Guarini fosse giunto a Torino nel 1666 per altri incarichi -come la progettazione della cappella della SS. Sindone- la grande considerazione di cui godeva a corte e in città, e la sua appartenenza allo stesso ordine dei Teatini,

1. ELWIN CLARK ROBISON, *Guarino Guarini's Church of San Lorenzo in Turin*. Tesi di Dottorato (Ph.D.), Cornell University, Ann Arbor, MI, University Microfilms International, 1985, p. 67.

2. SUSAN ELISABETH KLAIBER, *Guarino Guarini's Theatine Architecture*. Tesi di dottorato (Ph.D. diss.), Columbia University, Ann Arbor, MI, University Microfilms International, 1993, p. 186.

3. *Ivi*, p. 198.

4. *Ivi*, p. 253.

5. ROBISON, *Guarino Guarini's Church of San Lorenzo in Turin*, op. cit., p. 102.

6. *Ivi*, p. 25.

insediati nel frattempo nella chiesa e convento di San Lorenzo, gli consentirono di imporsi come progettista, promuovendo dapprima modifiche al progetto in corso, le quali vennero accettate di buon grado, e poi una completa sostituzione del progetto castellamontiano con il suo progetto.⁷ Resta il fatto che i disegni della sua architettura furono, inevitabilmente, vincolati dai piani precedentemente proposti o già realizzati: tra i probabili vincoli figurano, secondo Elwin Robison, il portico lungo la piazza, la presenza di un Oratorio della Confraternita degli Schiavi, la sacrestia e un vestibolo che conduceva all'oratorio dell'antica chiesa.⁸ Queste restrizioni fisiche presenti hanno probabilmente portato Guarini allo sviluppo della chiesa in pianta centrale, il cui scavo delle fondazioni cominciò nel 1670.⁹

7. *Ivi*, p. 24.

8. *Ivi*, p. 109.

9. *Ivi*, p. 114.

La chiesa di San Lorenzo a Torino



Fig. 1.1 Paliotto d'altare nella Chiesa di S. Lorenzo, opera di Carlo Antonio Tantardini di Valsassina (1677-1748). Il bassorilievo raffigura il voto fatto da Emanuele Filiberto a San Lorenzo nella battaglia di S. Quintino nel 1557.

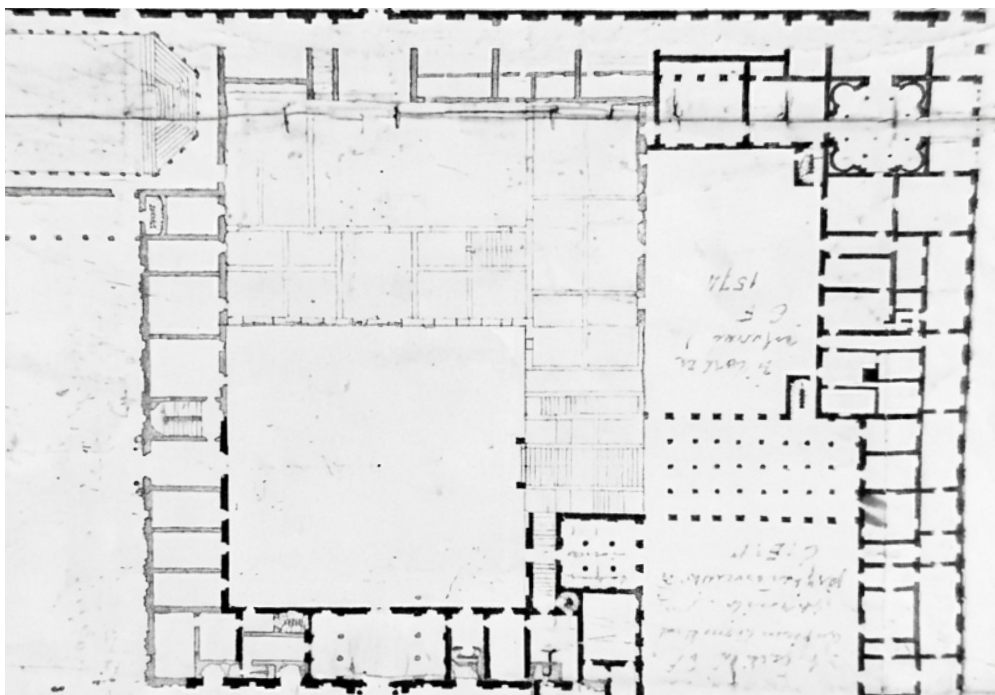


Fig. 1.2 CARLO DI CASTELLAMONTE (O COLLABORATORE), *Pianta del piano terreno dei palazzi ducali di Torino*, c. 1633-1637, particolare. Torino, Biblioteca Reale, Z XVIII, n. 98.

Fonte: SUSAN KLAIBER, "Le fonti per San Lorenzo." in Dardanello G. et al (a cura di), Guarino Guarini, Umberto Allemandi & C., Torino, 2006, pp. 330.

Fig. 1.3

La cupola dell'aula centrale e quella minore sull'altare, a destra.



Fig. 1.4

La luminosa cupola dell'aula centrale a otto archi incrociati.



Fig. 1.5 A destra:
vista dal basso sulla volta conica e sui
tamponamenti forati della cupola.

Fig. 1.6 In basso:
vista dal basso da una delle cappelle assiali.
In alto si nota la struttura ripetuta ad archi
incrociati del lanternino.





Fig. 1.7

Vista grandangolare delle cappelle angolari e assiali. Al centro, altare.









Fig. 1.8 In alto a sinistra:
il vestibolo -residuo dei sedimi presenti
all'attuale chiesa- che precede l'aula centrale
con la Scala Santa e la Cappella dell'Addolorata.



Fig. 1.9 In basso a sinistra:
La Chiesa di San Lorenzo vista dal Museo
di Palazzo Madama. La cupola connota la
presenza della chiesa all'interno del sedime
urbano, in quanto priva di facciata.

Fig. 1.10 In alto:
L'altare maggiore, risalente al 1680 e progettato
da Guarini. Staccato dalle pareti perimetrali per
conferire maggior risalto.

Fig. 1.11 A sinistra:
La torre campanaria di San Lorenzo, sul retro
della chiesa. La torre, incompleta, sarebbe
dovuta apparire come una colonna dionica.

1.2 Caratteri architettonici

Il sentimento che pervade immediatamente lo spettatore entrando nella chiesa di S. Lorenzo è senza dubbio la meraviglia, originata dal sapiente gioco di luci che anima le geometrie in movimento, sia nella pianta che nell'alzato.

Come precedentemente menzionato, l'assetto planimetrico risulta condizionato sia da vincoli urbani che da richieste della committenza, come pure da necessità liturgiche proprie dell'ordine teatino che si era trasferito nell'Opera di S. Lorenzo già dal 1634 e di cui Guarini stesso ne faceva parte¹⁰. L'ingresso alla chiesa è preceduto da un atrio parallelo alla piazza, che conserva l'immagine della Scala Santa nella posizione originaria dell'antica cappella¹¹. L'impianto è di tipo centrale, con un presbiterio ellittico che allunga l'invaso sull'asse dell'ingresso ed è seguito da un coro elongato collocato alle spalle dell'altare. Con questa configurazione

sono garantite sia le esigenze dell'Ordine che quelle di cappella ducale, garantendo visibilità alle funzioni liturgiche senza ostacoli spaziali.¹² Se all'esterno gli angoli delle murature seguono il perimetro quadrangolare del lotto, l'interno risulta invece continuamente scolpito e smussato fino a diventare ondulato¹³: dall'aula centrale si aprono sei cappelle perimetrali -oltre a quella che incornicia l'ingresso- per mezzo di diaframmi concavi convessi¹⁴, formati di colonne protese verso l'interno dell'aula e addossate ai muri perimetrali. Le cappelle presentano profondità variabili, più accentuata negli angoli e più contenuta in corrispondenza dei lati centrali.¹⁵ Le colonne che creano questa articolazione spaziale sono sormontate da voltine a forma di stella. Se la parte inferiore dell'aula è caratterizzata da rivestimenti in marmi policromi dai toni piuttosto scuri, volgendo lo sguardo verso l'alto si coglie un netto contrasto luminoso

10. KLAIBER, *Guarino Guarini's Theatine Architecture*, op. cit., p. 210.

11. ROBISON, *Guarino Guarini's Church of San Lorenzo in Turin*, op. cit., p. 111.

12. KLAIBER, *Guarino Guarini's Theatine Architecture*, op. cit., p. 263.

13. ROBISON, *Guarino Guarini's Church of San Lorenzo in Turin*, op. cit., p. 39.

14. CARMELA CRESCENZI, "La Real Chiesa di San Lorenzo. L'architettura della struttura", in U. Velo - L. Aiello (a cura di), *Il modello in architettura: tra cultura scientifica e rappresentazione*, Alinea, 2010, p. 83.

15. KLAIBER, *Guarino Guarini's Theatine Architecture*, op. cit., p. 260.

con le superfici soprastanti, interamente affrescate con colori più tenui. A partire dalla cornice superiore emerge la vera matrice formale dell'opera guariniana: la luce.¹⁶ Diverse aperture - finestre inserite tra le serliane e nella superficie della cupola - costituiscono le principali fonti luminose della chiesa, dall'innegabile effetto scenografico.

La cupola, composta da otto archi intrecciati, disposti su piani verticali ruotati tra loro di quarantacinque gradi e il cui inviluppo definisce la forma di un ellissoide di rivoluzione, contrasta con la sua leggerezza la apparente massività della parte inferiore dell'alzato.¹⁷ Al di sopra di essa si eleva una seconda cupola in scala

ridotta, il *lanternino*,¹⁸ anch'essa forata da oculi che illuminano ulteriormente la volta sottostante. L'insieme delle due cupole, oltre ad esprimere la tensione verso il divino¹⁹ e a garantire la diffusione della luce nello spazio interno, manifesta la presenza della chiesa all'interno di Piazza Castello²⁰ e del tessuto urbano circostante, altrimenti non percepibile.

Infatti, la chiesa è priva di facciata²¹, mentre il campanile risulta celato dai volumi costruiti all'interno dell'isolato. La mancata realizzazione del prospetto ideato da Guarini - pur avendolo concepito tenendo conto dei vincoli come la permanenza del vestibolo - fu conseguenza delle direttive ducali finalizzate a conservare l'uniformità

16. ROBISON, *Guarino Guarini's Church of San Lorenzo in Turin*, op. cit., p. 37.

17. *Ivi*, p.163.

18. *Ivi*, p. 39.

19. GUARINO GUARINI, *Architettura civile, del padre d. Guarino Guarini cherico regolare: opera postuma*, appresso Gianfrancesco Mairesse all'insegna di Santa Teresa di Gesù, Torino, 1737, p. 134. La creazione di strutture 'snelle' e protese verso l'alto come quelle della cupola principale e quella posizionata al di sopra dell'altare della chiesa di S. Lorenzo esprimono indirettamente l'idea di sublime perseguita da Guarini, in quanto rappresentazione visibile del divino.

20. KLAIBER, *Guarino Guarini's Theatine Architecture*, op. cit., p. 286.

21. CARMELA CRESCENZI, "La Real Chiesa di San Lorenzo. L'architettura della struttura", op. cit., p. 83.

dell'immagine di Piazza Castello²². Il campanile, situato nella parte posteriore della chiesa, si configura originalmente come una torre cilindrica in mattoni, alla quale probabilmente avrebbe dovuto affiancarsi una gemella sul lato opposto: ciò spiegherebbe anche l'assenza di collegamenti verticali interni nell'esemplare esistente, in quanto le scale sarebbero state previste per il campanile gemello, mai costruito.²³ Incompiuta appare anche la sua finitura, in quanto le scanalature sono modellate in maniera rudimentale. La presenza di un rivestimento in stucco²⁴ avrebbe di certo conferito alla torre un aspetto più simile ad una colonna dorica²⁵, immagine che Guarini verosimilmente voleva evocare.

22. POLITECNICO DI TORINO ISTITUTO DI ARCHITETTURA TECNICA & AUGUSTO CAVALLARI MURAT, *Forma urbana ed architettura nella Torino barocca: dalle premesse classiche alle conclusioni neoclassiche*, UTET, Torino, 1968, vol. II, p. 478, citato in:

ROBISON, *Guarino Guarini's Church of San Lorenzo in Turin*, op. cit., p. 84.

L'editto voluto nel 1646 da Madama Cristina così si pronunciava sul mantenere l'uniformità delle facciate: "... acciocché la Op. cit.tà resti più abbellita e nobilitata per l'uniforme e continuato corso ed ordine delle facciate degli edifici".

23. KLAIBER, *Guarino Guarini's Theatine Architecture*, op. cit., p. 284.

24. *Ibidem*.

25. *Ibidem*.

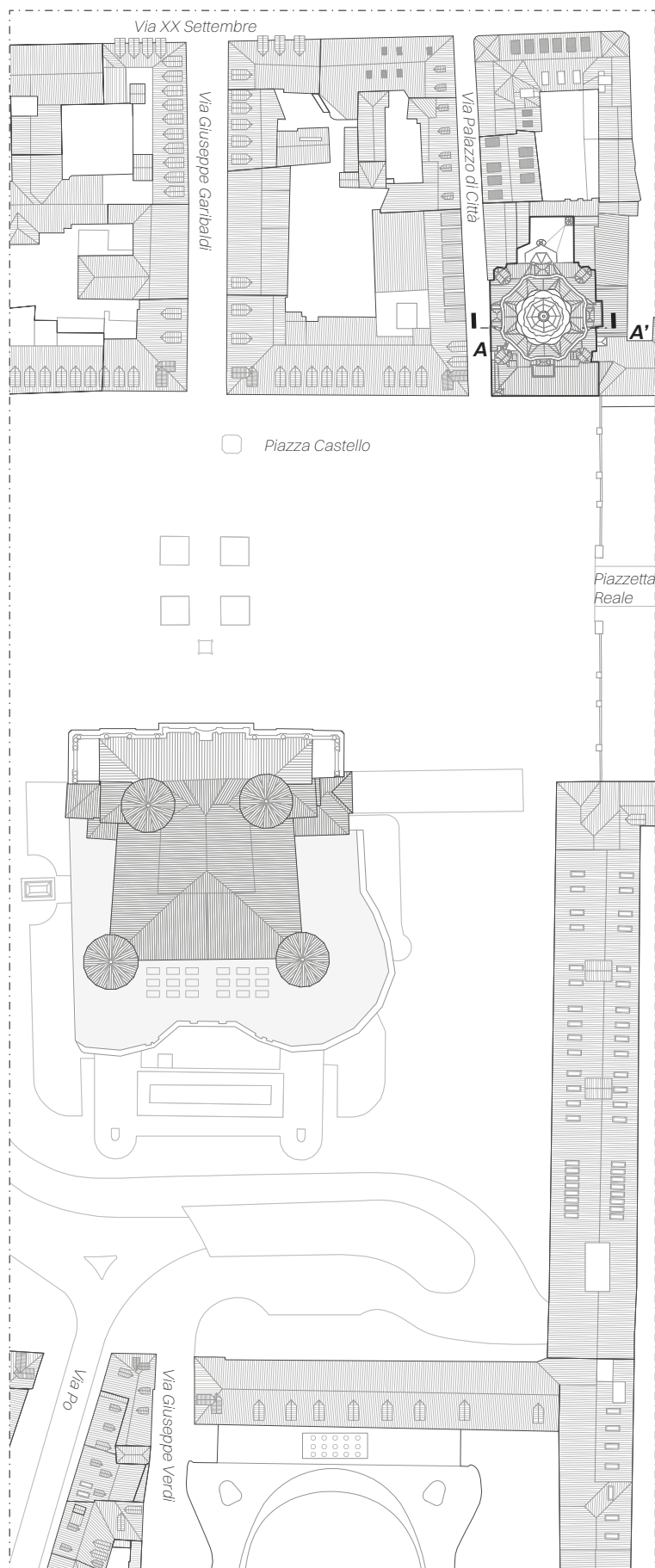


Fig. 1.12 La Real Chiesa di S. Lorenzo nell'attuale Piazza Castello.

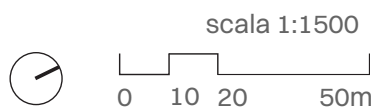


Fig. 1.13 Sezione trasversale A-A'
(linea di sezione in fig. 1.3).

scala 1:200
0 1 2 5m

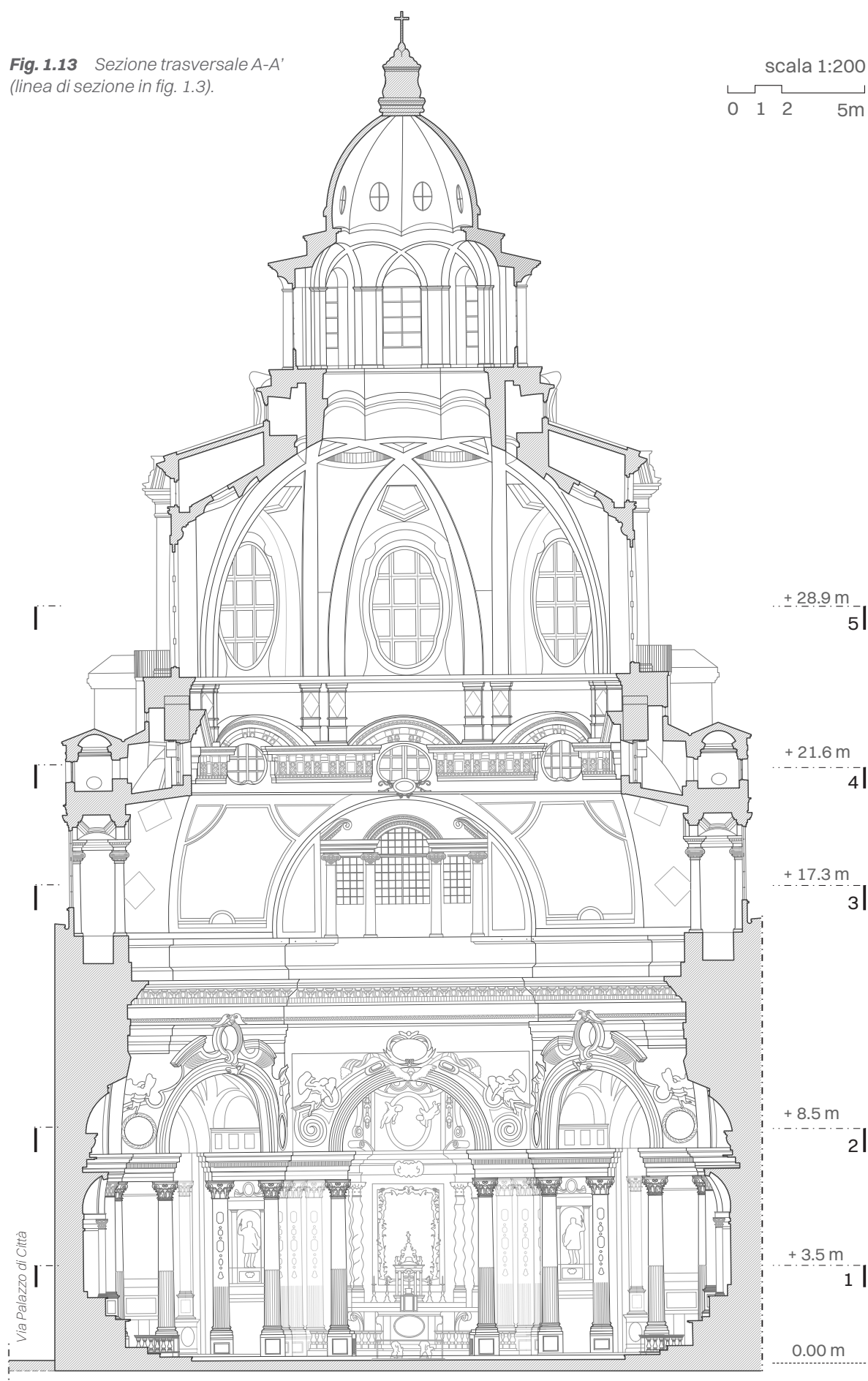


Fig. 1.14 Planimetria n.1.

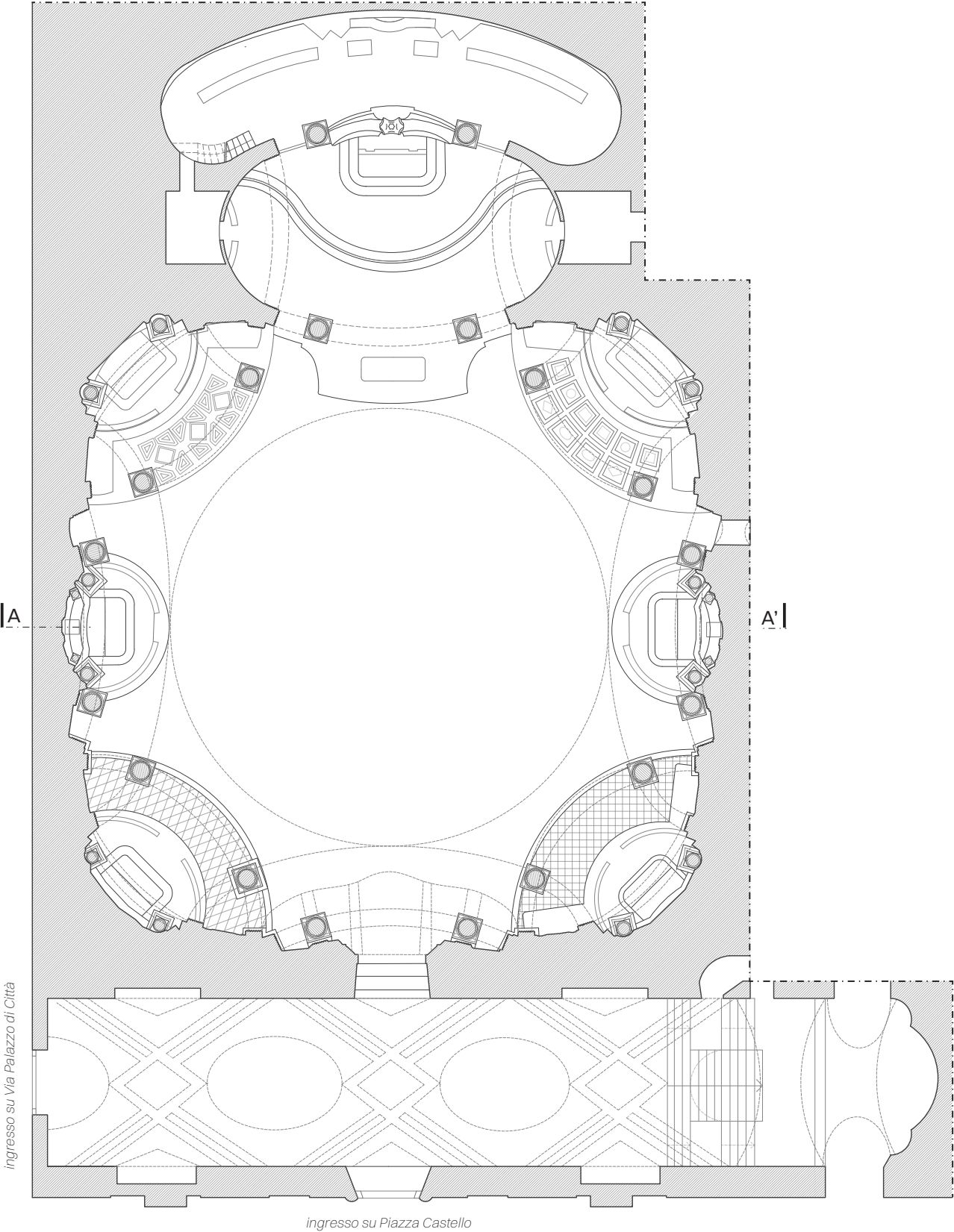
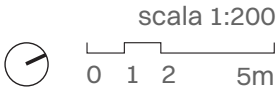


Fig. 1.15 Planimetria n. 2.

scala 1:200
0 1 2 5m

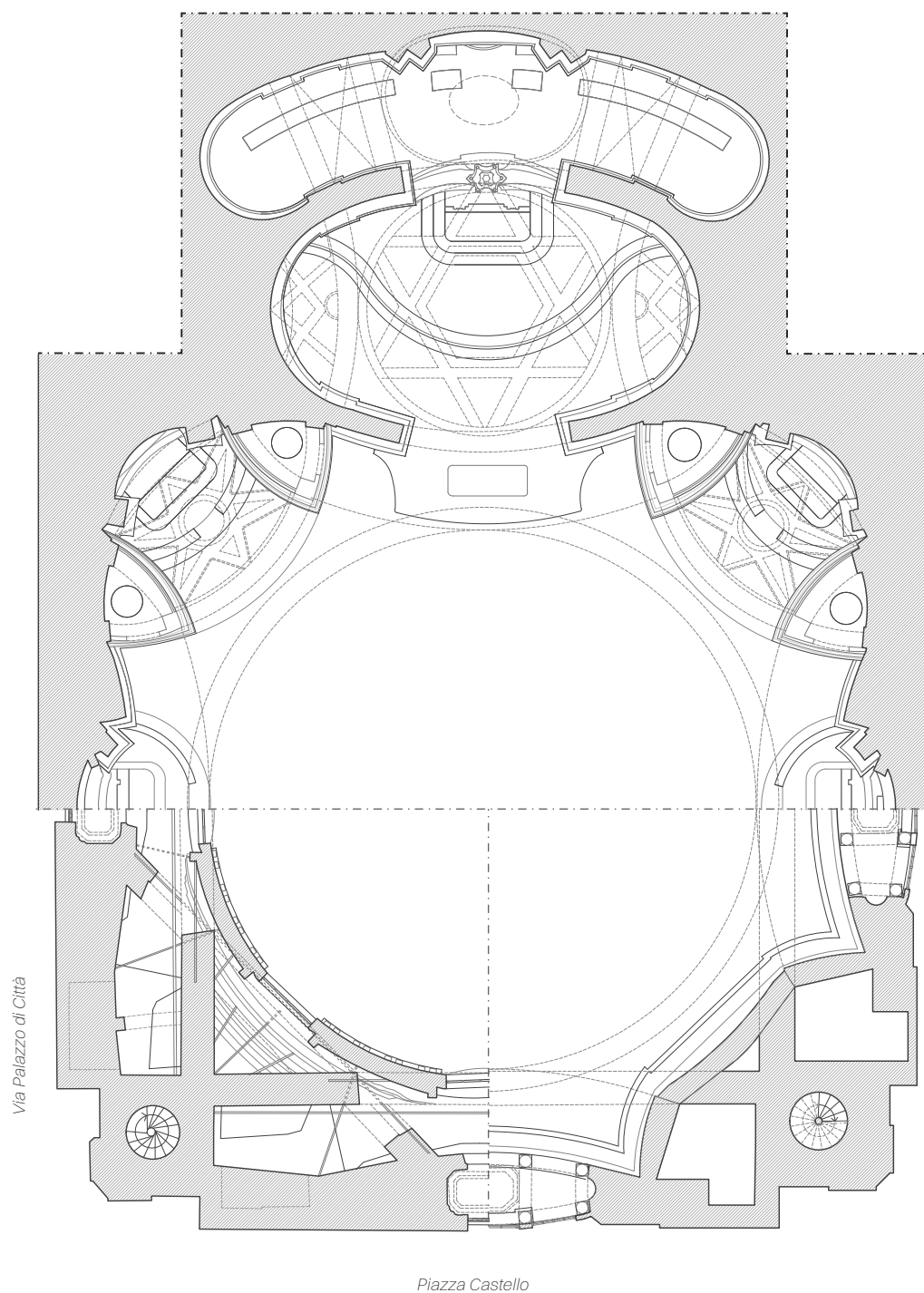


Fig. 1.16 Planimetria n. 4 (a sinistra).

Fig. 1.17 Planimetria n. 3 (a destra).

Fig. 1.18 Planimetria n.5.

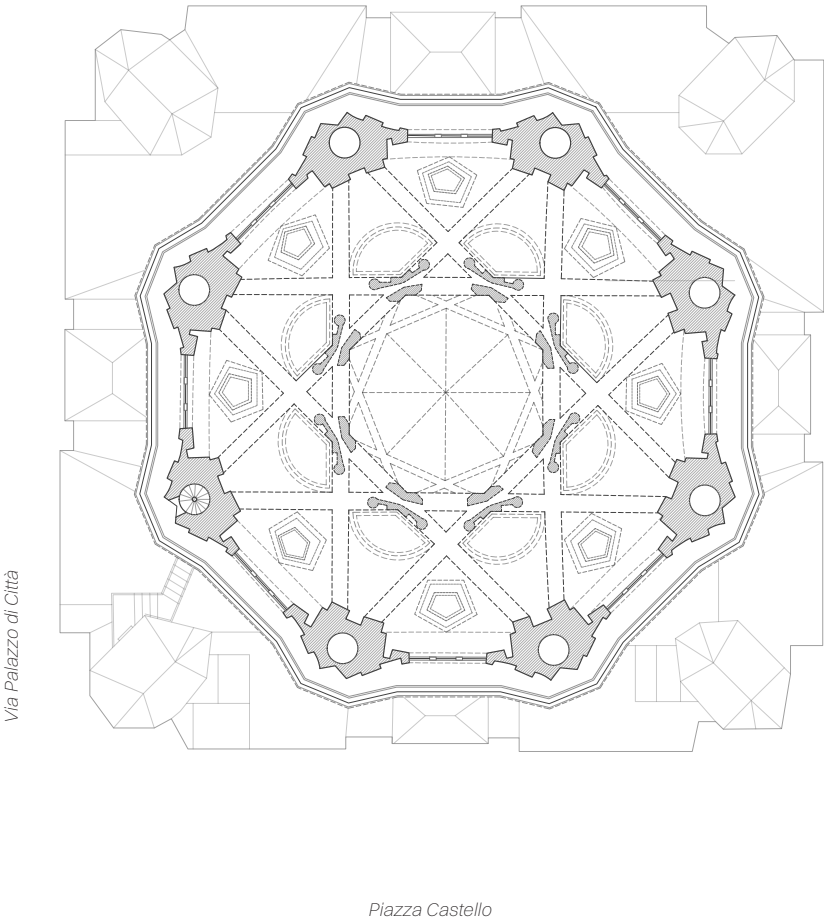
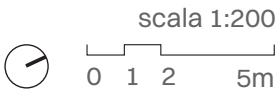
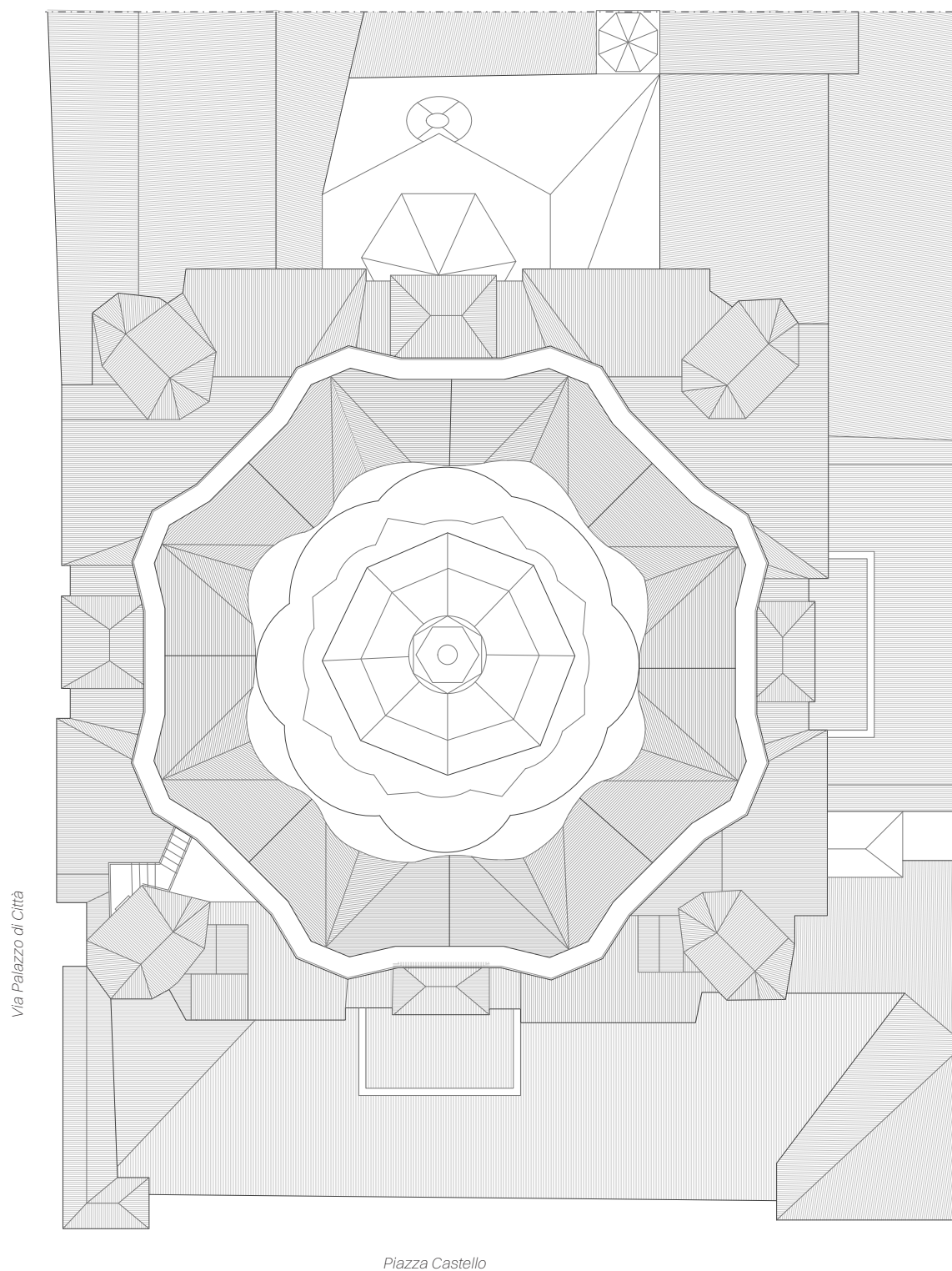
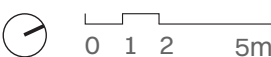


Fig. 1.19 Planimetria n.6 relativa
alle coperture

scala 1:200



1.3 Strutture apparenti e strutture nascoste: la quinta scenica

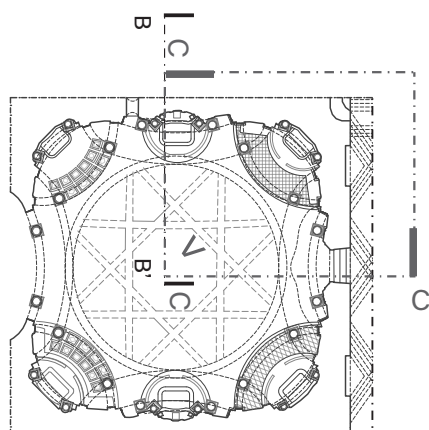
Quanto descritto finora riguarda unicamente le parti visibili della chiesa guariniana, le quali costituiscono una maschera - composta da varie superfici plastiche - che cela lo scheletro portante. Come osservato da Ugo Quarello nelle sue ricerche sulla chiesa, è possibile descrivere due modelli contrapposti: da un lato la struttura apparente, il *guscio*, in cui i pesi sembrano essere distribuiti secondo un disegno in sé coerente²⁶; dall'altro la struttura reale, invisibile, che concretamente assolve la funzione statica della fabbrica.

Nella prima gli imponenti costoloni della cupola sembrano impostare su un tamburo cilindrico - forato da otto finestre polilobate - poggiante su quattro pennacchi sferici i cui piedritti sono completamente svuotati riducendosi a coppie di colonne collegate da archi che si sviluppano su piani convessi verso l'interno dell'aula. Nella seconda struttura, che sarebbe visibile se si rimuovessero quelle appena descritte, i costoloni si innestano su quattro arconi laterizi, che in pianta formano un quadrato.

Una porzione di tali strutture è visibile appena al di sopra delle finestre polilobate, attraverso un arco che riprende la curvatura di quello maestro; tuttavia, risulta abilmente mascherato da una decorazione stuccata. Gli arconi sono inoltre connessi a coppie tramite archi ribassati, ruotati di quarantacinque gradi. Il carico gravante su questo sistema, prima di raggiungere le fondazioni, viene trasferito alle murature perimetrali mediante strutture voltate di raccordo, le cosiddette trombe coniche (anch'esse celate e di difficile ispezione) che consentono di collocare l'imposta degli arconi in falso rispetto alle pareti esterne.

26. UGO QUARELLO, "The Unpublished Working Drawings for the Nineteenth-Century Restoration of the Double Structure of the Real Chiesa di San Lorenzo in Torino," in *Nexus Network Journal*, vol. 11, n. 3, 2009, p. 370.

Fig. 1.20 Sezione prospettica B-B'.



C-C'-C porzione di chiesa analizzata
-in forma semplificata- nell'esploso
assonometrico e nei due spaccati
assonometrici.

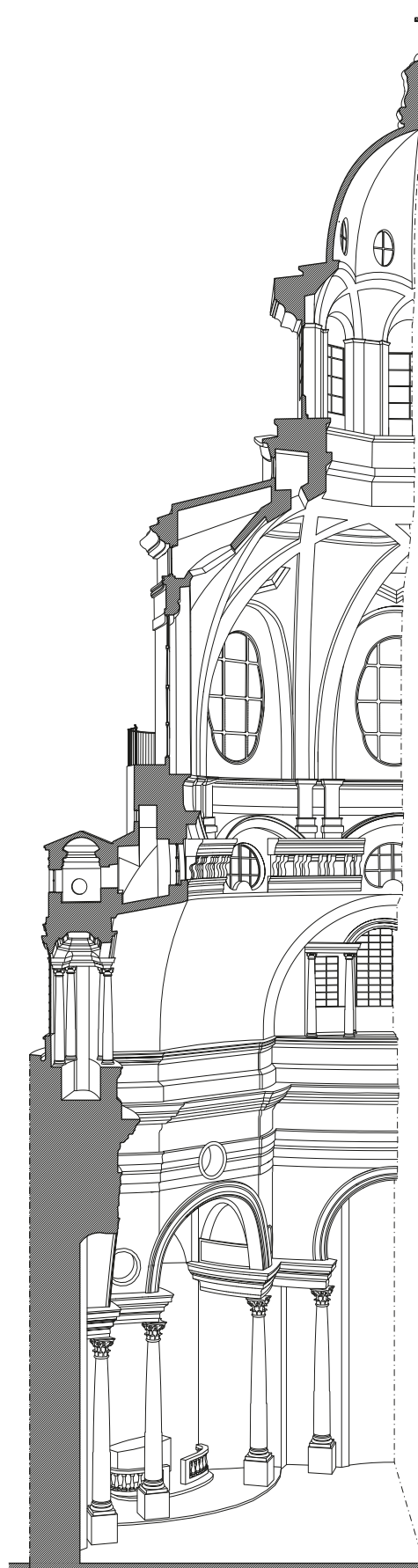


Fig. 1.21 Assonometria della “Struttura Apparente”.

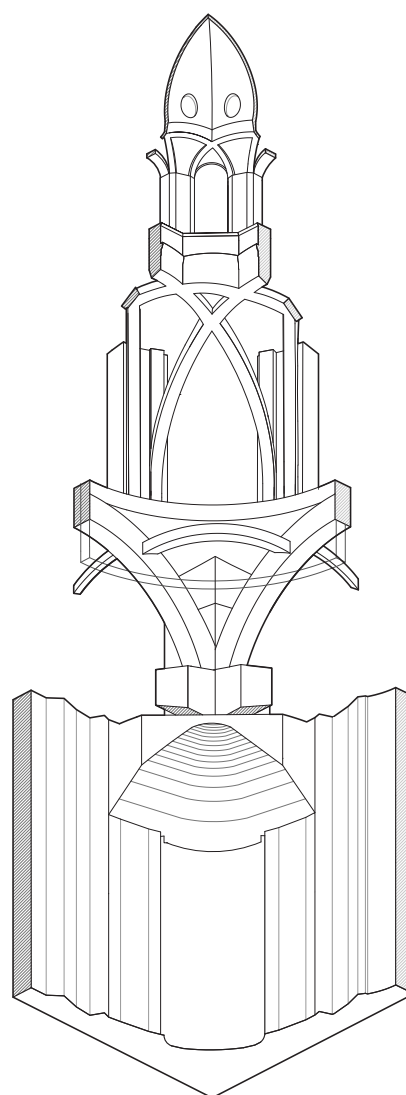
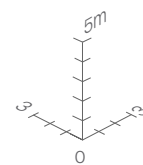
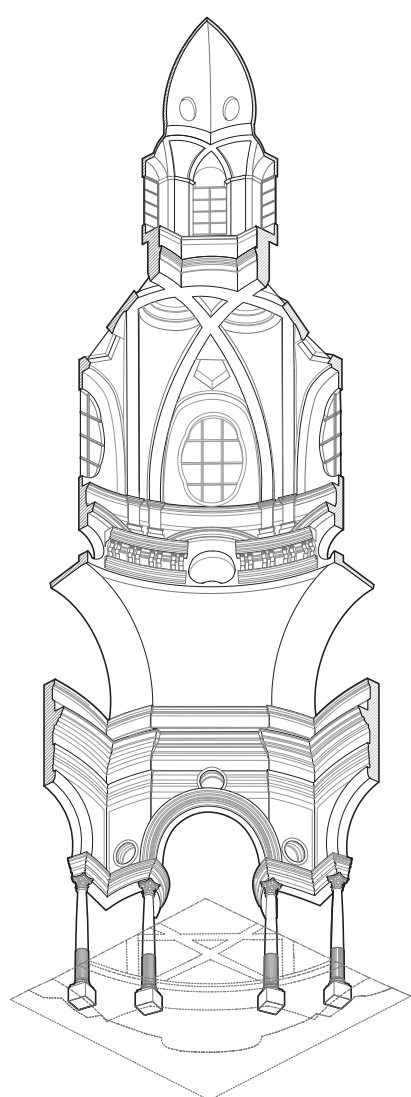


Fig. 1.22 Assonometria della “Struttura Nascosta”.

Fig. 1.23 Vista interna di uno degli intercapedini al di sopra delle volte coniche, dove sono visibili gli archi di sostegno della cupola.



1.4 Interrogativi aperti

Sebbene il tema dell'architettura scissa in forma e struttura sia stato sviluppato da diversi maestri del Barocco, i modelli ai quali Guarini si rifà rappresentano un caso insolito²⁷ rispetto ai propri contemporanei. Mentre a Roma i riferimenti, seppur alterati, provengono dal più vicino Rinascimento o dall'architettura antica romana²⁸, quelli di Guarini provengono anche dal mondo anticlassicista, come modelli islamici, gotici oppure matematico-geometrici²⁹. Per l'architettura gotica, egli non mancherà di manifestare nel suo trattato *Architettura Civile* la propria sincera ammirazione,

definendone gli edifici come *“molto forti, ma sembravano deboli e come se avessero bisogno di un miracolo per mantenersi in piedi... che, se non deliziano veramente l'occhio, nondimeno stupiscono l'intelletto e terrorizzano gli spettatori”*³⁰. In maniera innovativa quindi, lo stupore viene suscitato mostrando parzialmente la struttura, la cupola, e nascondendo gli arconi: lo stupore diventa dunque terrore per l'animo umano, perché di fatto ci si chiede come possa stare in piedi l'imponente cupola, per di più perforata, soltanto sugli esili pilastri esibiti. Sugli arconi che sorreggono la cupola

27. RUDOLF WITTKOWER, *Gothic versus Classic. Architectural Projects in Seventeenth Century Italy*, Thames and Hudson, London, 1974,

p. 85. “As the sixteenth century progressed, the theoretical position hardened, and at the mid-century mark Vasari's dislike of all things Gothic manifested a climax of negative reaction. Advanced architects of the second half of the century experimented with various facets of a strictly classical style...”

Ivi, p.83 “...the names of Borromini and Guarini cannot be left out of a consideration of the Italian attitude toward Gothic architecture in the seventeenth century.” Wittwoker sostiene come la posizione di Borromini e Guarini segna una rottura con l'ostilità nei confronti dell'architettura gotica, atteggiamento radicato da ormai un secolo.

28. EMIL KAUFMANN, *Architecture in the age of reason: baroque and post-baroque in England, Italy, and France*, Harvard University Press, Cambridge (MA), 1955. p.78: “The Baroque represents the last desperate efforts to reach this goal.” Il Barocco rappresenta per l'autore *“l'ultimo e disperato tentativo di raggiungere questa stessa meta”*, ossia riorganizzare gli elementi del codice architettonico sulla base dei principi di Vitruvio.

29. ROBISON, *Guarino Guarini's Church of San Lorenzo in Turin*, op. cit., p.1.

30. GUARINO GUARINI, *Architettura civile, del padre d. Guarino Guarini cherico regolare: opera postuma*, op. cit., p. 134. “Intento la fortezza e ne fece pompa anche nella soda disposizione degli edifizi, quella ebbe per iscopo di erigere molti forti sì, ma che sembrassero deboli e che servissero di miracolo, come stessero in piedi.”

persistono numerosi interrogativi. L'unico documento rilevante al riguardo è un'incisione autografa di Guarini intitolata "Chiave lignea di S. Lorenzo a Torino"³¹, la quale rappresenta uno degli arconi di sostegno della cupola, in relazione ad una porzione di pianta e ad una struttura lignea, sulla quale altrettanti dubbi sorgono. Tra l'incisione e l'opera effettivamente eseguita vi sono tuttavia diverse discrepanze, dimensionali e non solo, che varrebbe la pena indagare ulteriormente³².

Oltre a questa difficile corrispondenza con il costruito, si aggiunge un secondo livello di complessità nella lettura della struttura nascosta, la quale è stata oggetto principale del restauro avvenuto negli

anni Venti del XIX secolo dall'architetto Randoni³³. L'intervento ha portato alla chiusura degli originali spazi vuoti che si vedono nell'incisione attraverso l'uso dello stesso metodo costruttivo. Benché Randoni abbia trasmesso il suo progetto attraverso elaborati grafici e tecnici, manca tuttavia una solida conoscenza del suo intervento di restauro; comprenderne le motivazioni e pratiche, che verranno analizzate in seguito, aiuterebbe non solo a valutare l'intervento eseguito, ma anche decifrare l'invenzione guariniana.

A tal proposito la ricerca, lungi dal pretendere di sciogliere i numerosi nodi che interessano la chiesa di S. Lorenzo, si è concentrata nella porzione di architettura entro cui si

31. L'incisione "Chiave della Cupola di S. Lorenzo", datata al 1677 ca, è conservata nell'Archivio di Stato di Torino: ASTR, Carte topografiche e disegni, Ufficio generale delle finanze, Tipi Sezione II, Torino, Chiese, m. 17.

32. Per le ipotesi sulla funziona statica della chiave lignea, vedi FRANCO ROSSO, "Arconi laterizi e «chiavi» lignee nella chiesa guariniana di San Lorenzo" in Dardanello G. et al (a cura di), *Guarino Guarini*, Umberto Allemandi & C., Torino, 2006, pp. 349-356.

33. I documenti pervenuti circa il restauro effettuato da Carlo Randoni sono di diversa natura e comprendono disegni, relazioni tecniche e documenti di acquisto dei materiali utilizzati nel restauro. L'inizio è datato al 1823, anno in cui l'architetto firma una relazione in cui illustra i problemi riscontrati durante i rilievi. Seguono documenti circa lo sviluppo e rapporti di cantiere, dal 1825 al 1828. Nel 1829 e poi 1830 vengono invece menzionati gli ultimi lavori di finitura: marmo, stucchi, dorature e basi delle colonne. Nella chiesa sono inoltre visibili alcune incisioni degli operai che hanno fatto parte del cantiere ottocentesco, come su alla base di una delle finestre polilobate del tamburo.

estendono gli arconi di sostegno (vedi fig. 1.15) È stato tuttavia necessario estendere l'indagine ad altri componenti architettonici con i quali gli arconi interagiscono, al fine di comprenderne i rapporti spaziali e temporali che intercorrono tra essi: gli arconi di sostegno (A), le volte coniche (B), i pennacchi (C), la chiave lignea (D), le torri angolari (E), le coppie di costoloni della cupola (F), i muri esterni (G), il sistema di tiranti metallici e le aggiunte randoniane. Mappare precisamente questi elementi, osservarne i rapporti che intercorrono tra di essi ha consentito il riconoscimento degli elementi 'originali' da quelli posteriori, rendendo possibile aprire a nuove ipotesi e considerazioni.

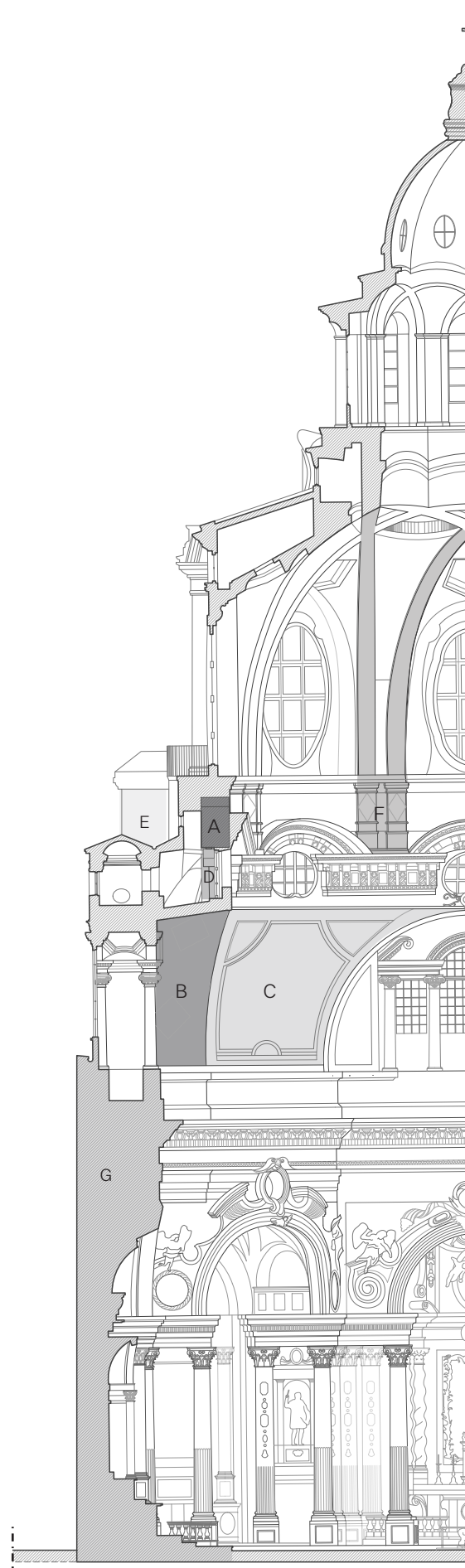


Fig. 1.24

Sezione A-A'; componenti architettonici oggetto d'analisi.

Capitolo 2

Metodologia d'indagine

Metodologia d'indagine

Questo capitolo presenta le tecniche d'indagine adottate durante il percorso metodologico che ha sostenuto l'intero lavoro di tesi. Diversi approcci sono stati integrati tra loro, fornendo una solida base su cui elaborare, sviluppare e verificare gli argomenti di ricerca. Oltre allo studio bibliografico, hanno avuto una rilevanza significativa l'analisi delle fonti archivistiche, comparate con i sopralluoghi e il rilievo strumentale. Le considerazioni così maturate sono state riassunte in forma grafica applicando un'idea proposta da Antonino Giuffrè e della quale sono state qui testate le potenzialità interpretative in un contesto particolarmente complesso.

2.1 Ricerca storica e principali fonti consultate

Il ricorso alle fonti archivistiche rappresenta una chiave di lettura importante per l'interpretazione di qualsiasi manufatto architettonico.

Nel nostro caso, l'analisi di archivio ha permesso di ricostruire l'evoluzione morfologico-strutturale del San Lorenzo e di individuare alcune delle problematiche strutturali emerse nel tempo; questo ha permesso così una maggiore comprensione delle scelte che hanno caratterizzato gli interventi successivi alla costruzione da parte di Guarini.

Sono state esaminate diverse tipologie di fonti: incisioni, disegni, documentazione scritta e fotografica. Queste sono state consultate in formato digitale, raccolte e messe a nostra disposizione da un gruppo di lavoro, a cui partecipano i nostri relatori, che le ha precedentemente raccolte e scansionate presso i seguenti enti: l'Archivio Storico Fotografico della S.A.B.A.P (Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio) per la Città Metropolitana di Torino, l'Archivio Storico D'Andrade presso la stessa Soprintendenza, l'Archivio di Stato di Torino, e l'archivio Franco Rosso ugualmente conservato nell'Archivio di Stato di Torino.

I documenti grafici storici adottano diverse unità di misura, il che ha reso necessario operare alcuni accorgimenti, per consentire

il confronto diretto con i nostri elaborati. I disegni sono stati ridimensionati e roto-traslati sul rilievo in corso, tenendo conto della possibile deformazione durante il processo di scansione. La comparazione è stata utile per evidenziare i cambiamenti avvenuti nel tempo. Dove presenti, sono state considerate le firme, legende e descrizioni apposte ai disegni. Parallelamente, la documentazione scritta - nonostante abbia richiesto una trascrizione in italiano corrente - ha fornito ulteriori informazioni.

Tra i documenti di maggior rilievo, in ordine cronologico di pubblicazione, se ne annoverano alcuni che sono stati considerati come fonti archivistiche di riferimento. Di seguito sono enunciati i punti salienti di ciascuno. Tali documenti sono stati poi allegati o elencati nella sezione 'Apparati' della presente tesi.

Libro della Fabbrica (1670-1690 circa).

Il libro, conservato presso l'Archivio di Stato di Torino, è stato consultato indirettamente tramite i passi riportati dalla tesi di Robison (1985).

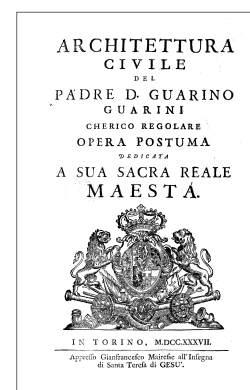
Il documento è stato fondamentale per la ricostruzione delle fasi costruttive e per collocare la ricerca in una finestra temporale definita.

L'Architettura civile di Guarino Guarini (1737).

All'interno del volume sono contenuti i principi guida dell'architettura guariniana. In particolare, si menzionano i paragrafi in cui Guarini loda l'architettura gotica per la sua leggerezza strutturale, in contrasto con la massiva *architettura romana*¹.

Gli elaborati grafici dedicati alla chiesa sono testimonianza dell'intero progetto guariniano.

Nella *Facies interna*², Guarini illustra l'intero alzata della chiesa sezionando in mezzzeria, descrivendo un apparato decorativo e dei serramenti differenti da quelli effettivamente realizzati. Un'altra caratteristica della sezione sono gli archi maestri rappresentati come cavi e contrassegnati nel nocciolo dalla lettera "V"³. Franco Rosso successivamente verificò in maniera sperimentale questa



1. GUARINO GUARINI, *Architettura civile, del padre d. Guarino Guarini cherico regolare: opera postuma*, op. cit., p. 134; cfr. paragrafo 1.3.

2. *Ivi*, Apparati.

3. FRANCO ROSSO, "Arconi laterizi e «chiavi» lignee nella chiesa guariniana di San Lorenzo" in Dardanella G. et al (a cura di), *Guarino Guarini*, op. cit., p. 350.

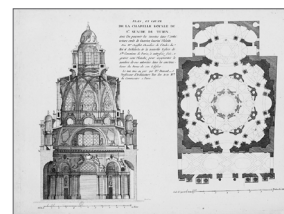
nozione, sostenendo che la lettera V fosse solo un rimando a delle didascalie da corredare all'incisione, in quanto gli arconi risultano pieni.

La *Facies Externa*⁴ proposta da Guarini non venne mai realizzata per decreto ducale, il quale impose uniformità del linguaggio architettonico delle facciate su piazza Castello.⁵

Fra le incisioni fondamentali relative al progetto guariniano si cita, infine, *La Chiave della Cupola di San Lorenzo*, incisione rappresentativa della concezione idealizzata della struttura nascosta della chiesa. Tale incisione, pur non inserita nell'*Architettura Civile*, è stata comunque attribuita al Guarini, e fatta risalire alla fase di progettazione.

L'incisione della pianta e della sezione realizzata da Jacques-Germain Soufflot (1750).

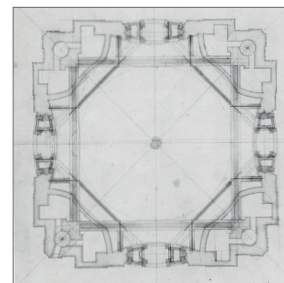
A quasi un secolo dal completamento della cupola, Soufflot si limita a riprodurre la stessa incisione che Guarini aveva pubblicato nel trattato *L'Architettura civile*.



I disegni di Randoni del rilievo e del restauro di S. Lorenzo (1823-1828).

I disegni di Carlo Randoni, databili dal 1823 al 1828, stupiscono per il livello di precisione e la comparabilità con il rilievo ottenuto dalle moderne tecnologie.

L'aspetto critico, nell'analisi di questa documentazione grafica, ha riguardato il complesso problema della distinzione tra i tratti



4. *Ibidem*.

5. Cfr. paragrafo 1.2.

rappresentanti il progetto di Randoni e quelli relativi al rilievo della chiesa. Mancano su queste tavole, infatti, non solo i titoli relativi ai disegni, ma anche altre indicazioni chiave per la loro lettura, quali legende e misurazioni.

Miscellanea di documenti relativi al cantiere randoniano - Relazione e altre documentazioni tecniche ed economiche (1823-1828).

In questa sezione vengono comprese tutti i documenti, e i relativi allegati, concernenti il restauro randoniano. I documenti sono a firma dello stesso architetto progettista, o sono riferibili agli impresari che hanno lavorato al cantiere di restauro, o ancora vengono redatti da un assistente di Randoni, un misuratore dei Palazzi Reali.

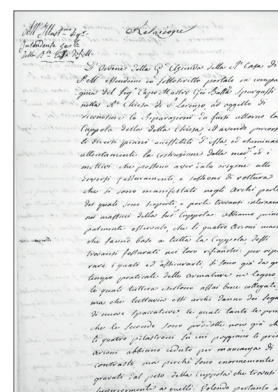
Particolarmente rilevante è la relazione del 1823 firmata da Randoni, dove sono espone le condizioni di conservazione degli archi di sostegno della chiesa; vengono accennati gli interventi di consolidamento con un accenno sui materiali da comprare.

Sempre in questo ambito, sono conservati più documenti contrattuali relativi al materiale da costruzione per il suo intervento, tra cui il calcolo istruttivo del 24 ottobre 1825 “per la provvista della verosimile quantità di ferramenta necessaria”; l’allegato del 12 aprile 1828 “istruzione e calcolo per la provvista di limbaci (mattoni grandi)” firmata da Randoni; l’allegato del 13 luglio 1828, “fornitura mattoni per riempimento arconi”, firmato Randoni e Achino.

I disegni pubblicati nell’articolo intitolato “La Real chiesa di San Lorenzo in Torino” di Alessandro Proto e Luigi Denina (1920).

I disegni pubblicati rappresentano piante e sezioni della chiesa al tempo del rilievo dei due architetti, i quali però attribuiscono tutte le costruzioni presenti ad un unico cantiere, quello guariniano.

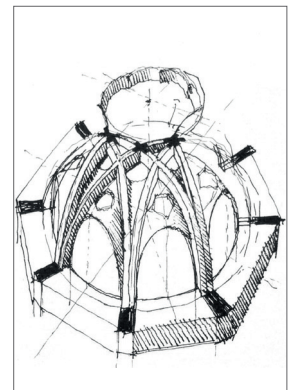
Lo spaccato assometrico, sorprendente per la rappresentazione



d'insieme che fornisce dell'intera struttura, mostra per la prima volta gli archi maestri rinforzati a seguito del passaggio di Carlo Randoni.

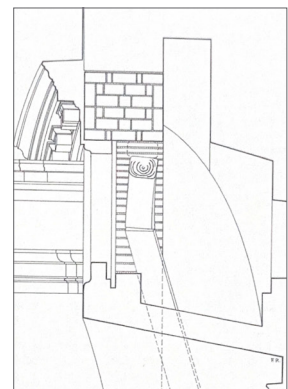
Il rilievo di Mario Passanti pubblicato nel libro *Il magico mondo di Guarino Guarini* (1963).

Il rilievo di Mario Passanti, effettuato nella seconda metà del Novecento, è stato pubblicato nel volume da lui scritto, il quale rappresenta una delle prime opere a studiare approfonditamente la chiesa di S. Lorenzo. Più accurato dei rilievi precedenti, questo rilievo si distingue per il dettaglio nelle misurazioni e per la rappresentazione di alcuni apparati decorativi.



Rilievo di Franco Rosso (1980-1990 circa).

Il fondo Franco Rosso, contenuto all'interno dell'Archivio di Stato di Torino, raccoglie un cospicuo numero di elaborati grafici che mostrano la chiesa in piante e sezioni poste a diverse quote, anche inedite e rilevanti per la seguente indagine, tra cui la rappresentazione dell'intercapedine tra muro perimetrale esterno, arconi e torri angolari.



2.2 Il progetto di rilievo

Il progetto di rilievo della Chiesa di S. Lorenzo, e in particolar modo delle aree non visibili degli arconi, ha tenuto conto sia delle finalità rappresentative sia delle caratteristiche specifiche del manufatto architettonico. Riconosciuto che la necessità primaria fosse la restituzione geometrica della struttura portante non visibile - sulla quale poter effettuare considerazioni di carattere storico e costruttivo - gli strumenti e le metodologie utilizzate nelle acquisizioni sono stati determinati dalle condizioni di accessibilità. La combinazione di diverse tecniche è stata funzionale all'integrazione dei dati, che altrimenti sarebbero risultati assenti o non sufficienti in alcune porzioni analizzate.

2.2.1 Il rilievo strumentale

Sebbene il rilievo indiretto abbia fornito la maggior parte dei dati per ricostruire bidimensionalmente e tridimensionalmente la zona studiata, questo è stato sempre integrato con le considerazioni maturate direttamente sul campo, a conferma della complementarità dei diversi metodi utilizzati. Nel caso del rilievo indiretto, modalità di acquisizione in cui i dati vengono raccolti senza contatto fisico con il manufatto⁶, si è utilizzato un approccio multiscalare e multi-sensore. Sono state infatti utilizzate diverse tecniche, interscambiate o integrate a seconda delle necessità. Tra queste, la fotogrammetria eseguita mediante drone e camera reflex, la scansione laser tramite postazione fissa e sistema mobile. L'utilizzo delle diverse tecniche, caratterizzate da differenti livelli di accuratezza, ha portato anche ad un risultato spendibile su diverse scale. Il rilievo fotogrammetrico terrestre è stato eseguito dalle scriventi, mentre i dati del rilievo fotogrammetrico aereo e delle scansioni laser sono stati forniti dal

6. Vedi RENATO CANNAROZZO; LANFRANCO CUCCHIARINI; WILLIAM MESCHIERI, *Misure, Rilievo, Progetto: Per Costruzioni, Ambiente e Territorio*, Zanichelli, Bologna, 2017.

Laboratorio di Geomatica del Politecnico di Torino, a seguito di campagne di acquisizione precedentemente effettuate.⁷ Si cerca di seguito di dichiarare in maniera sintetica i metodi e i risultati così ottenuti.

Fotogrammetria terrestre

La fotogrammetria è il metodo di rilievo che consente di ottenere informazioni metriche tridimensionali a partire da immagini, servendosi della triangolazione fotogrammetrica di punti omologhi, acquisiti tramite fotografie effettuate da punti di vista diversi ma con aree in comune.⁸

Nel caso specifico del seguente studio, la fotogrammetria terrestre è stata acquisita tramite due dispositivi differenti, a seconda delle condizioni di ripresa e necessità. In caso di spazio sufficiente e condizioni controllabili, è stata impiegata una fotocamera reflex digitale Nikon D3200 (sensore APS-C da 24.2 megapixel, risoluzione 6016 × 4000 px), con scatti

realizzati a distanze variabili, ma con focale fissata a 15mm, cercando di garantire il più possibile la sovrapposizione fotografica per la creazione del modello tridimensionale. Viste le condizioni ambientali sfavorevoli, per la quasi totalità delle riprese e per migliorare la leggibilità delle superfici murarie, è stato necessario l'impiego di lampade LED portatili ad alta intensità; ove possibile, è stato utilizzato anche del tessuto riflettente diffusore, che ha permesso di incrementare la luce diffusa e di rendere meno marcati i coni d'ombra. L'acquisizione del dato colorimetrico è risultata particolarmente rilevante in quanto le scansioni laser di cui si era in possesso non includevano l'RGB: il riconoscimento cromatico dei materiali, in particolare il colore dei mattoni, è stato utilizzato nella distinzione della ghiera degli archi. Negli spazi più ristretti, come al di sotto della chiave dell'arcone (o in asse con la finestra polilobata del tamburo) sono stati utilizzati anche gli smartphone Iphone 8plus e Iphone 16Pro, che hanno consentito maggiore

7. Si ringrazia pertanto il Professor Fulvio Rinaudo, il Dott. Giacomo Patrucco e il Laboratorio di Geomatica per aver condiviso le proprie acquisizioni di dati e il supporto tecnico fornito.

8. Vedi RENATO CANNAROTTO ET AL., *op. cit.*

manovrabilità e rapidità di acquisizione.

Le fotografie ottenute sono state poi elaborate attraverso l'utilizzo di un software e un'applicazione per dispositivi mobili, rispettivamente RealityScan (RealityCapture nelle precedenti versioni) e Polycam; quest'ultima opzione è risultata vantaggiosa nel caso delle fotografie con il cellulare, con possibilità di creare piccoli modelli direttamente sul sito rilevato. RealityScan ha consentito la generazione, dapprima di una nuvola di punti sparsa, e, successivamente, una nuvola densa ad alta risoluzione, con densità media stimata superiore ai 5000punti/m²: da questa è stato prodotto un modello tridimensionale. Attraverso i passaggi di color mapping e di texturizzazione, si è reso il modello più dettagliato, e sono state estratte delle ortofoto delle superfici rilevate, ovvero immagini raddrizzate e corrette dalle distorsioni geometriche. Queste immagini sono state poi rettificate e adattate ai disegni CAD già prodotti, al fine di integrare il dato metrico del rilievo a quello qualitativo delle immagini.

Fotogrammetria aerea

La fotogrammetria aerea è stata condotta attraverso un micro-drone, modello DJI Mavic Mini 3, al fine di poter mappare zone difficilmente accessibili con strumentazione terrestre, come le superfici della cupola, cupolino e lanterna. Questa tecnica ha consentito infatti l'acquisizione sia contenuti metrici (geometrie e superfici) che radiometrici ad alta risoluzione. I dati acquisiti hanno generato a loro volta una nuvola di punti fotogrammetrica densa.

Scansione terrestre fissa

Le scansioni laser terrestri (TLS), invece, sono state condotte attraverso un laser scanner, modello Faro Focus3D X 330, di tipo phase-shift (a differenza di fase), ovvero misurando la distanza tra lo strumento e le superfici confrontando la differenza di fase tra l'onda luminosa e quella ricevuta dopo la riflessione sull'oggetto. Questo metodo rappresenta uno dei più accurati e consolidati nell'ambito del rilievo architettonico, ragion per cui è stato utilizzato come base metrica di riferimento dell'intera ricerca condotta. L'accuratezza ottenuta è di circa $\pm 2\text{mm}$, a discapito però di alti costi e tempi di acquisizione molto

lunghi. Sono state effettuate infatti 25 scansioni complessive, con un tempo di ripresa di circa 5 ore. Le singole scansioni sono state allineate con algoritmi di registrazione producendo un modello estremamente accurato e dettagliato, con una densità totale di circa 1 miliardo di punti. Sebbene questo garantisca il controllo di numerosi dettagli geometrici, al contempo si rende difficile la navigabilità e soprattutto l'esportazione in altri programmi.

Scansione terrestre mobile

L'acquisizione è avvenuta con un Mobile Mapping System (MMS), con sistema Stonex X120GO SLAM. Questo tipo di ripresa dei dati rappresenta ad oggi uno dei modi più innovativi nel campo dei rilievi architettonici, in quanto è possibile acquisire nuvole di punti tridimensionali sia in ambienti interni che esterni senza bisogno di GPS o connessioni GNSS. L'operatore si è potuto muovere all'interno dello spazio secondo diverse traiettorie, portando con sé il sistema mobile che man mano produce in tempo reale una nuvola di punti 3D secondo l'algoritmo SLAM (Simultaneous Localization And Mapping). Proseguendo nelle scansioni, il sistema è in grado di correggere la posizione

attraverso informazioni inerziali, rilevando movimento e rotazione. Questa innovazione consente di utilizzare in tempo reale l'algoritmo ICP-like (iterative closest point) per l'allineamento dei punti e successiva registrazione, consentendo un risparmio di tempo notevole, nonché economico. Le scansioni si sono concentrate nella porzione compresa tra l'imposta della volta conica e l'inizio della cupola, nelle intercapedini tra gli arconi e il muro perimetrale esterno: per tale motivo, questa nuvola è stata di rilevanza essenziale per comprendere la conformazione dell'area di ricerca. Le criticità dei dati hanno riguardato principalmente la qualità del dato; preliminarmente, sono state effettuate delle sessioni di filtraggio, correzione e ottimizzazione dei dati per migliorare la qualità della nuvola di punti prodotta. La scansione ha tuttavia fornito una solida base costituita da circa 160 milioni di punti, con una risoluzione sufficiente per la modellazione degli spazi da analizzare.

Integrazione di nuvole e segmentazione

La procedura di integrazione multisensore, già compiuta dal Laboratorio di Geomatica, è stata successivamente perfezionata e ottimizzata dalle scriventi per le specifiche esigenze di studio. Verranno descritte di seguito le operazioni eseguite, al fine di comprendere al meglio i passaggi preliminari prima della ricostruzione 3d e per garantire la replicabilità del processo, in particolare secondo il modello ICP (Iterative Closest Point), che ha garantito sia completezza e che accuratezza dei dati all'interno di un unico modello.

Le nuvole di punti acquisite mediante le diverse tecniche di rilievo (LIDAR terrestre, fotogrammetria terrestre e scansione SLAM mobile) sono state integrate mediante algoritmi di co-registrazione automatica nel software CloudCompare. La procedura ha previsto l'importazione della nuvola integrata LIDAR-fotogrammetrica come riferimento metrico principale, seguita

dall'allineamento della nuvola SLAM. Inizialmente, al fine di ridurre il rumore dei dati, è stato applicato un filtro statistico di rimozione degli outlier (SOR filter). Come passaggio intermedio è stato effettuato l'allineamento manuale con il Point Pair Picking, il quale ha consentito di individuare coppie di punti corrispondenti tra le due nuvole e realizzare un allineamento grossolano.

L'allineamento è stato successivamente affinato mediante l'algoritmo Iterative Closest Point (ICP)⁹. Quest'ultimo minimizza iterativamente la distanza tra i punti omologhi nelle aree di sovrapposizione, ottimizzando la trasformazione rigida (rotazione e traslazione) fino al raggiungimento di una convergenza accurata.

Il vantaggio principale di questo approccio è stato quello di compensare le insufficienze rilevate nel rilievo di livello inferiore, dove i soli dati LIDAR e fotogrammetrici risultavano parziali o a bassa densità: l'aggiunta dei dati SLAM ha fornito la completezza geometrica necessaria per la produzione di piante

9. Vedi CLOUDCOMPARE FOUNDATION. (S.D.). *Alignment and Registration - Picking (equivalent) point pairs*. Disponibile online al link [https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php/Alignment_and_Registration#Picking_\(equivalent\)_point_pairs](https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php/Alignment_and_Registration#Picking_(equivalent)_point_pairs), ultima consultazione 14/11/2025.

e sezioni accuratamente dettagliate e metricamente affidabili. Il risultato è stata una nuvola di punti globale, multisensore e coerentemente allineata, impiegata come base per tutte le successive fasi di elaborazione grafica e analisi architettonica.

2.2.2 Il rilievo diretto

Per rilievo diretto si intende tradizionalmente l'acquisizione dei dati che presuppone il contatto diretto con il manufatto da rilevare¹⁰. Sebbene vi fossero a disposizione del gruppo di ricerca altri metodi e strumenti, l'appoggio del rilievo diretto è stato essenziale sia perché ha costituito il primo contatto critico con il manufatto, sia per aver consentito di acquisire maggiore consapevolezza sulle problematiche del sito; successivamente è stato utilizzato anche come metodo di confronto rispetto alle elaborazioni eseguite con il rilievo strumentale.

Gli ambienti di collegamento che consentono l'accesso ai vani da rilevare sono per lo più angusti e insufficientemente illuminati, caratteristiche che ostacolano alcuni metodi di rilevamento, come la fotogrammetria. Inoltre, la scarsa areazione nell'intercapedine principale del rilievo, compreso tra il muro esterno e la volta conica assieme ai pennacchi, ha contribuito all'accumulo di sfarinatura dei materiali presenti o di detriti polverizzati che - nel

10. PAOLO CLINI, *Il rilievo dell'architettura: tecniche, metodi ed esperienze*, Alinea Editrice, Firenze, 2008, p. 13.

caso della base dei pennacchi - rende difficile la lettura della morfologia originaria delle superfici, perché in parte coperte per svariati centimetri.

Durante i sopralluoghi, sono state effettuate una serie di valutazioni preliminari, sintetizzate in grafici a mano libera, ovvero eidotipi, raffiguranti per lo più lo sviluppo altimetrico e le sezioni passanti per la chiave degli arconi, attraverso la misurazione con strumenti manuali. Il principale vantaggio nell'utilizzo di questa tecnica è stato il riconoscimento dei vari elementi semantici della fabbrica, operazione di più facile soluzione tramite osservazione diretta anziché da analisi della nuvola dei punti. Tra questi casi, vi è la distinzione tra la ghiera dell'arcone e i riempimenti sia all'intradosso che l'estradosso; la separazione tra arco rampante e voltina di riempimento; il riconoscimento di muri di diverse fasi attraverso l'analisi colorimetrica e dimensionale dei mattoni costituenti. Si potrebbe continuare ancora con esempi analoghi, a conferma della grande efficacia del metodo utilizzato, che ha fornito una solida base di partenza e una visione di insieme del manufatto. Per una maggiore funzionalità, nelle giornate dei sopralluoghi è stato assegnato un numero progressivo agli arconi, che è illustrato negli Apparati a p. 119. Seguire questo schema è stato

d'aiuto sia nell' orientamento all'interno degli spazi, sia a cogliere le peculiarità dei diversi arconi, ritrovando o meno alcuni elementi fondamentali.

2.3 La rappresentazione bidimensionale

A partire dal modello tridimensionale della nuvola di punti sono stati ricavati dei disegni bidimensionali, in quanto metodo di comunicazione più efficace. Infatti, sebbene i dati provenienti dal rilievo strumentale siano densi di informazioni, senza un processo critico di interpretazione e sintesi risultano di difficile comprensione.

Per ottenere queste rappresentazioni sono stati utilizzati due software per la gestione della nuvola di punti, ovvero Cloud Compare e Recap, mentre per la realizzazione dei disegni bidimensionali è stato utilizzato AutoCAD. La nuvola di punti è stata inizialmente importata nel programma ReCap e salvata nel formato .rcp, così da poter essere utilizzata all'interno del circuito di software Autodesk e successivamente processata in AutoCAD.

La gestione dei file all'interno di AutoCAD ha seguito una procedura comune a tutti gli elaborati bidimensionali realizzati:

- Individuazione della posizione del piano di taglio tramite una linea di riferimento;
- Posizionamento del piano di taglio;
- Modifica del sistema di riferimento tramite il comando UCS: ogni piano di taglio inserito diventa un nuovo sistema di riferimento sul quale disegnare;
- Impostazione del piano di taglio in modalità "Slice" e definizione della proiezione. Nel caso di elementi sezionati viene creata una

porzione di nuvola dello spessore di 0,01 m, mentre per gli elementi non sezionati lo spessore è variato in base alle esigenze di rappresentazione;

- Tracciamento manuale della geometria: Il ridisegno della nuvola di punti non consiste in un semplice ricalco, ma rappresenta un'operazione di semplificazione della geometria visualizzata.

- Ritorno al WCS generale del file.

Una volta ottenuti i disegni bidimensionali, si sono effettuate delle verifiche di controllo basate sulle misurazioni prese durante i sopralluoghi.

Il risultato consiste in file in formato .dwg, importabili all'interno del software di modellazione 3D Rhino.

In conclusione, il metodo utilizzato, seppur dispendioso, ha permesso di ottenere un controllo completo dei risultati ottenuti e una comprensione più approfondita dell'oggetto d'indagine.

2.3.1 Le “sezioni” alla Giuffrè

Il tipo di rappresentazione proposto per gli arconi si ispira alle “sezioni strutturali” ideate da Antonino Giuffrè (1933-1997) in occasione della sua consulenza per il palazzo Wedekind a Roma e successivamente adottate dai suoi allievi, precisandone taluni aspetti di dettaglio, in diverse occasioni come il rilievo del danno di Palazzo Ardinghelli a L'Aquila, dopo il terremoto del 2009, e la caratterizzazione costruttiva del palazzo e del palazzetto Venezia a Roma¹¹. A differenza delle classiche sezioni architettoniche – finalizzate a rappresentare la distribuzione in elevato degli edifici e perciò effettuate solitamente tagliando in corrispondenza degli ambienti interni –, le sezioni alla Giuffrè si propongono di rappresentare la configurazione strutturale delle singole pareti di elevazione e sono pertanto ottenute usando due distinti piani secanti, radenti alla parete da analizzare in corrispondenza dei

suoi due prospetti, antistante e retrostante. Questo tipo di rappresentazione condensa in un disegno bidimensionale informazioni relative all'assetto strutturale intrinsecamente spaziale della fabbrica: gli elementi sezionati, che si attestano sui due paramenti, anteriore e posteriore, della parete, sono infatti per questa altrettanti vincoli (fuori piano) e consentono una più immediata interpretazione della qualità della sua configurazione strutturale. A tale scopo occorre naturalmente distinguere le diverse tipologie di vincolo esplicate dagli elementi antistanti e retrostanti – che possono derivare da pareti ortogonali a quella in esame, da semplici lesene, da orizzontamenti di diverso tipo – organizzandole criticamente, insieme alle caratteristiche costruttive intrinseche della parete, all'interno di una legenda che, per il modo stesso in cui è costruita, costituisce una sintesi ragionata dell'attività interpretativa. Nei casi prima citati, le sezioni alla Giuffrè sono state utilizzate su

11. Si ringrazia il Prof. Tocci per aver proposto questo metodo di rappresentazione e averci fornito alcuni esempi nei quali era stato applicato, tra i quali il rilievo critico del palazzo Ardinghelli, effettuato immediatamente dopo il terremoto del 2009, come attività propedeutica alla progettazione, e il rilievo critico del Palazzetto di Venezia a Roma, effettuato nell'ambito di uno studio del comportamento strutturale finalizzato a una proposta di miglioramento sismico. Il nostro ringraziamento si estende ai responsabili dei progetti citati.

edifici a maglia ortogonale, nei quali risulta più semplice isolare ed astrarre il piano d'interesse. Nel caso della complessa struttura guariniana, le difficoltà di tipo geometrico-descrittive nel tracciare le strutture dialoganti è stata nettamente maggiore.

Il risultato è un elaborato tecnico complesso, che richiede una lettura approfondita, ma che permette una visione strutturale d'insieme dell'oggetto architettonico. Inoltre, data la sua bidimensionalità, consente di eseguire misurazioni dirette sullo stesso.

VINCOLI VERTICALI	
pareti convergenti	
SIMBOLI	ESEMPLIFICAZIONE
	
antistante	
	
retrostante	
piedritti convergenti	
SIMBOLI	ESEMPLIFICAZIONE
	
antistante	
	
retrostante	

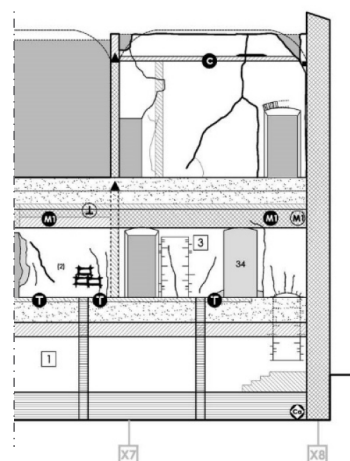


Fig. 2.1

In alto, estratto della ricca legenda che correde il rilievo di Palazzo Ardinghelli. In basso, particolare di sezione di Palazzo Ardinghelli. (disegni di Chiara Circo et al.)

2.4 Il modello tridimensionale

L'obiettivo della modellazione tridimensionale è la costruzione di un modello di studio e, al contempo, di comunicazione delle nuove conoscenze acquisite durante la ricerca.

Il software Rhinoceros (comunemente abbreviato in Rhino) è stato scelto perché consente di importare una nuvola di punti ed è globalmente riconosciuto come un eccellente programma per la modellazione di geometrie complesse. Il software consente di ottenere delle NURBS - rappresentazioni matematiche di geometrie tridimensionali¹² - a differenza delle mesh, ovvero un insieme di vertici e poligoni che definiscono la forma di un oggetto, associandola a forme triangolari o quadrangolari¹³.

La nuvola di punti è stata importata in Rhino dopo essere stata decimata, impostando una distanza minima fra i punti di 4mm in CloudCompare, passaggio necessario per permettere al software di gestire il file più efficacemente.

Successivamente, la nuvola è stata salvata

come blocco per poi essere inserita tramite "link" all'interno di un nuovo file, in modo da diminuire la mole di dati da processare.

Dopo queste operazioni preliminari, sono stati seguiti due differenti metodi di lavoro:

Metodo semi-automatico: tramite il comando "contour", che permette di ottenere delle curve della sezione della nuvola tramite numerosi piani di taglio;

Metodo manuale: sono stati inseriti numerosi piani di taglio (clipping plane) nelle aree di interesse in diverse posizioni, in seguito sono state ridisegnate le sezioni della nuvola tramite gli *snap*. I piani di ritaglio sono stati posizionati radenti o perpendicolari alle superfici degli elementi strutturali.

Una volta ottenute le curve di riferimento, è stato possibile creare delle superfici tramite il comando "Loft"; questo permette di unire più curve. Dalle superfici ottenute sono state estruse delle NURBS tramite i comandi *offsetsurf* o *extrudesrf*. Un altro comando utile per la realizzazione delle nurbs è stato il comando *revolve*, che permette di

12. RHINO3D. (S.D.). *NURBS: cosa sono e come funzionano*. Disponibile online al link <https://www.rhino3d.com/it/features/nurbs/>, ultima consultazione: 14/11/2025.

13. ROBERT McNEEL & ASSOCIATES. (S.D.). *Comando Mesh - Rhino per Mac*. Disponibile online al link <https://docs.mcneel.com/rhino/mac/help/it-it/commands/mesh.htm>, ultima consultazione 14/11/2025.

estrudere un profilo lungo una circonferenza rispetto a un asse.

Considerato che la nuvola di punti non ricopriva tutte le componenti, alcune parti sono state ricostruite tramite fotografie o fotogrammetria. Questo processo è stato necessario per le componenti situate nelle profondità dell'imposte degli arconi, dove i dati della nuvola erano assenti.

L'esportazione dal modello è stata effettuata in file formato .dxf o .dwg, permettendo così una postproduzione nei programmi di grafica. In conclusione, Rhino è un ottimo software per la modellazione 3D, grazie alla precisione, alle numerose funzionalità, alla compatibilità con differenti formati di file e alla possibilità di lavorare con la nuvola senza doverla importare direttamente nel file. Tuttavia, modellare su una nuvola di punti rimane un processo dispendioso: nonostante la decimazione, su computer con caratteristiche comuni il lavoro risulta comunque rallentato.



Fig. 2.2

Vista del modello tridimensionale sulla nuvola di punti dell'interno della chiesa (nuvola slam+lidar)

Capitolo 3

Risultati

Fig. 3.1

*Esploso assonometrico:
relazioni spaziali tra struttura
e quinta scenica.*

Cupolino

I **tamponamenti**

tra i piccoli archi
incrociati

Oculo della cupola
principale

Le **vele** tra le
nervature della
cupola

I **tamponamenti**

intervallati da
finestre polilobate

Il **tamburo circolare**,
forato da finestre
polilobate

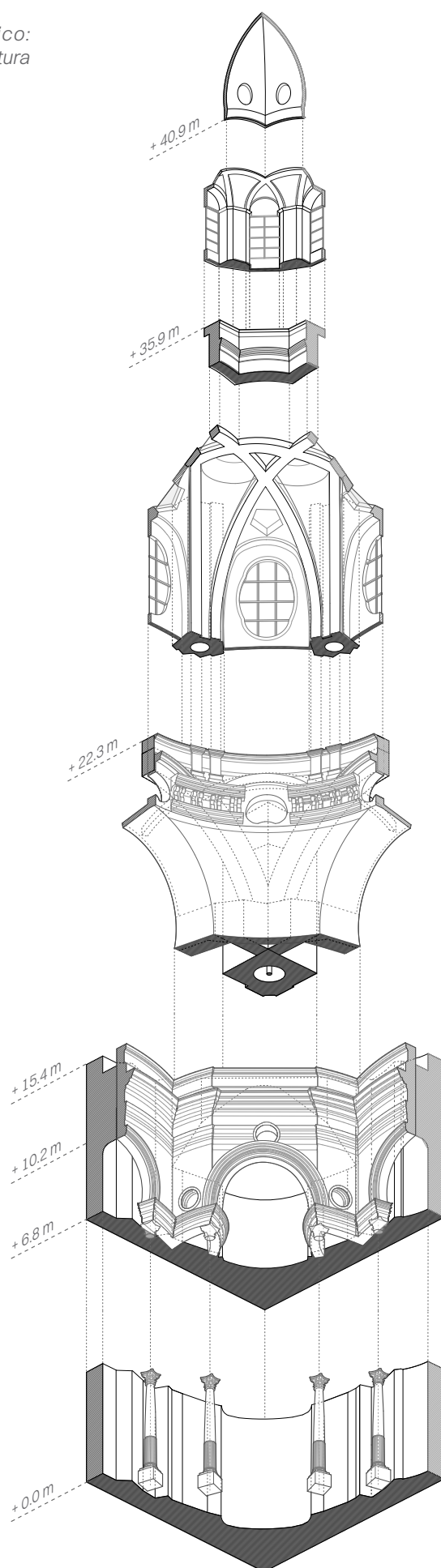
Le **volte coniche**
al di sopra delle
serliane

Il **pennacchio sferico**

La **fascia muraria** di
modesto spessore,
decorata e forata da
oculi

Gli **archi**
tridimensionali
a ferro di cavallo
sopra le cappelle
angolari

Le esili **colonne** in
marmo rosa



Archi incrociati
a sostegno del
lanternino

Paraste del
lanternino

Il **tamburo**
ottagonale della
lanterna

Le coppie di
archi incrociati
(nervature) che
costituiscono la
cupola ellissoidale

I **contrafforti esterni**
che contrastano le
spinte orizzontali
delle nervature

L'**arco diagonale**
che connette coppie
di arconi

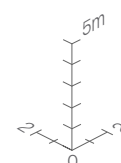
Le coppie di **archi**
rampanti che
puntellano gli arconi

Gli archi di sostegno
(arconi) alla cupola

La **torre angolare**
che contrasta le
spinte degli arconi

La **tromba conica**
che protende il muro
perimetrale verso
l'interno della chiesa

Lo spesso **muro**
perimetrale



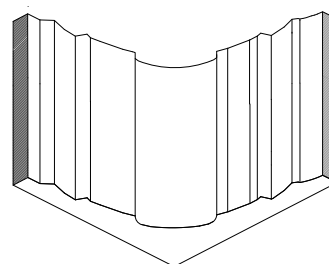
Risultati

3.1 Guida ai componenti citati

Preliminarmente alle ipotesi sulle fasi costruttive e al riconoscimento puntuale degli interventi attribuibili a Randoni, si ritiene utile proporre una mappa degli elementi costruttivi e strutturali esaminati in questa ricerca, allo scopo di semplificare il riferimento a ciascuno di essi nel corso della discussione.

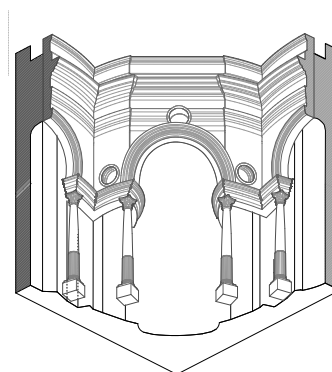
Muro perimetrale

Il muro che delimita la chiesa di S. Lorenzo segue uno schema quadrato, nella prima metà della sua altezza, per poi articolarsi nelle strutture superiori. Ha uno sviluppo in altezza di 17 m. Al piano terra ha uno spessore di circa 1 m in corrispondenza delle cappelle assiali, aumentando sino a 3 m a ridosso delle cappelle angolari.



Cappelle angolari

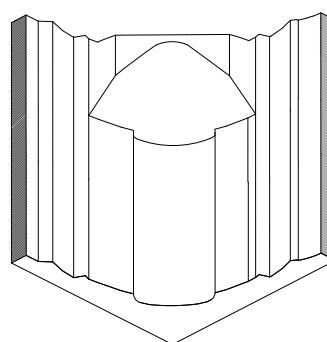
Le cappelle angolari rappresentano un dispositivo architettonico peculiare adottato da Guarini. Oltre a creare una spazialità espansiva attraverso gli archi tridimensionali che le sovrastano, occultando il meccanismo della struttura portante. Le volte che le coprono presentano delle nervature a forma di stella, con un oculo al centro. Quest'ultima caratteristica suggerisce in realtà la loro funzione di mero schermo: infatti le volte



presentano uno spessore ridotto di 21 cm¹ e al di sopra di ciascuna di esse vi è una cavità, delimitata superiormente dalla tromba conica.

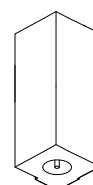
Tromba conica

È la volta conica che delimita la cavità posta al di sopra delle volte a stella delle cappelle angolari. Essa si configura sostanzialmente come un aggetto dei muri perimetrali che sposta, verso l'interno della chiesa, la loro intersezione e consente così di impostare gli arconi principali su una luce minore. La volta ha una massima altezza di 5 m².



Torre angolare

In corrispondenza dei quattro angoli della planimetria, al di sopra delle trombe coniche si innalzano quattro torri angolari, le quali



1. Lo spessore della volta a stella è stato ricavato direttamente sulla nuvola di punti, in corrispondenza del tratto immediatamente sottostante l'oculo. Il valore ottenuto deve presumibilmente essere ridotto di alcuni centimetri, attribuibili esclusivamente agli strati dell'apparato decorativo.

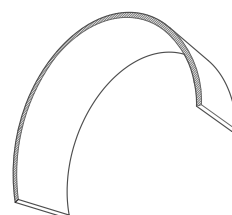
2. Il valore indicato si riferisce alla distanza tra il punto più alto della tromba conica e la sua imposta. La modellazione di questa porzione è stata realizzata utilizzando i rilievi di Franco Rosso e Randoni, integrati con i dettagli puntuali ricavati dalla nuvola di punti.

Risultati

hanno uno sviluppo planimetrico di 3.6 m per 3.8 m e uno sviluppo in altezza di 13 m, in quota con le coperture. Al loro interno presentano uno spazio cavo circolare, di diametro 1.6 m, che contiene delle scale elicoidali, le quali consentono l'accesso alle strutture superiori.

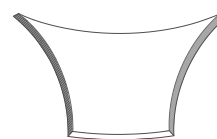
Volta conica

La volta conica si imposta alla quota +15,30 m, nel punto in cui la planimetria assume una configurazione ottagonale e segna il passaggio dal primo al secondo- più luminoso- livello della chiesa. La geometria della volta, percepibile dal basso, è quella di un tronco di cono. Il raggio dell'arco direttore maggiore è posto verso l'interno della chiesa (raggio medio 4.9 m), mentre quello minore è posizionato in prossimità del muro esterno (raggio medio 4.4 m). La luce della volta è di 9.8 m nella grande ampiezza, 8.8 m nella minore. L'apparecchiatura, in alcuni punti dell'estradosso visibile, segue le direttrici della superficie conica.



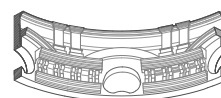
Pennacchio

Il pennacchio, che imposta alla stessa quota della volta conica, è generato dall'intersezione di una sfera con le quattro volte coniche. Costruttivamente è un sottile guscio di mattoni apparecchiati orizzontalmente, sfalsati per ottenere un aggetto verso l'interno della chiesa.



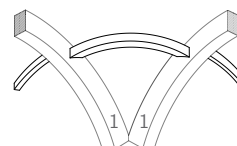
Tamburo

Al di sopra dei pennacchi e delle volte coniche poggia un tamburo circolare, con spessore di 0.6 m, forato da otto finestre polilobate (“a fagiolo”), disposte in asse con le cappelle.



Arco Maestro/Arcone ⁽¹⁾

Gli arconi di sostegno della cupola (o anche *archi maestri* come Randoni li definisce), sono l'ossatura nascosta che sostiene la cupola di San Lorenzo. Sono disposti in schema quadrangolare entro i confini definiti dalle torri angolari sopra citate. Gli arconi sono a tutto sesto e corrono al di sopra delle finestre polilobate del tamburo; l'imposta è posta sull'estradosso piano delle trombe coniche e coincide dunque con quella del pennacchio e delle volte coniche. Attualmente, gli arconi sono inglobati in strutture murarie comprendenti coppie di muretti all'estradosso e all'intradosso. Gli arconi presentano una ghiera alta circa 80 cm e una profondità di 100 cm. La loro freccia è di 4,65 m mentre la loro luce corrisponde a 13,55 m.³

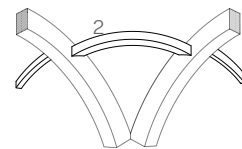


3. Le misurazioni sono state effettuate sull'arco denominato 2, analizzato più approfonditamente.

Risultati

Arco diagonale ⁽²⁾

Tra ciascuna coppia di arconi vi sono degli archi diagonali posti in pianta a quarantacinque gradi rispetto alla posizione degli archi maestri. Ciascun arco diagonale è a sesto ribassato, con imposte che si adattano all'andamento degli arconi. Essi rendono il sistema strutturale più resistente e aiutano nella ripartizione dei carichi.



Arco rampante ⁽³⁾

Seguendo l'andamento in pianta degli archi diagonali, all'interno dell'intercapedine si osservano archi rampanti, che fungono da puntelli per gli archi maestri e contrastano le spinte laterali degli archi diagonali.

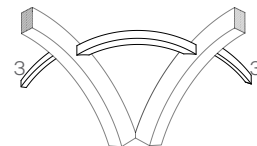


Fig. 3.2

Il tamburo riccamente decorato e l'intercapedine nascosta al di sopra delle volte coniche, ove visibili gli arconi di sostegno della cupola.

Foto: Pino Dell'Aquila.



Fig. 3.3

Vista grandangolare dall'interno delle finestre polilobate del tamburo.





Fig. 3.4

Interno della tromba conica, vista dall'estradosso delle volte a stella delle cappelle angolari.

Foto: Franco Rosso

in ASTO, Archivio Franco Rosso, mazzo 68, album 5.



Fig. 3.5

Interno dell' intercapedine da cui sono visibili gli arconi. In primo piano la chiave lignea.

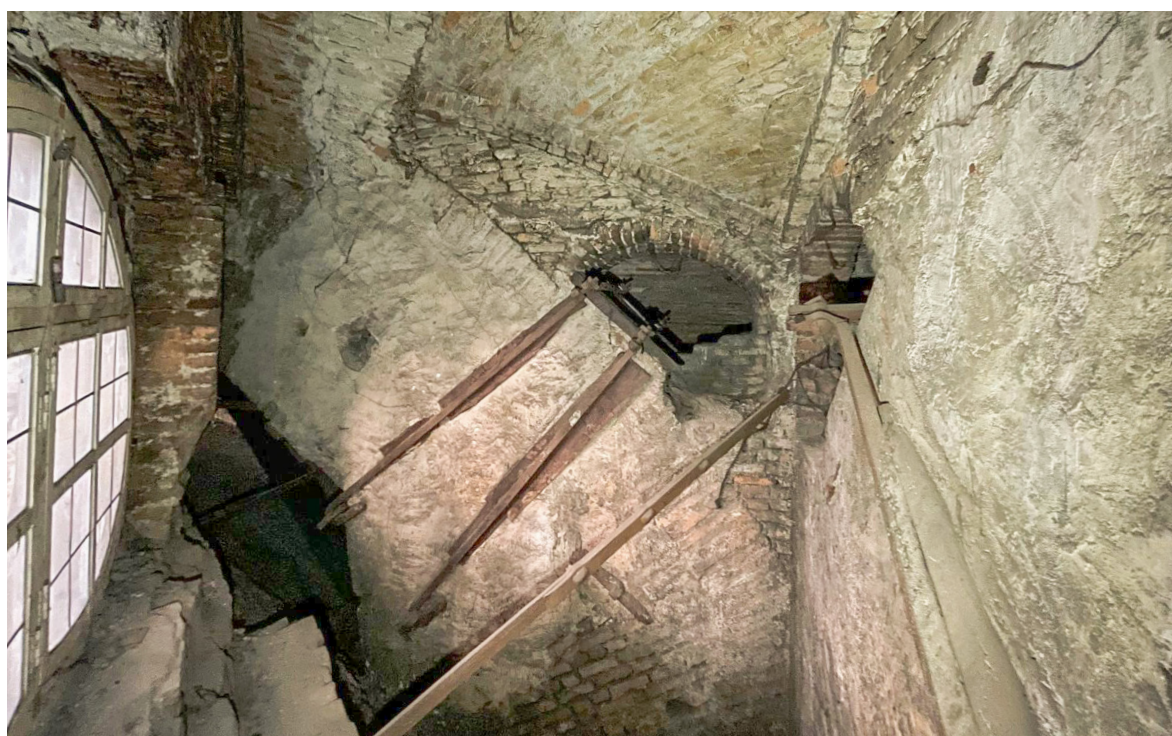
Fig. 3.7

Interno dell' intercapedine da cui sono visibili gli arconi. Intersezione tra pennacchio, volta conica e muro del tamburo.



Fig. 3.6

Spazio angolare tra i piani degli arconi e il pennacchio.



3.2 Un'ipotesi sulle fasi costruttive

Al fine di ricostruire la configurazione originaria della chiesa progettata da Guarini, è necessario indagare le relazioni stratigrafiche che intercorrono fra gli elementi strutturali, ipotizzando una possibile sequenza costruttiva. L'ipotesi proposta è il risultato delle osservazioni raccolte durante i sopralluoghi, dello studio della documentazione archivistica e del confronto proficuo con i relatori.

Sebbene le nostre considerazioni siano circoscritte all'area della ricerca, segue un riassunto delle informazioni ricavate dal Libro della Fabbrica riguardo al primo livello della chiesa.

Le prime voci del documento risalgono al 1670, anno in cui iniziarono i lavori di demolizione delle strutture preesistenti⁴. Successivamente, fra il 1670 e il 1671, proseguirono i lavori di costruzione delle

murature inferiori, per le quali si attesta l'acquisto di catene in ferro per le cappelle angolari⁵. Tra il 1673 e il 1676 è documentata la collocazione e il saldo del pagamento delle colonne che sostengono le cappelle⁶, segnando così il completamento della costruzione del primo livello della chiesa.

Nel marzo 1676, compare la seguente annotazione "*A Gio Antonio Alleza per il cavallo della macchina a sol 25 il giorno*", testimonianza dell'utilizzo della forza animale in cantiere per il sollevamento dei materiali da costruzione per il secondo livello della chiesa⁸. Nello stesso anno sono registrati importanti pagamenti, probabilmente dovuti ai costi delle massicce strutture nascoste di supporto della cupola⁹. Analogamente nel 1678, si registrano ingenti costi relativi alla realizzazione di ponteggi impiegati nella costruzione della

4. ROBISON, *Guarino Guarini's Church of San Lorenzo in Turin*, op. cit., p.114. Circa le strutture preesistenti, Cfr. paragrafo 1.2;

5. *Ivi*, p. 123.

6. *Ivi*, p. 124.

7. *Libro della fabbrica*. Manoscritto, ASTO, Sez. Corte, Regolari Teatini, Torino, marzo 1676, citato in: ROBISON, *Guarino Guarini's Church of San Lorenzo in Turin*, op. cit., p. 124.

8. *Ivi*, p. 124. Parallelamente all'utilizzo della forza animale, Robison riporta anche l'utilizzo di argani e altre macchine da costruzione.

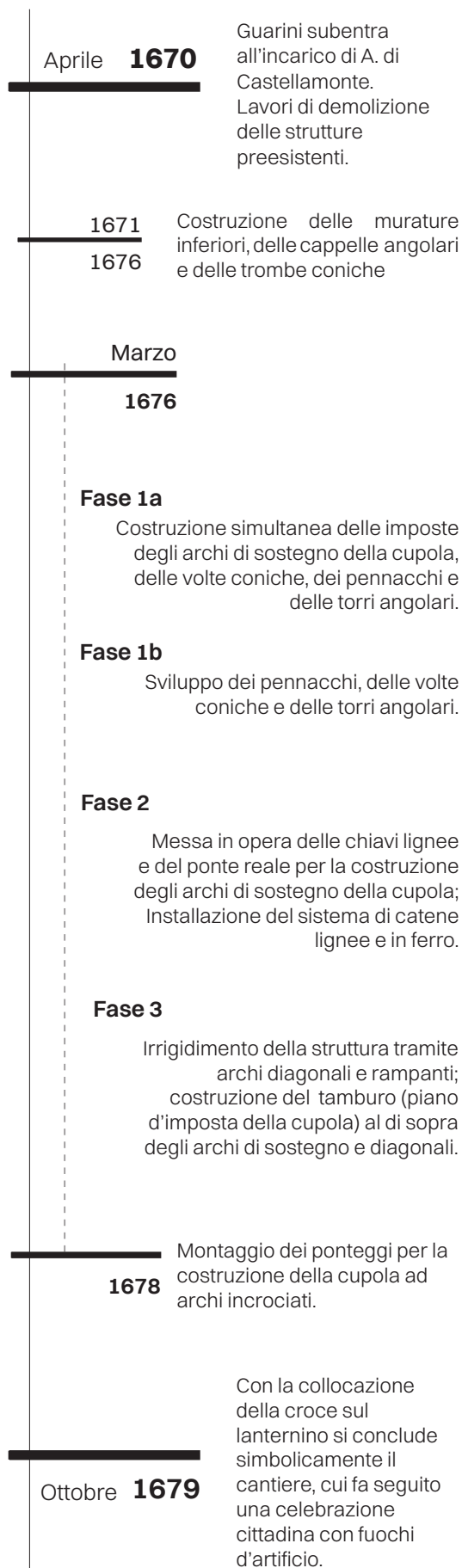
9. *Ivi*, p.125.

Risultati

cupola¹⁰.

Durante le fasi di cantiere comprese tra il 1676 e il 1678, si attesta l'edificazione della struttura nascosta, oggetto della seguente ricerca. Per ottenere una maggiore chiarezza comunicativa, nella ricostruzione da noi proposta si riconoscono tre macro-fasi costruttive, di seguito enunciate e corredate dalle considerazioni che hanno portato alla formulazione.

10. *Ivi*, p. 128.



Fase prima: imposte degli arconi, pennacchi e volte coniche.

L'ipotesi della simultaneità costruttiva di pennacchi, volte coniche e imposte degli arconi è avvalorata da ragioni costruttive e confermata da osservazioni fatte sul campo. Le quattro serliane poste sugli assi principali della chiesa sono incorniciate da volte coniche. Guardando dall'interno della chiesa, l'intersezione tra le volte coniche e i pennacchi non avviene su un piano verticale, poiché le prime aggettano leggermente verso l'osservatore, muovendosi dall'imposta alla chiave. Guardando invece dalle intercapedini nascoste che volte coniche e pennacchi delimitano, l'intersezione è riconoscibile soltanto in corrispondenza delle profonde imposte dei grandi arconi. Qui, le due superfici si intercettano, sorprendentemente, non in asse con la proiezione in pianta dell'arcone, bensì sono spostate verso l'esterno della chiesa, come possiamo osservare nella fig. 3.8. In questa immagine, risolutiva per la lettura costruttiva, si riconoscono l'innesto e la continuità di tre componenti strutturali. Sulla destra osserviamo la volta conica (VC), rivestita da uno strato di intonaco e rinforzata all'imposta con uno zoccolo di muratura (ZM) spesso 0.40 m, alto circa 1.30 m. In adiacenza, sulla sinistra, notiamo l'innesto

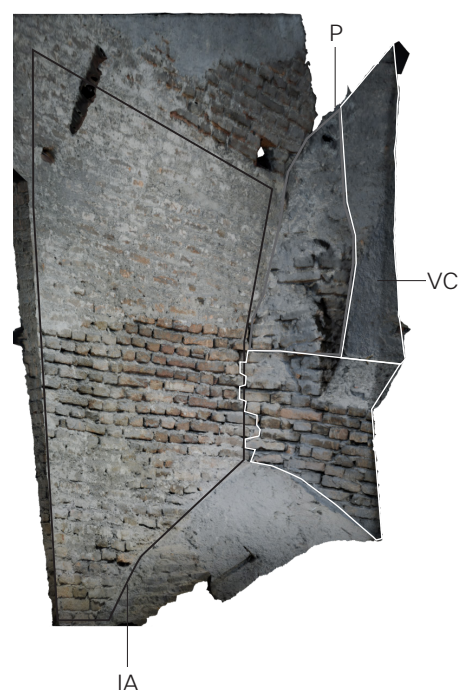


Fig. 3.8

Vista assonometria del modello fotogrammetrico dell'imposta dell'arco n. 3: raccordo di pennacchio, volta conica e imposta dell'arcone.

VC: volta conica, ZM: zoccolo di muratura, P: pennacchio, IA: imposta arconi

del pennacchio (P) individuato dal cambio di curvatura e dalla netta variazione di spessore. Ancora più a sinistra, si nota la continuità dei corsi di mattoni del pennacchio e dell'imposta (IA) degli arconi. Quest'ultima, è composta da un'apparecchiatura di corsi paralleli, intervallati da pezzi speciali ottenuti dal taglio di mattoni; lo scopo è creare dei cunei che permettano di dare un assetto radiale all'imposta dell'arco [fig. 3.9].

Se da un lato l'imposta dell'arco termina con il (e si ammorsa sul) pennacchio, dall'altro lato, invece, si ammorsa alla torre angolare. Le imposte degli arconi, dunque, gravano in parte sulle torri angolari, che contrastano le spinte verso l'esterno, e in parte sulle trombe coniche.

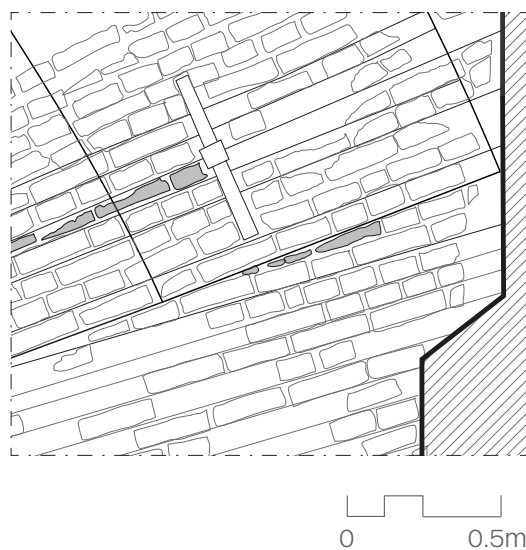
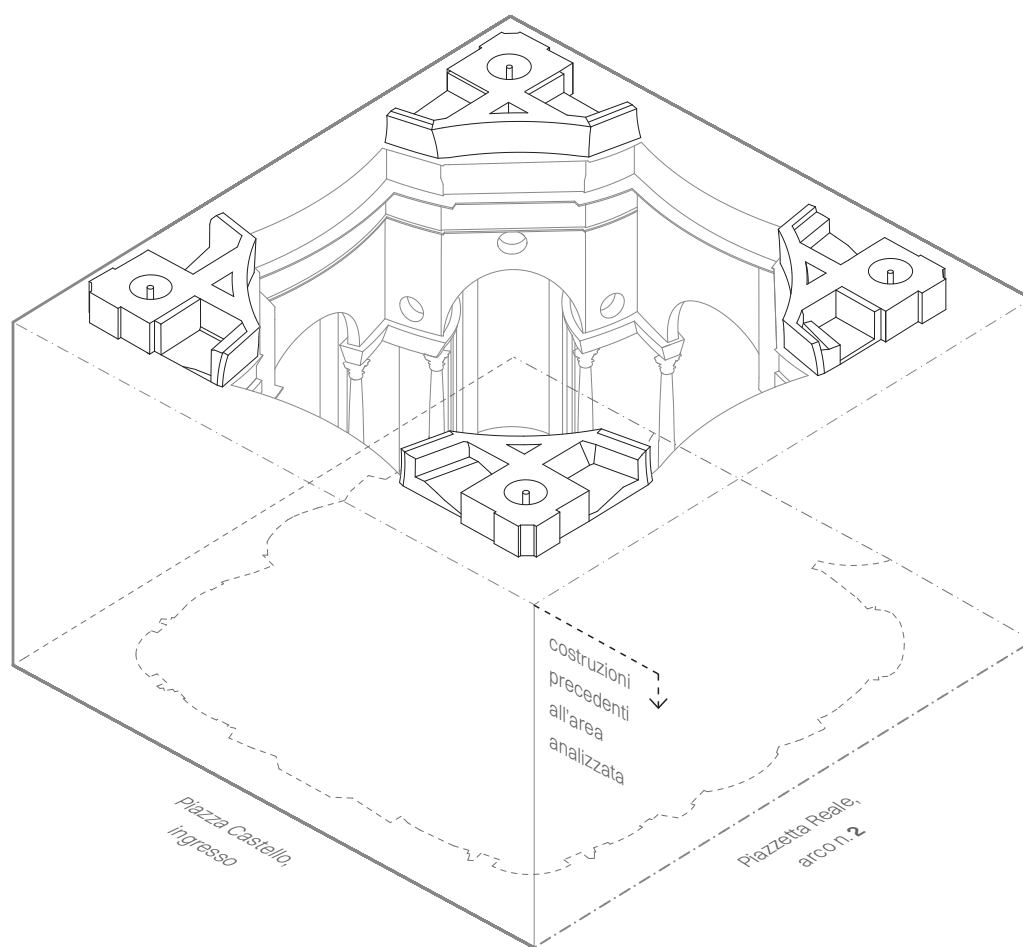


Fig. 3.9

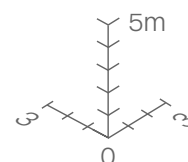
Particolare del disegno a p.106 circa l'imposta dell'arco n. 2. Scala 1:25

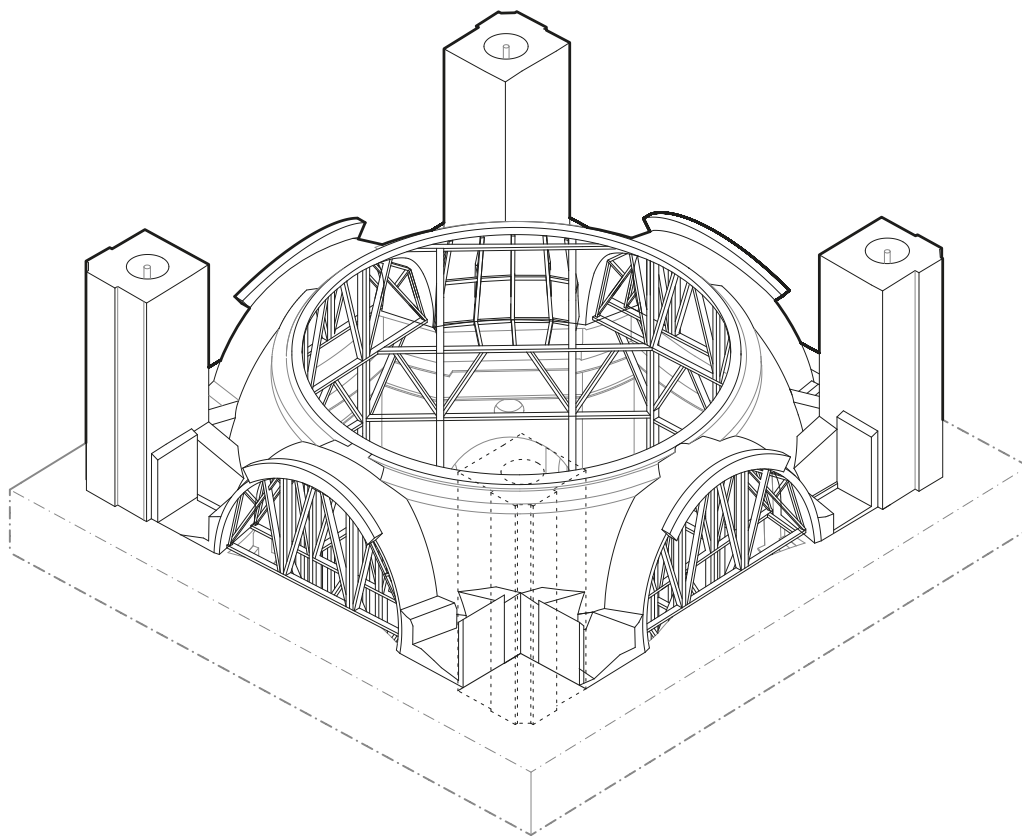
■ Struttura guariniana



- 1a. Costruzione simultanea delle imposte degli archi di sostegno della cupola, delle volte coniche, dei pennacchi e delle torri angolari.

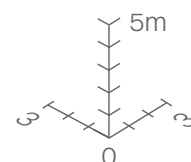
Fig. 3.10
Spaccato assonometrico delle ipotesi
sulle fasi costruttive; fase 1a.





1b. Sviluppo dei pennacchi, delle volte coniche e delle torri angolari.

Fig. 3.11
Spaccato assonometrico delle ipotesi
sulle fasi costruttive; fase 1b.



Fase seconda: chiavi lignee, gli arconi e il sistema di tiranti.

Un grande enigma che avvolge la costruzione degli arconi è quello della “chiave lignea”, un elemento su cui sono state sviluppate diverse teorie. Il nome deriva dall’incisione intitolata “*Chiave della cupola di San Lorenzo*”, realizzata da Guarini¹¹. L’incisione riporta una rappresentazione della struttura diversa da quella effettivamente realizzata.

La chiave lignea è una struttura reticolare disposta fra le due imposte dell’arco. Questa struttura è composta da dieci elementi e si adatta morfologicamente alla presenza della volta conica e dei pennacchi sottostanti. Tuttavia, rispetto alle armature tradizionali, la chiave non è contenuta in un piano verticale: se la proiettassimo in pianta, vedremmo che la base dei puntoni poggia a una distanza di 0,80 - 1,3m dal piano degli arconi. Di conseguenza, la proiezione assume una forma trapezoidale. [figura 3.12].



Fig. 3.12

Interno dell'intercapedine ove visibile l'arco n.2; da notarsi gli elementi della chiave lignea che non sono posizionati sullo stesso piano.

11. Per maggiori informazioni circa l'incisione, cfr. paragrafo 1.2 e Apparati, p. 135.

La ricostruzione delle fasi costruttive supporta la teoria secondo cui la chiave lignea corrisponderebbe a una centina provvisoria, residua delle fasi di cantiere. Infatti, una volta completata la prima fase (costruzione della volta conica, del pennacchio e dell'imposta degli archi di sostegno), Guarini non avrebbe potuto poggiare la centina degli arconi sull'esile volta conica. Gli elementi "fuori piano" della chiave lignea avrebbero dunque consentito di reggere la centina lateralmente al piano di ciascun arcone: sull'estradosso della tromba conica, mediante gli elementi diagonali ancora oggi presenti; il secondo, necessario, appoggio sarebbe stato individuato su un ponte reale eretto all'interno della chiesa, mediante elementi diagonali speculari rispetto ai primi, e rimossi ad arconi completati. Durante i sopralluoghi, è stato anche osservato che la centina lignea non è a contatto con

l'intradosso degli archi maestri, rimanendo a una distanza di circa 5 cm. Queste considerazioni smentirebbero dunque la teoria secondo cui la chiave lignea svolga una funzione da tirante, opponendosi alle spinte degli arconi, come sostenuto dal trattatista Borra¹².

La disposizione dei mattoni degli arconi, come visibile nella figura 3.9 alterna un mattone di testa, due di fascia e poi un altro di testa.

Ulteriori elementi in comune tra la realtà costruita e l'incisione *Chiave della Cupola* -oltre alla pronunciata imposta degli arconi- sono i riempimenti murari in corrispondenza delle reni -all'estradosso dell'arco- oltre a dei piccoli setti murari all'intradosso.

Questa complessa articolazione muraria è irrigidita da un sistema di catene lignee, visibili al di sopra dei pennacchi. Su ciascuno di essi sono presenti due tiranti, disposti in posizione diagonale, che collegano gli archi

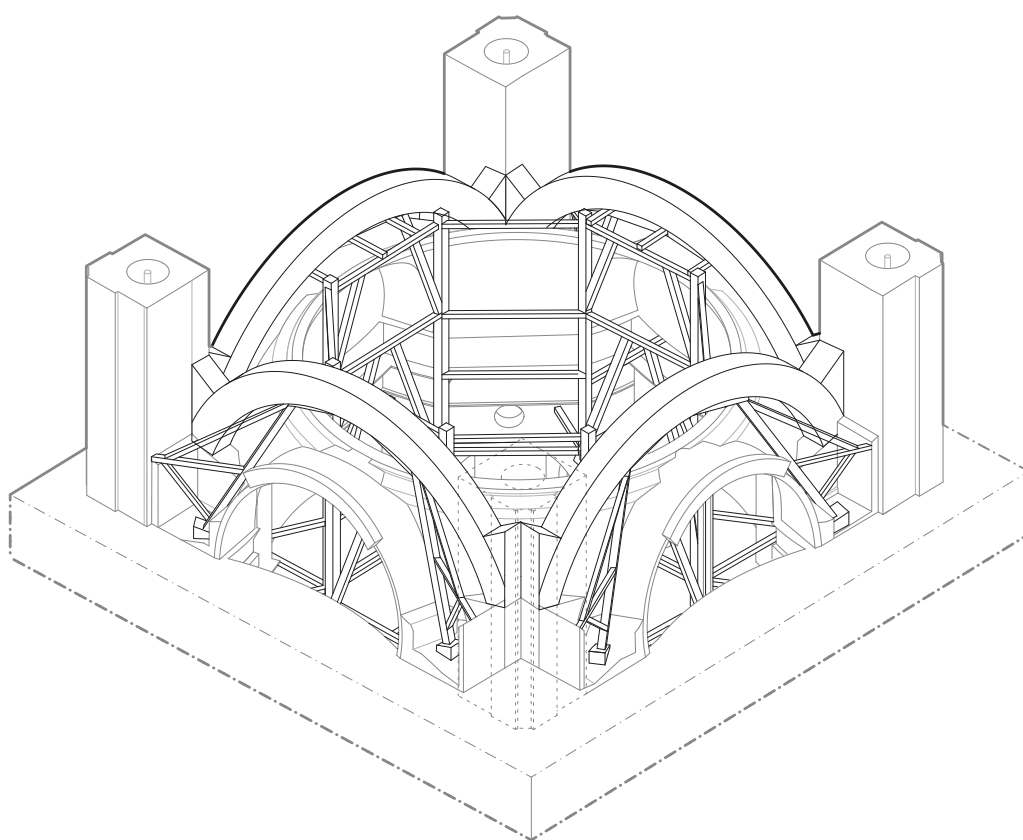
12. Giambattista Borra, *Trattato della cognizione pratica delle resistenze: Geometricamente Dimostrato Dall'Architetto Giambatista Borra Ad Uso D'Ogni Sorta D'Edifizj, Coll'aggiunta delle Armature di varie maniere di Coperti, Volte, ed altre cose di tal genere*, Stamperia Reale, Torino, 1748, p. 284.

"Guarini [...] formò i suoi archi, e perché questi non si trovano avere peso bastevole sui fianchi per arrivare ad equilibrare il peso, che nel mezzo applicolli, fece fare per cadun arco un'armatura particolare, la quale lasciò sotto ciascuno de' medesimi, e quella ancor di presente si mantiene, e si ripara al bisogno." quindi ha una funzione di contrasto alle spinte indotte dall'arco.

maestri al pennacchio sottostante [fig. 3.13]. È plausibile che in origine fossero presenti anche altri tiranti, poi successivamente sostituiti nel corso di interventi successivi, per via dei processi di deterioramento sopraggiunti.



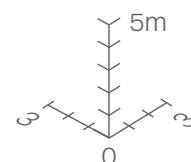
Fig 3.13
Spazio compreso tra pennacchi e sviluppo degli arconi; in basso sono visibili i tiranti lignei, contressegnati con TL.



2. Messa in opera delle chiavi lignee e del ponte reale per la costruzione degli archi di sostegno della cupola;
Installazione del sistema di catene lignee e in ferro.

Fig 3.14

Spaccato assonometrico delle ipotesi sulle fasi costruttive; fase 2. Per chiarezza grafica è stata esclusa la rappresentazione delle catene. Vedi elaborato a p. 102.



Fase terza: irrigidimento della struttura tramite archi diagonali e archi rampanti.

Una volta completata la seconda fase, si ipotizza che Guarini abbia introdotto un ulteriore sistema costituito da quattro archi diagonali e otto archi rampanti. Gli archi diagonali collegano i grandi archi di sostegno, mentre gli otto archi rampanti sono collocati alle estremità degli archi diagonali e scaricano il proprio peso in corrispondenza delle serliane. L'aggiunta di un sistema strutturale secondario contribuisce a formare l'ottagono di base della cupola, rendendo inoltre l'intera fabbrica una struttura organica, in cui ogni elemento è contraffortato dall'altro.

È doveroso sottolineare che, fino al presente studio, si era presupposto che gli archi diagonali e gli archi rampanti fossero un unico grande elemento, il quale sormontasse o attraversasse i grandi arconi. Il rilievo effettuato per la presente ricerca ha messo in evidenza una variazione evidente fra la curvatura dell'arco diagonale e quella degli archi rampanti, rivelando inequivocabilmente la distinzione delle due componenti [fig. 3.15]. Inoltre, nelle rappresentazioni realizzate fino ad oggi non erano stati correttamente identificati gli archi diagonali di Guarini, bensì

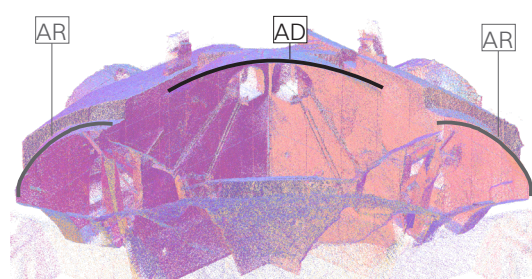


Fig 3.15

Vista assonometrica della nuvola di punti MMS: variazione nella curvatura tra arco diagonale (AD) e archi rampanti (AR).

Risultati

soltanto quelli introdotti da Randoni. Questa lacuna interpretativa può essere attribuita alle difficoltà nel rilevare l'angolo entro il quale gli elementi diagonali si sviluppano, raggiungibile soltanto trascinandosi sopra i ripidi pennacchi. Inoltre, dell'arco diagonale di Guarini è ravvisabile soltanto un piccolo gradino, il quale può essere frainteso come un arco di scarico, considerando la sua posizione, a piombo sulle finestre polilobate del tamburo [fig. 3.16]. Si ipotizza che questi archi diagonali abbiano uno spessore di 0,65 m e una ghiera alta 0,60 m. Essi si sviluppano fra le reni di due archi di scarico e sono posizionati a quarantacinque gradi rispetto alla coppia degli arconi maggiori. Il punto di connessione tra gli archi diagonali e gli arconi principali corrisponde, in verticale, all'appoggio delle grandi nervature paraboliche incrociate che formano la cupola. Si può dunque desumere che Guarini avesse accuratamente predisposto gli archi in posizione diagonale in questa fase di cantiere e che oggi questi si trovano perlopiù nascosti, tamponati all'interno della muratura della base del tamburo.



Fig 3.16

Spazio compreso tra pennacchi e sviluppo degli arconi: distinzione tra l'arco diagonale guariniano (AD.g in grigio) da quello aggiunto nel restauro ottocentesco (AD.r in rosso).

Foto: Edoardo Piccoli, rielaborazione delle autrici.

Alle estremità di ciascun arco diagonale Guarini posizionò un arco rampante con una curvatura molto accentuata, tale da conferirgli l'aspetto di un puntone: le spinte orizzontali generate dagli archi diagonali vengono contrastate dal puntone e trasferite al muro perimetrale esterno; i due elementi lavorano in modo sinergico.

Gli archi rampanti, che raggiungono l'estradosso dell'arcone, hanno uno spessore medio di 0,45 m.

Possiamo quindi tornare ai dati d'archivio: a seguito delle fasi di costruzione che riguardano la nostra area di ricerca, i lavori proseguirono fino al 1679 con qualche interruzione, tanto da far richiamare Guarini dalla Madama Reale¹³ con una lettera del 1677 che sollecitava il completamento della volta (si presuppone la cupola)¹⁴.

“...la Madama Reale intendeva che si facesse la volta della chiesa in questa estate et che per questo fatto erano superflue le repliche. Egli si vide alle Strette et mi disse che l'avrebbe fatta, ma che prima voleva parlare a M.R. per protestare che se fosse poi caduta la volta egli non ne voleva essere contabile”¹⁵.

I problemi e i timori vennero evidentemente superati: la conclusione dei lavori venne celebrata a ottobre del 1679, quando venne posta la croce sul lanternino e la città celebrò l'avvenimento con i fuochi d'artificio.¹⁶

13. ANDREA MERLOTTI, *Dizionario biografico degli italiani*, Istituto Enciclopedia italiana, Roma, vol. 70, 2008. Consultato online al link [https://www.treccani.it/enciclopedia/maria-giovanna-battista-di-savoia-nemours-duchessa-di-savoia_\(Dizionario-Biografico\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/maria-giovanna-battista-di-savoia-nemours-duchessa-di-savoia_(Dizionario-Biografico)/), ultimo accesso 15/10/2025.

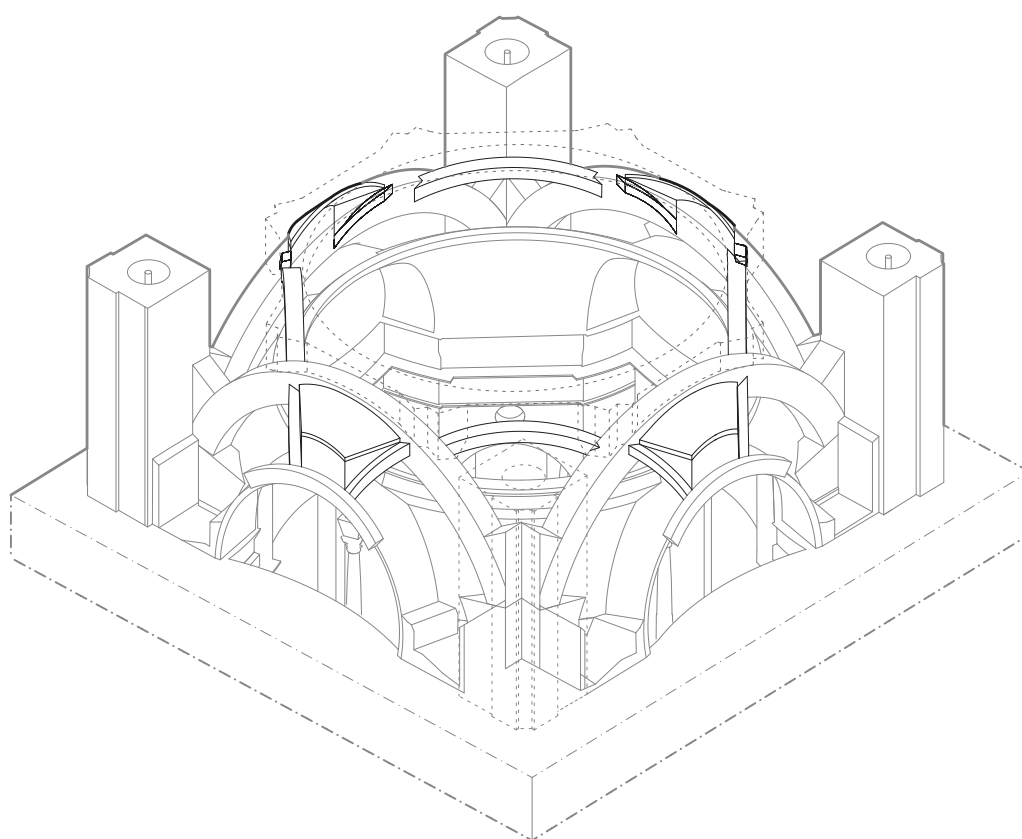
Nel 1679 la Madama Reale era Maria Giovanna Battista di Savoia-Nemours, vedova di Carlo Emanuele II dal 1675.

14. ROBISON, *Guarino Guarini's Church of San Lorenzo in Turin*, op. cit., p. 125.

15. ALESSANDRO BAUDI DI VESME, *Schede di Vesme*, Società Piemontese di Archeologia e Belle Arti, Torino, 1963, p. 553 (Scheda del 12 luglio 1677), citato in:

ROBISON, *Guarino Guarini's Church of San Lorenzo in Turin*, op. cit., p. 127.

16. *Ivi*, p. 128.



3. Irrigidimento della struttura tramite archi diagonali e rampanti;

costruzione del tamburo (piano d'imposta della cupola) al di sopra degli archi di sostegno e diagonali.

Fig 3.17
Spaccato assonometrico delle ipotesi sulle fasi costruttive; fase 3.

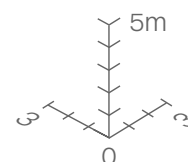
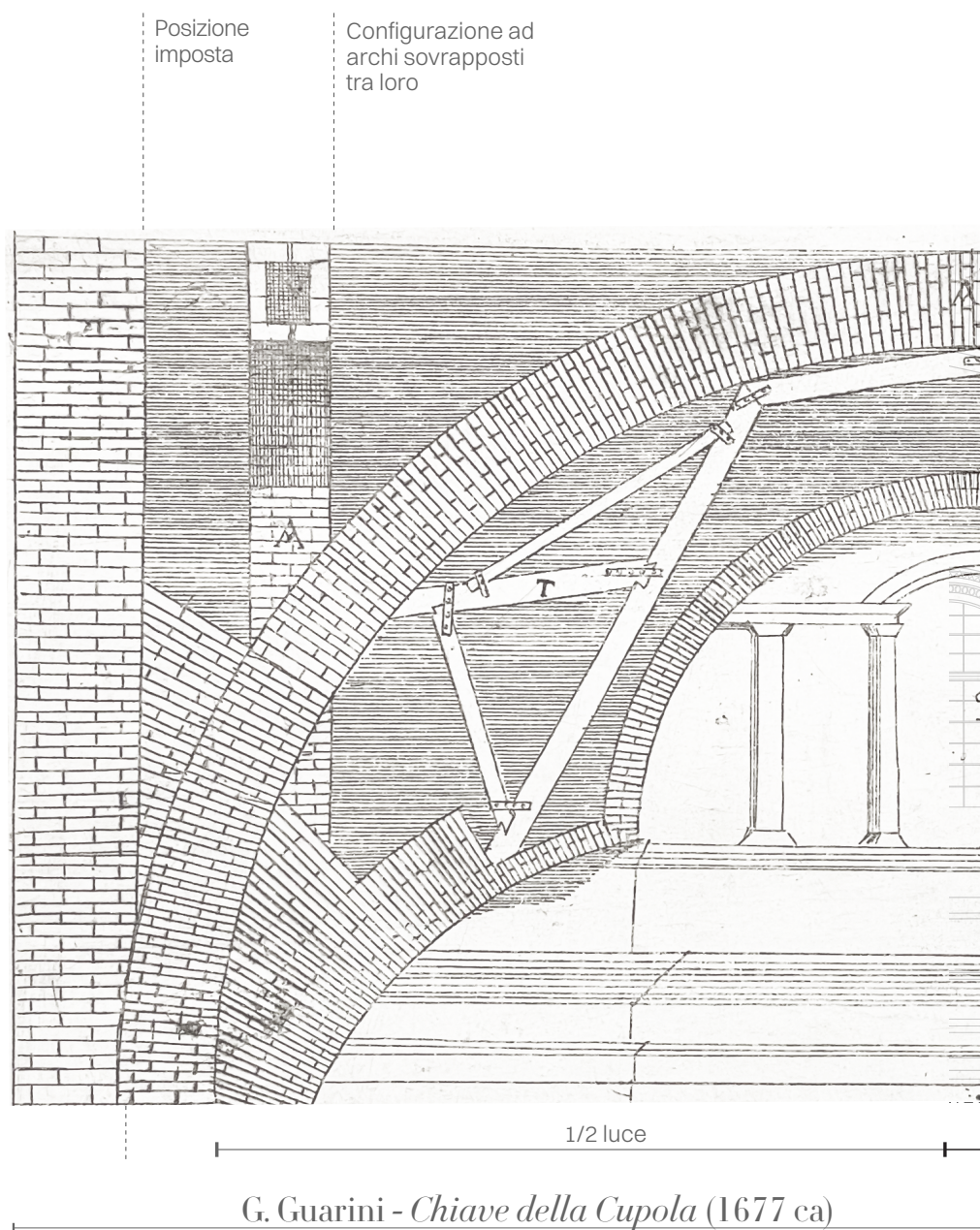


Fig 3.18

Ipotesi della configurazione guariniana della struttura al termine del cantiere seicentesco, in confronto con l'incisione Chiave della Cupola. Sezione verso l'esterno della chiesa.

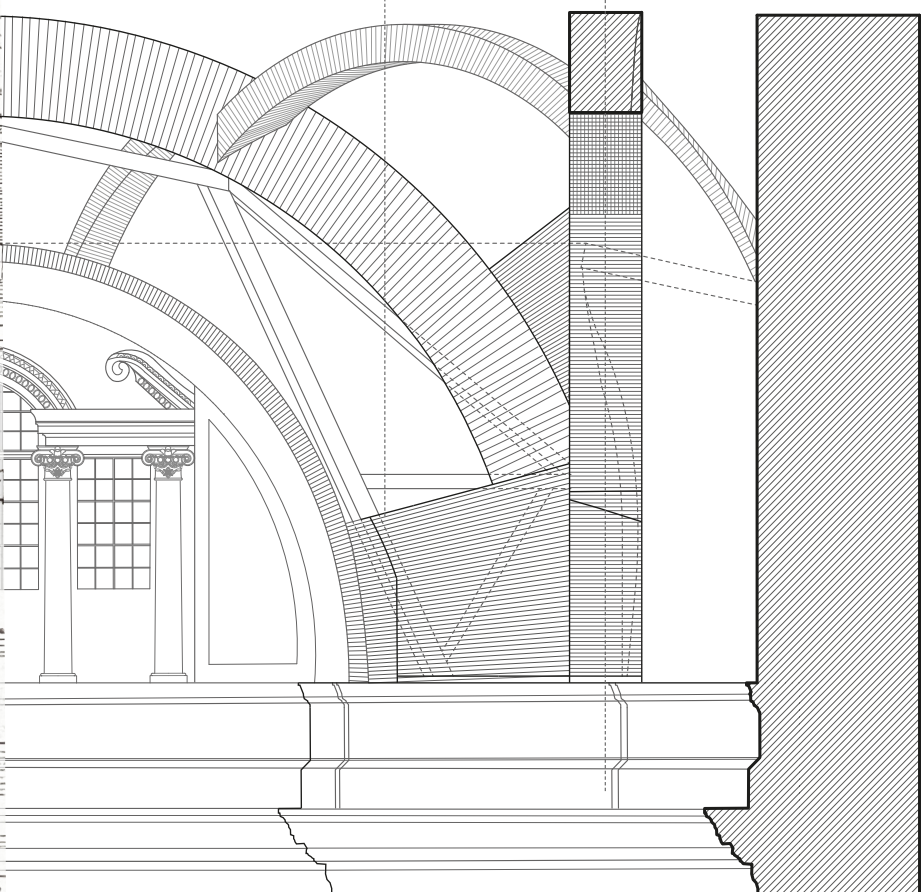


“Intento la fortezza e ne fece pompa anche nella soda disposizione degli edifizii, quella ebbe per iscopo di erigere molti forti sì, ma che sembrassero deboli e che servissero di miracolo, come stessero in piedi.”

Guarino Guarini, *Architettura civile*.

Spostamento
dell'imposta verso
l'interno della
chiesa

Gli archi maestri non si
incrociano ma sono posizionati
lungo un perimetro



1/2 luce

Ipotesi fine costruzione guariniana

3.3 Il restauro randoniano

3.3.1 Le ragioni

L'intervento di restauro strutturale più rilevante che ha interessato la chiesa di S. Lorenzo è avvenuto tra il 1827 e il 1830¹⁷ ed è stato diretto dall'architetto reale Carlo Randoni. Durante la campagna di ispezioni egli aveva constatato delle fessurazioni preoccupanti, in corrispondenza dei rinfianchi degli arconi di sostegno della cupola¹⁸. Il restauro fu finanziato con fondi della Real Casa e si estese progressivamente fino a coinvolgere l'intero edificio. Il suo intervento fu preceduto da un'attenta campagna di indagine durata diversi mesi¹⁹ che ha restituito un rilievo di accuratezza considerevole. L'intervento,

sebbene corredato da numerosi disegni, richiede di essere interpretato alla luce dei documenti tecnici conservati in Archivio di Stato di Torino, in particolare la relazione tecnica e il documento di acquisto dei materiali. All'interno di questi documenti si menzionano alcune strutture lignee costruite in passato per ovviare al problema già conosciuto delle lesioni nella struttura²⁰. Randoni considerava queste strutture non risolutive al problema in corso, sebbene si trovassero ancora in buono stato²¹ al suo arrivo in cantiere.

Gli arconi, sosteneva sempre il Randoni, non erano danneggiati per il cedimento dei piloni sottostanti *per mancanza di contrasto*, ma per l'estremo carico della cupola a cui

17. Come precedentemente menzionato (cfr. paragrafo 1.3), Randoni impiegò la prima parte del suo incarico al rilievo del manufatto, presumibilmente dal 1823 -anno della sua prima relazione- al 1827, anno di inizio dei lavori.

18. CARLO RANDONI, *Relazione*, ASTo, ASTR, Real Casa, m. 2052, 3 settembre 1823, p.1. Cfr. sezione Apparat, p. 102 "li quattro Arconi maestri che fanno base a tutta la Cuppola detti trovansi fessurati nei loro rinfianchi".

19. ASTo, ASTR, Real Casa, m. 1299, anno 1827, «Documentazione dell'impresario» (att.), c. 674 e s: "fare esatamente le osservazioni a detta cupola nei siti impraticabili"; di rimozione di calcinacci per "scoprire l'imposto delle volte", di "buchi trapassanti alcune muraglie per accertarsi degli spessori"; "[...] facilitare la visita di essa cupola ne' siti oscuri".

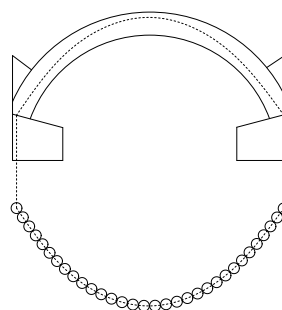
20. RANDONI, *Relazione*, 1823, op. cit., p.1.

"per riparare i quali [*arconi*] ed assicurarli, si sono già da gran tempo praticate delle armature in legno le quali tuttora esistono assai bene collegate ma che tuttavia essi archi danno dei segni di nuove spaccature".

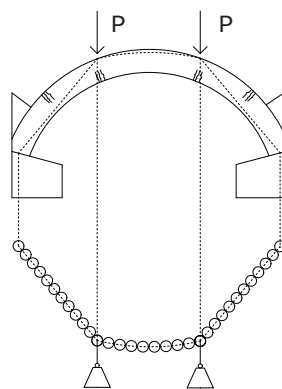
21. *Ibidem*.

erano sottoposti²².

La concezione guariniana di alleggerimento delle masse murarie²³, geniale nella sua impostazione teorica, si era rivelata nel tempo una soluzione strutturale al limite delle possibilità costruttive, quando confrontata con le effettive tensioni indotte dalla cupola.



Curva delle pressioni dell'arco guariniano soggetto al solo peso proprio.



Curva delle pressioni dell'arco guariniano soggetto al peso degli archi incrociati della cupola.

Modifica della funicolare dei carichi, con avvicinamento all'estradosso in corrispondenza dei carichi e all'intradosso in corrispondenza delle reni, e probabile formazione di lesioni al lembo opposto.

La geometria dell'arco è tale da contenere al suo interno la funicolare dei carichi, anche senza contare sulla presenza delle torri angolari; queste sono però essenziali per consentire una curva delle pressioni meno estrema di quella disegnata - che implica elevatissime concentrazioni tensionali.

fig. 3.19: Ragioni dell'intervento di Randoni.

22. *Ibidem*. “[...] non già che li quatro pilastroni su cui poggiano li predetti arconi abbiano ceduto per mancanza di contrasto, ma perchè sono enormemente gravati dal peso della cupola che trovasi superiormente a quelli”.

23. GUARINO GUARINI, *Architettura civile, del padre d. Guarino Guarini cherico regolare: opera postuma*, op. cit., p. 134.

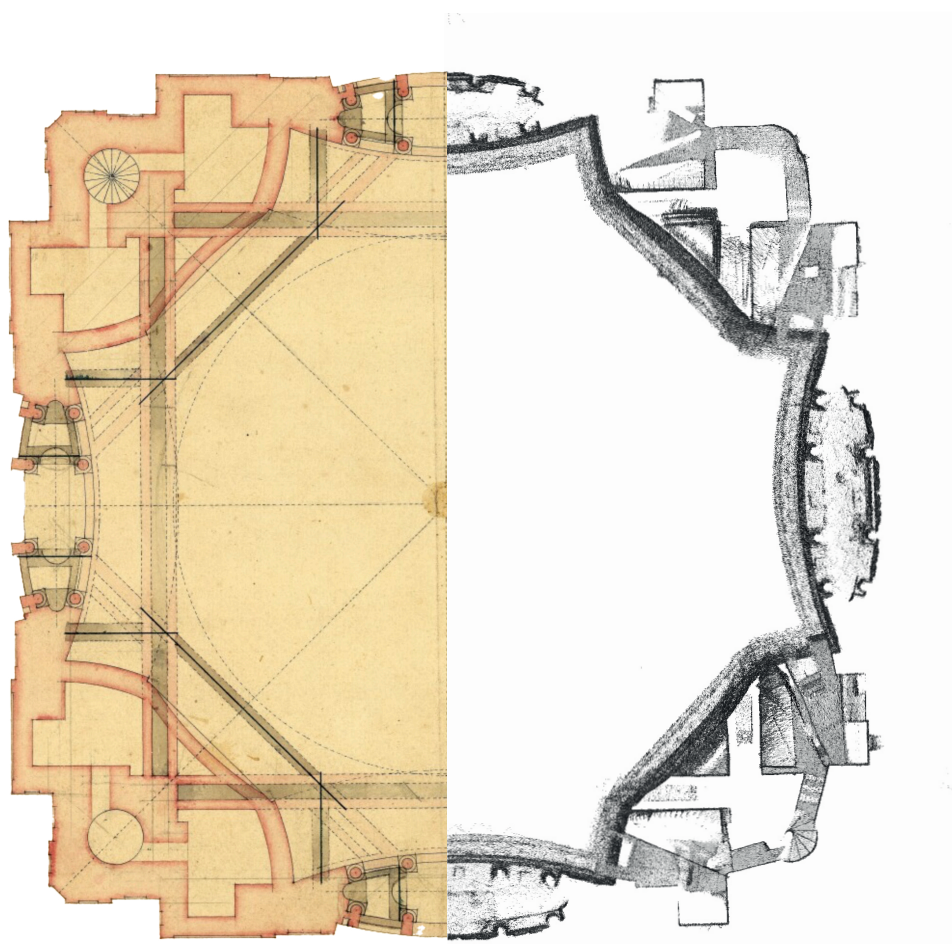


fig. 3.20 : L'accuratezza del rilievo di Randoni del 1823-1827 confrontato con le acquisizioni laser del Laboratorio di Geomatica (2023-2024).

3.3.2 Disamina dell'intervento

Se ci limitiamo ad osservare ciò che fu fatto nell'area degli arconi di sostegno della cupola, l'intervento di Randoni si identifica come un consolidamento strutturale realizzato con l'aggiunta di masse murarie. Queste modifiche, tuttavia, hanno alterato significativamente l'aspetto e le caratteristiche distintive delle strutture originarie.

L'operazione più rilevante consiste nell'ispessimento degli arconi [figura 3.21]: l'architetto aggiunge, all'estradosso di ciascun arco, un ulteriore ghiera alta 50 cm, composta da un singolo filare di conci laterizi speciali chiamati *limbac*²⁴, incrementando l'altezza complessiva dai 130 cm iniziali a 180 cm. A circa 60 gradi dalla linea di imposta, i mattoni randoniani tendono ad assumere un andamento obliquo e non più radiale²⁵. È però doveroso fare una precisazione al riguardo. Ad oggi non sappiamo con certezza se la ghiera

aggiunta da Randoni percorra l'intero estradosso dell'arco guariniano o se i conci aggiunti si fermino a ridosso della chiave dove era già presente una massa muraria, essendo l'edificio già ultimato. Randoni, perciò, avrebbe potuto procedere in due modalità distinte: limitare la ghiera ai rinfianchi e alle porzioni laterali degli archi maestri -vista la difficoltà costruttiva di andare oltre - oppure completare l'intero arco con una laboriosa tecnica di cucì e scucì.

Per contenere il carico aggiunto sugli arconi e di conseguenza sulle fondazioni, Randoni si servì di mattoni speciali alleggeriti. Secondo la documentazione dei conti di cantiere, vennero utilizzati 25.000 mattoni, di massa ridotta attraverso l'incorporazione nell'impasto di *segatura di bosco d'albera*²⁶.

24. ASTR, Real Casa, m. 1257, c. 328, *Calcolo per la provvista de' (...) materiali necessari per le riparazioni da eseguirsi nella Reale Chiesa di S. Lorenzo*, 15 luglio 1828.

25. Per maggiore chiarezza, visionare il fotopiano a p. xx.

26. ASTR, Real Casa, m. 1257, sottomissione del 15 luglio 1828, c.328.

In connessione con l'ispessimento della ghiera, vennero innalzate due coppie di setti murari [figura 3.22] posti al di sotto dell'intradosso e al di sopra dell'estradosso dell'arcone rinnovato. All'intradosso, questi assumono una configurazione triangolare, completando i piccoli muri preesistenti²⁷. Essi si sviluppano a partire dall'imposta dell'arcone/pennacchio²⁸ sino all'intradosso dell'arcone maestro. L'orditura dei corsi tende a seguire un andamento radiale in prossimità dell'arcone originale; spostandosi verso il basso, i corsi tendono ad orientarsi orizzontalmente.

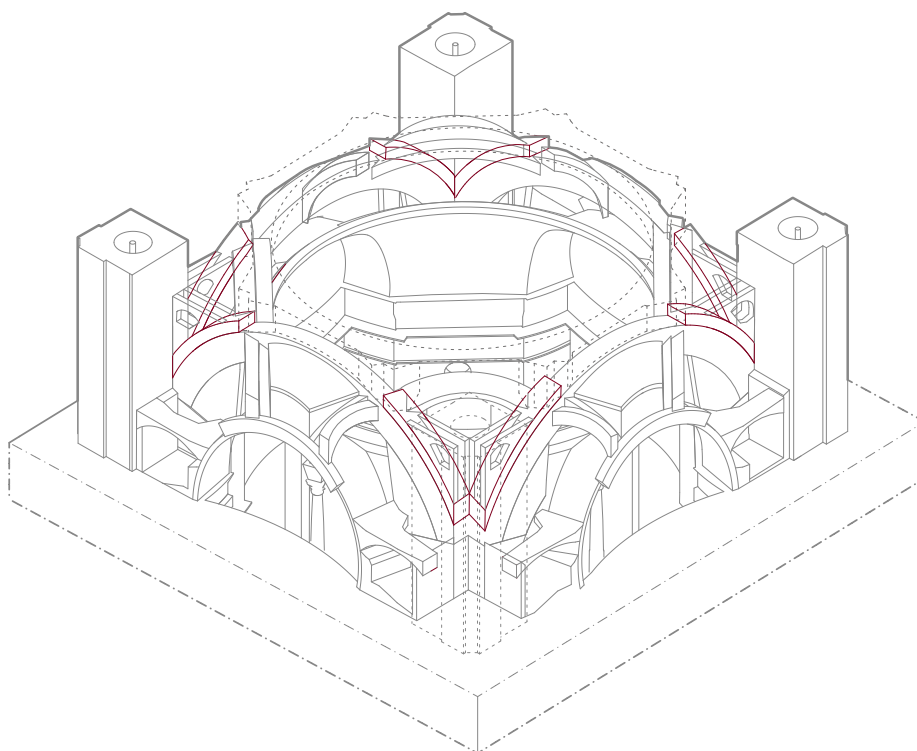
Un andamento analogo avviene anche per i setti all'estradosso: radiali alle reni, diventano orizzontali nella sezione mediana dell'arco.

Agli angoli superiori di queste murature di riempimento sono state lasciate coppie di aperture lunettate, destinate all'inserimento di grandi spranghe metalliche, che comprimono tra loro le due ghiera, mantenendole a stretto contatto. La superficie muraria è stata successivamente

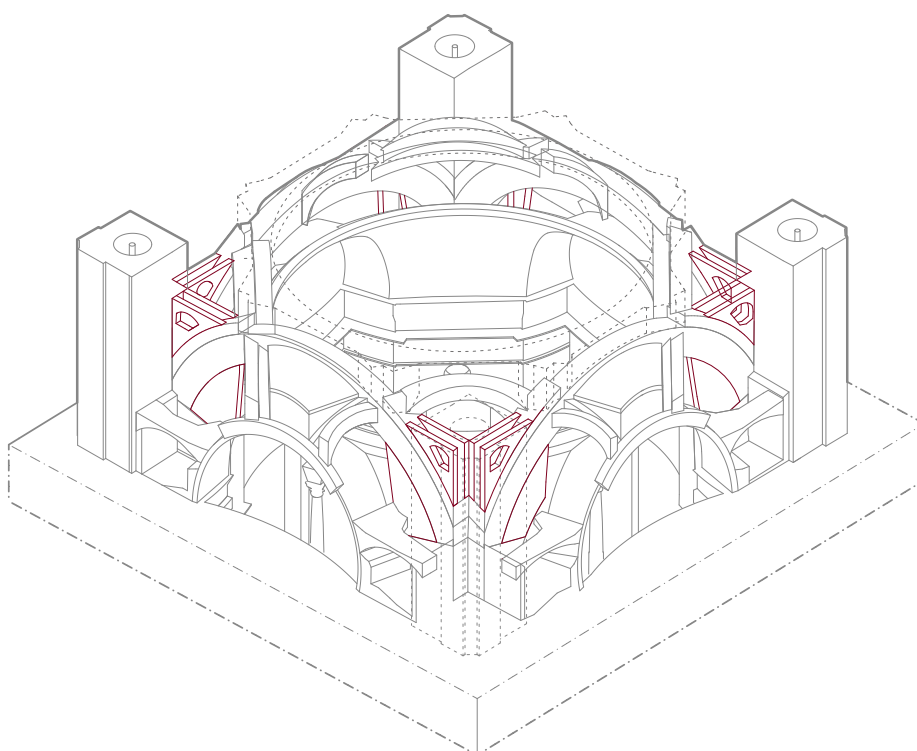
intonacata, così da poter permettere il monitoraggio preventivo per l'eventuale comparsa di nuove lesioni.

27. Cfr. paragrafo 3.2, fase terza. Visionando l'incisione *Chiave lignea della Cupola di S. Lorenzo*, si nota come fossero già presenti dei piccoli muretti intradosali.

28. Circa la conformazione del pennacchio e l'imposta dell'arcone, cfr. paragrafo 3.2, fase prima.

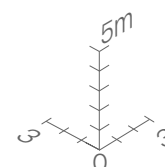


A.r Inspessimento della ghiera estradossale degli arconi, con un aumento di spessore pari a 50 cm.



B.r Completamento dei muretti intradossali e aggiunta di un'ulteriore coppia di muretti all'estradosso, forati da due aperture lunettate.

Fig 3.21 e 3.22
Elementi dell'intervento randoniano.



Lo spazio tra i nuovi corpi murari appena descritti, il muro perimetrale esterno e le torri angolari è stato coperto da voltine di collegamento [figura 3.24], che seguono l'andamento degli archi rampanti su cui si poggiano. Piccole aperture si aprono su di esse destinate al passaggio di luce naturale. Presumibilmente, Randoni modificò anche la conformazione delle coperture per facilitare le operazioni di ispezione e manutenzione del sito, come si può notare dal confronto con la sezione *Facies Interna* di Guarini²⁹.

Per analoghe ragioni, l'architetto realizzò coppie di voltine a botte alte un mattone, poste a una quota di circa +3m dall'imposta della volta conica; queste intercettano i passaggi delle torri angolari.

Una seconda azione progettuale rilevante, che sinora non è stata esaminata in letteratura, riguarda l'arco diagonale posizionato tra coppie di arconi. I sopralluoghi e le elaborazioni sulla nuvola di punti rivelano come l'arco originario di Guarini sia stato affiancato da un arco di maggiore spessore e ascrivibile all'intervento randoniano: mentre l'arco

diagonale guariniano è quasi del tutto nascosto, l'intradosso di quello aggiunto da Randoni è ben visibile a chi si insinua nella "camera" triangolare tra due arconi principali [fig. 3.25]. La geometria di questo nuovo arco assume una configurazione conica, dovendosi adattare agli appoggi curvi dell'arcone. Il nuovo elemento lavora in parallelo con quello esistente, collaborando con esso senza sostituirlo. Considerate le manifestazioni del cinematismo in atto sulla struttura originaria, presumibilmente Randoni valutò che l'arco diagonale esistente fosse insufficiente a garantire la ripartizione adeguata dei carichi provenienti dalla cupola; qualora l'arco diagonale di Guarini fosse stato lesionato o deformato, il nuovo arco avrebbe potuto intercettare una maggiore aliquota dello sforzo, alleggerendo quello storico. Lo spazio residuo tra i due arconi, ortogonali, e il nuovo arco diagonale è coperto da un fazzoletto di volta di collegamento, supportata dal nuovo arco.

Per contrastare le spinte del nuovo elemento diagonale, Randoni raddoppiò anche l'arco rampante esistente, sovrastando quello

29. Cfr. paragrafo 2.1 e Apparati.

guariniano. Il nuovo arco rampante si estende dal muro perimetrale sino a raggiungere la nuova ghiera estradossale, operando come puntellamento strutturale³⁰.

Sebbene la ricerca non si sia interessata degli interventi di Randoni nelle porzioni ulteriori della chiesa, è bene citare anche l'aggiunta di un grande arco all'interno della tromba conica e a ridosso della volta conica, attribuito al cantiere randoniano per via di alcune rappresentazioni visionate³¹ [fig. 3.23]. Questa integrazione avrebbe migliorato il trasferimento dei carichi delle strutture superiori ai muri perimetrali.



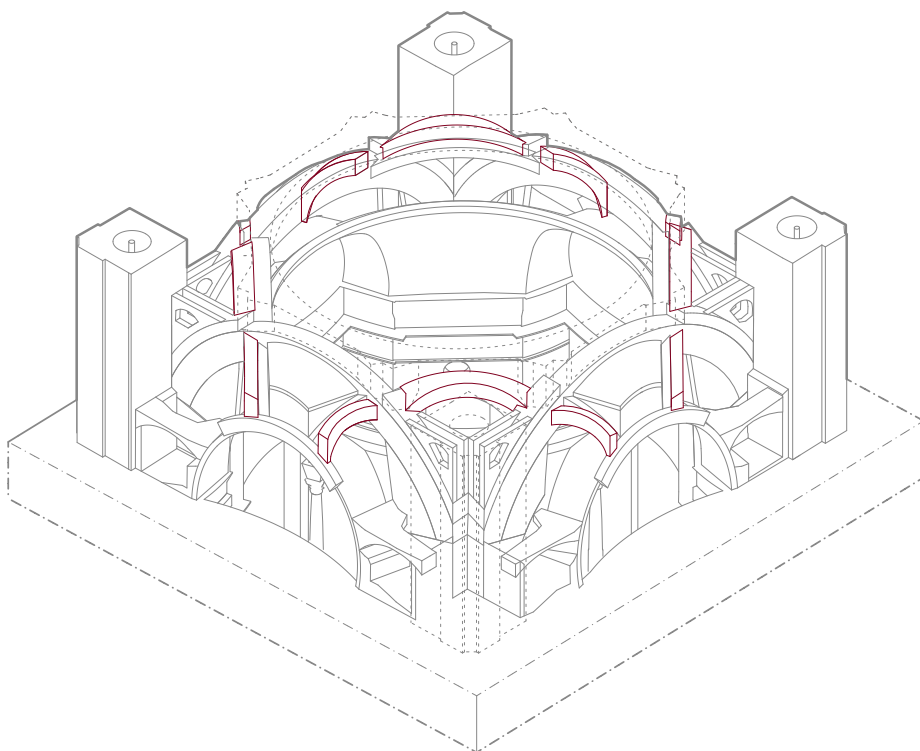
30. Cfr. paragrafo 3.2, fase terza.

31. ASTo, ASTR, Azienda Real Casa (oggi "Casa di Sua Maestà"), Tipi e disegni, Torino, Chiesa di San Lorenzo, "piante della chiesa tutte senza data e autore". N. 294/1-5 sec. XVIII. Pubblicati da:

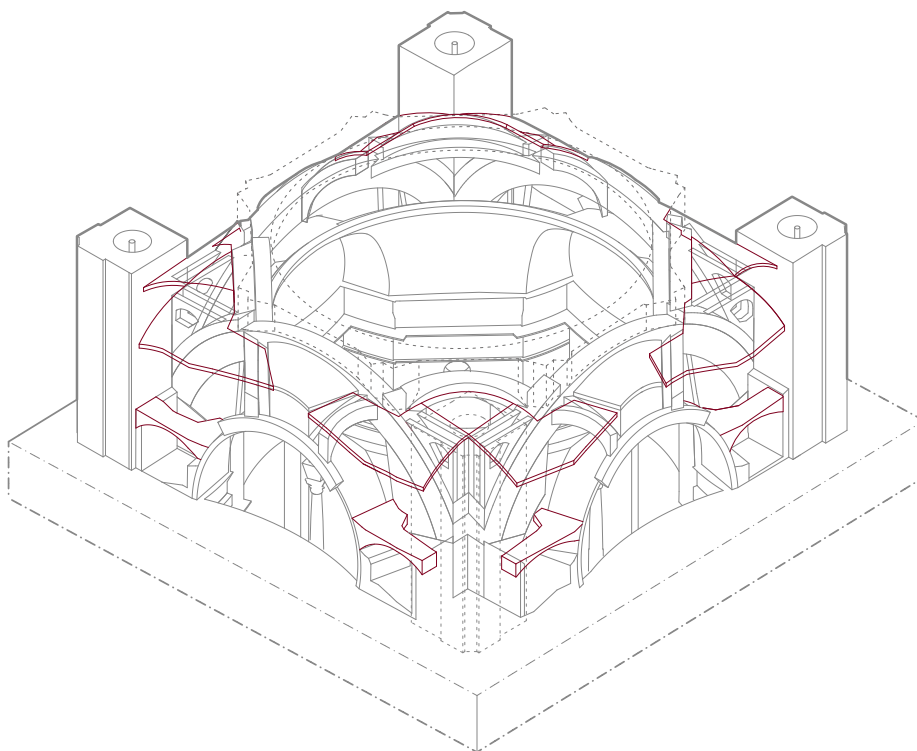
UGO QUARELLO, "The Unpublished Working Drawings for the Nineteenth-Century Restoration of the Double Structure of the Real Chiesa di San Lorenzo in Torino,," in *Nexus Network Journal*, vol. 11, n. 3, 2009, pp. 369-392.

Fig 3.23

L'arco randoniano all'interno della tromba conica.

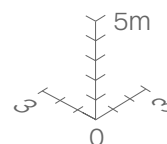


- B.** Miglioramento del sistema di irrigidimento esistente: raddoppiati sia gli archi diagonali, sia quelli rampanti; aggiunta di catene in ferro.¹



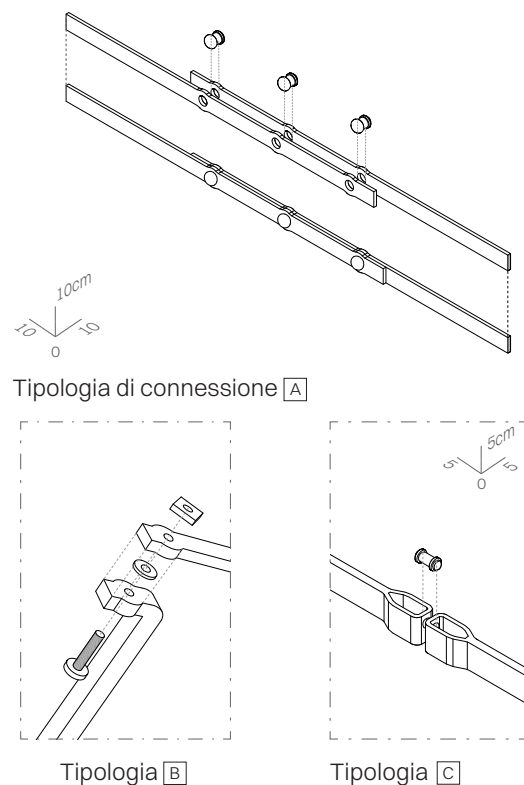
- D.** Copertura delle aree di intervento con volte rampanti e volte angolari; inserimento di voltine a botte tra torri angolari e volte coniche per facilitare l'accesso in caso di manutenzione.

Fig 3.24 e 3.25
Elementi dell'intervento randoniano.



Il nuovo sistema strutturale è reso più solidale e coeso attraverso l'uso di catene metalliche. Randoni ricorse sistematicamente a diverse tipologie di connettori e tiranti metallici, come documentato nel *Calcolo istruttivo per le ferramenta*³² del 1825 e nei *Computi estimativi del mastro serragliere Tommaso Di Scalzo*³³ del medesimo anno. Oltre alle spranghe che collegano la nuova ghiera a quella preesistente, Randoni introduce diverse categorie di tiranti. Sono dunque visibili in planimetria [fig. 3.27]:

- A) una catena orizzontale che collega coppie di torri angolari opposte;
- B) due catene disposte a 45° che seguono la medesima direzione degli archi diagonali. Esse sono organizzate secondo uno schema ottagonale inteso a unificare l'intera struttura della chiesa;
- C) due catene di collegamento tra le murature interne del tamburo e quelle esterne;
- D) una catena inclinata che connette l'angolo della torretta con il pennacchio.



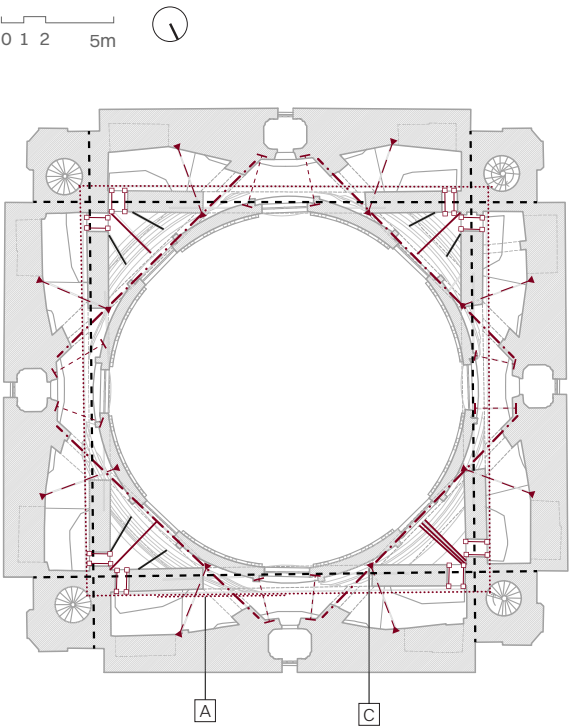
32. ASTo, ASTR, Real Casa, Calcolo Istruttivo del 24 ottobre 1825 “per la provvista della verosimile quantità di ferramenta necessaria... a norma del rapporto del Sig.r Primo Architetto di S. M. Randoni in data de' 31 ora scorso Agosto”.









33. ASTo, ASTR, Real Casa, Ricapito N. 224 Lista n. 105.

Fig 3.26

Tipologie di connessioni metalliche adottate da Randoni; per la localizzazione di esse vedi la figura successiva.

Fig 3.27
Abaco della disposizione delle catene.



Tipologia	Sezione	Simbolo
Catene lignee pennacchio/arcone	 6x6 cm	—
Catene 45°, paralleli agli archi diagonali	 Ø 2 cm	- - -
Catene pennacchio/arcone	 1x5 cm	—
Catene tra torri angolari	 1x5 cm, 2x5cm
Catene tra torri angolari	 1x5 cm	- - -
Catene tamburo/muro est.	 Ø 1 cm	- - -
Catene pennacchio/muro est.	 1x5 cm	▶ - - ▶
Staffe metalliche	 4x4 cm	◻ — ◻

Le staffe metalliche tra le due ghiera

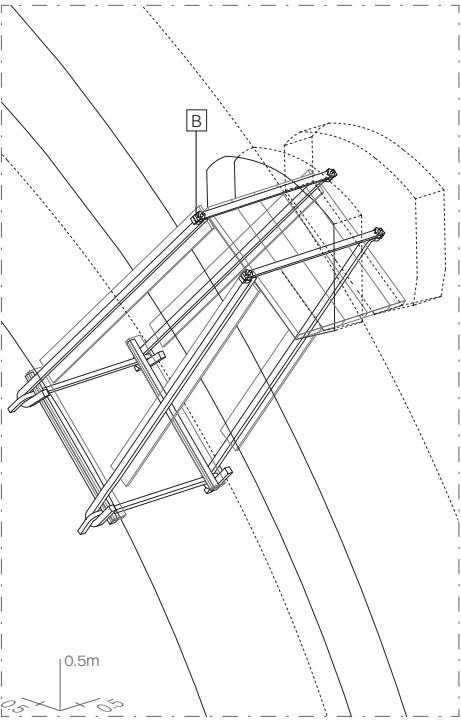


Fig 3.28
Tipologie di connessioni metalliche adottate da Randoni.

Risultati

Riguardo alle armature lignee menzionate in precedenza, queste devono interpretarsi in correlazione alla chiave lignea dell'arcone. Randoni interviene su di essa mediante l'aggiunta di cunei di legno [fig. 3.29], verosimilmente per ripristinare la solidità del collegamento tra la carpenteria lignea e l'arcone murario e di utilizzare questa stessa chiave come confine per le nuove strutture realizzate³⁴. L'incorporazione parziale della chiave lignea all'interno dell'intervento di consolidamento complica significativamente la comprensione della sua funzione.



34. RANDONI, *Relazione*, 1823, op. cit., p.2.

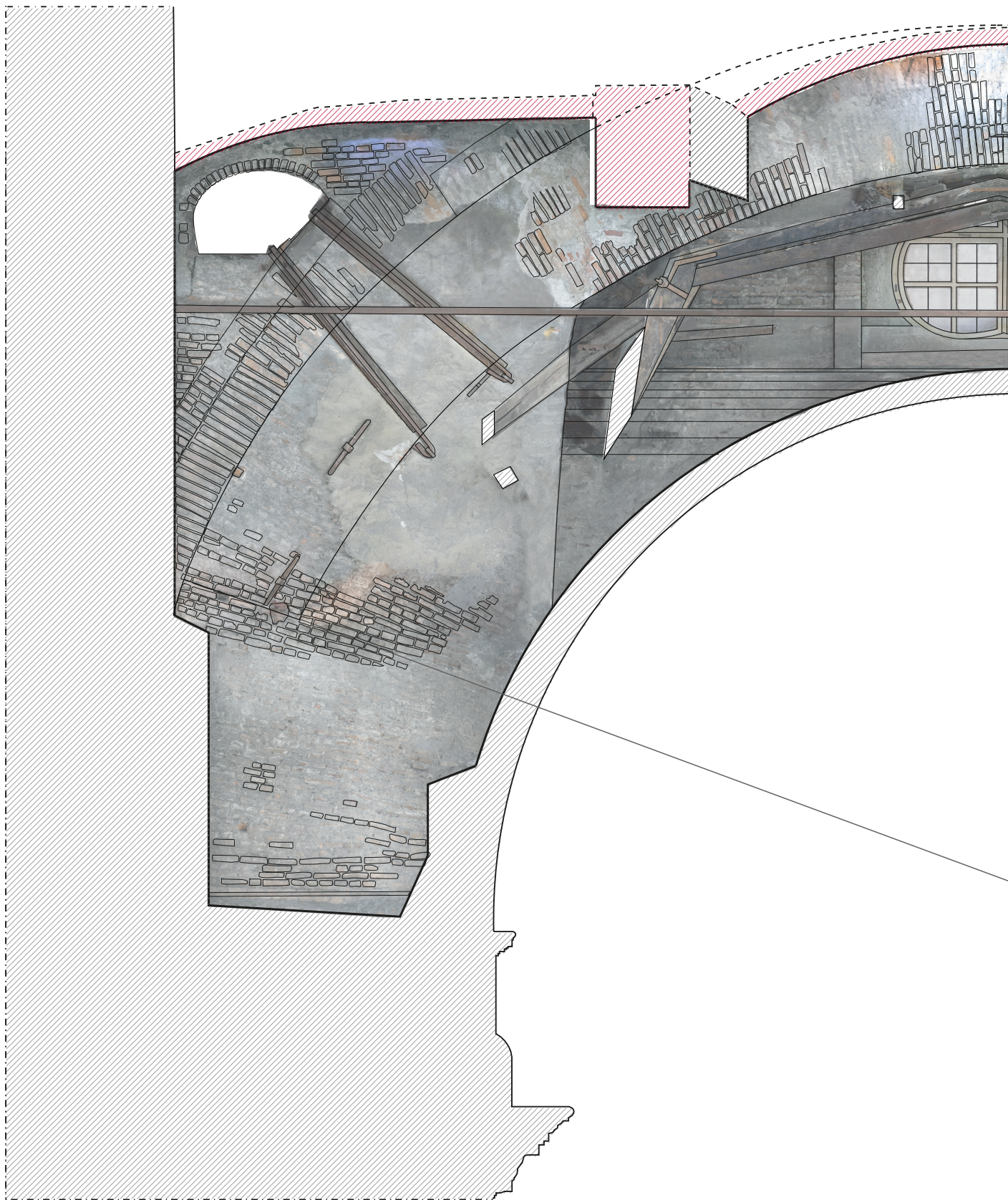
“si è giudicato non esservi miglior ripiego, che praticare sotto dei med. [*medesimi archi maestri*] degli stil di grossezza d'oncie sei, i quali partendo dal piombo dell'imposta degli archi, venghino a serrarsi sotto le armature in legno, ivi già praticate”.

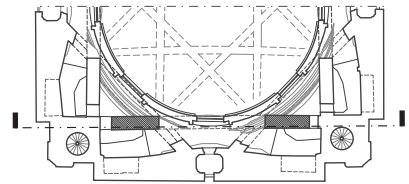
Fig 3.29

I cunei in legno aggiunti nel tentativo di ripristinare l'adesione della chiave lignea con l'arcone.

Fig 3.30

Fotopiano della struttura visibile dagli intercapedini al di sopra delle volte coniche. In rosso sono visibili gli archi e le volte rampanti aggiunte dal Randoni. In basso il tracciato dell'imposta dell'arco guariniano. Cfr. Apparati, sezione alla Giuffrè a p. 120.





Arcone n. 2
Piazzetta Reale

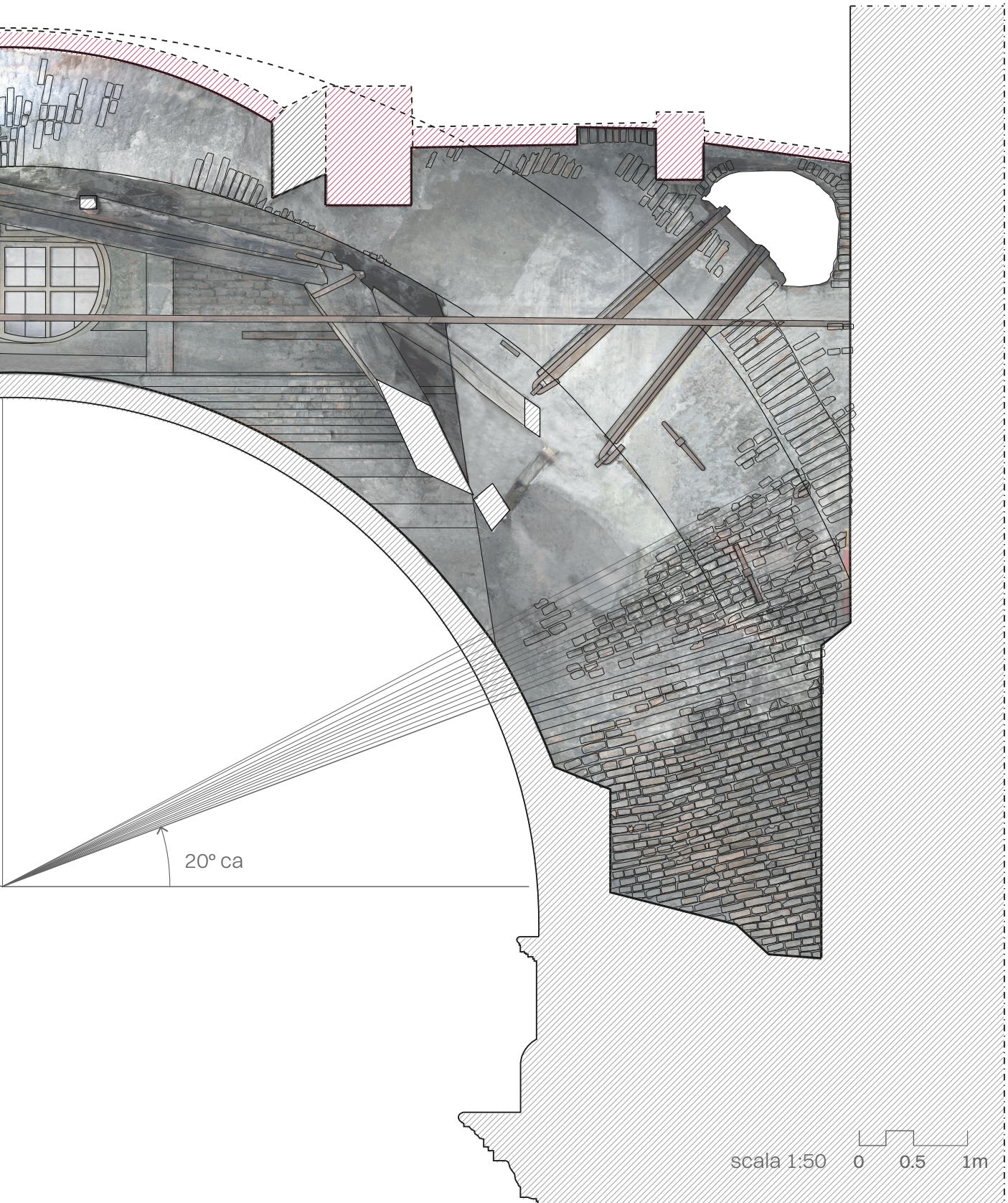
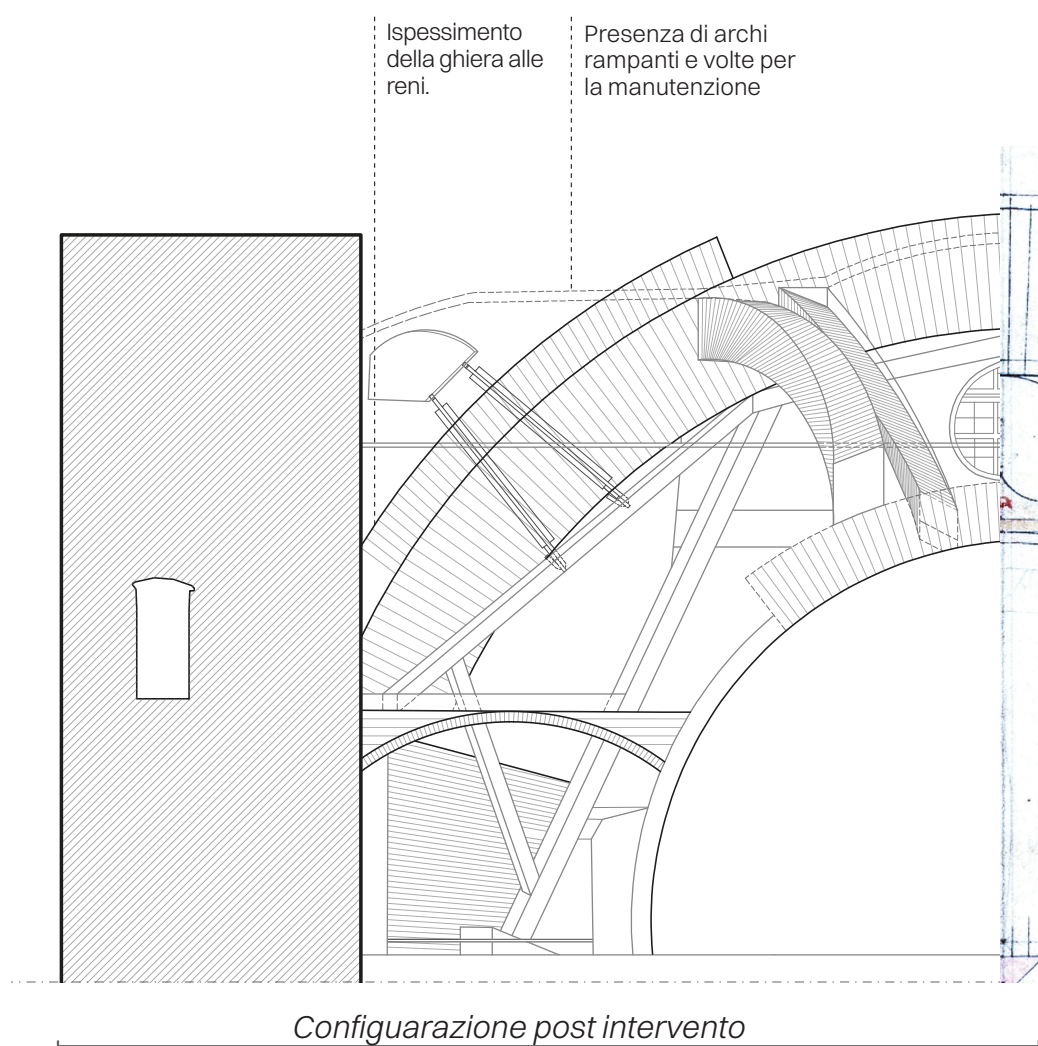


Fig 3.31

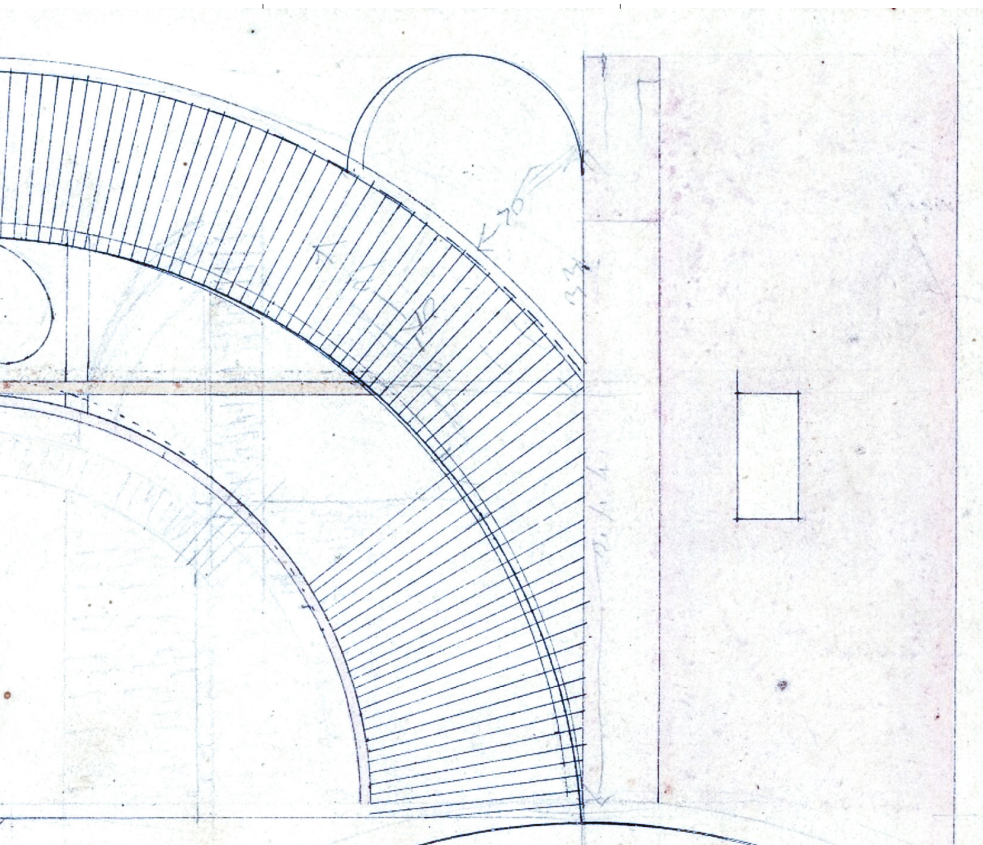
La configurazione post-intervento ottocentesco, confrontata con il bozzetto per il progetto di restauro, suggerisce due possibili interpretazioni: è plausibile che nel disegno Randoni abbia tracciato una sezione rasente l'arcone oppure che non avesse ancora previsto l'inserimento degli ulteriori elementi sottostanti, quali le voltine e il raddoppiamento di archi rampanti e diagonali.

Sezione verso l'interno della chiesa.



Rappresentazione
di un'unica ghiera
ispessita.

Non sono rappresentati i muretti
all'intradosso e all'estradosso
dell'arco



C. Randoni - *Progetto di intervento* (1827 ca)

*"[...] non già che li quatro pilastroni su cui poggiano li predetti
arconi abbiano ceduto per mancanza di contrasto, ma perchè
sono enormemente gravati dal peso della cuppola che trovasi
superiormente a quelli".*

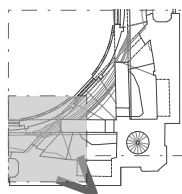
Carlo Randoni, *Relazione*, 1823.

L'intervento di Randoni è da ritenersi efficace, anche in considerazione dei successivi trascorsi bellici. La chiesa di S. Lorenzo, come l'intero tessuto urbano torinese, fu interessata dai bombardamenti aerei alleati tra la fine del 1942 e l'estate del 1943 durante la Seconda Guerra Mondiale. Secondo la documentazione depositata presso l'Archivio di Stato di Torino e i dettagliati resoconti pubblicati da Giuseppe Melano³⁵ e Guido Guidi³⁶, i danni riportati dalla chiesa furono classificati come lievi e interessarono soltanto il tetto e gli infissi, senza danni strutturali significativi. Il successo di questo restauro è sicuramente da ascrivere all'utilizzo delle stesse tecniche costruttive e materiali utilizzati da Guarini dal primo cantiere. Allo stesso tempo però, l'aggiunta di massività alla struttura portante con mimetismo, seppur strutturalmente giustificata, rende difficile, oggi, la riconoscibilità dell'intervento [vedi fig. 3.30]. Sebbene la ricerca abbia permesso di tracciare i confini stratigrafici dei due cantieri, si registra una perdita percettiva dell'innovazione originaria di Guarini: l'idea di una struttura leggera e visivamente scoperta viene sostanzialmente compromessa dall'addizione delle nuove masse. Questa contraddizione

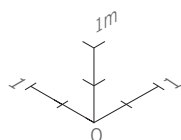
tra necessità statica e integrità storico-percettiva rappresenta una delle questioni più critiche nell'analisi dell'intervento e apre interrogativi più ampi sulla compatibilità tra consolidamento strutturale e preservazione dell'identità visiva dei manufatti storici.

35. GIUSEPPE MELANO, *La guerra aerea su Torino: dal 1944 al 1945 e riepilogo generale*, Città di Torino, Torino 1946.

36. GUIDO GUIDI, *Le chiese di Torino danneggiate dalla guerra*, in «Torino. Rivista mensile municipale», A. XXV, n. 8, agosto, 1949, Torino, p. 13. Consultato online al link <http://www.museotorino.it/resources/pdf/books/541/#525/zoomed>, ultimo accesso 17/11/2025.



Arcone n. 2
Piazzetta Reale

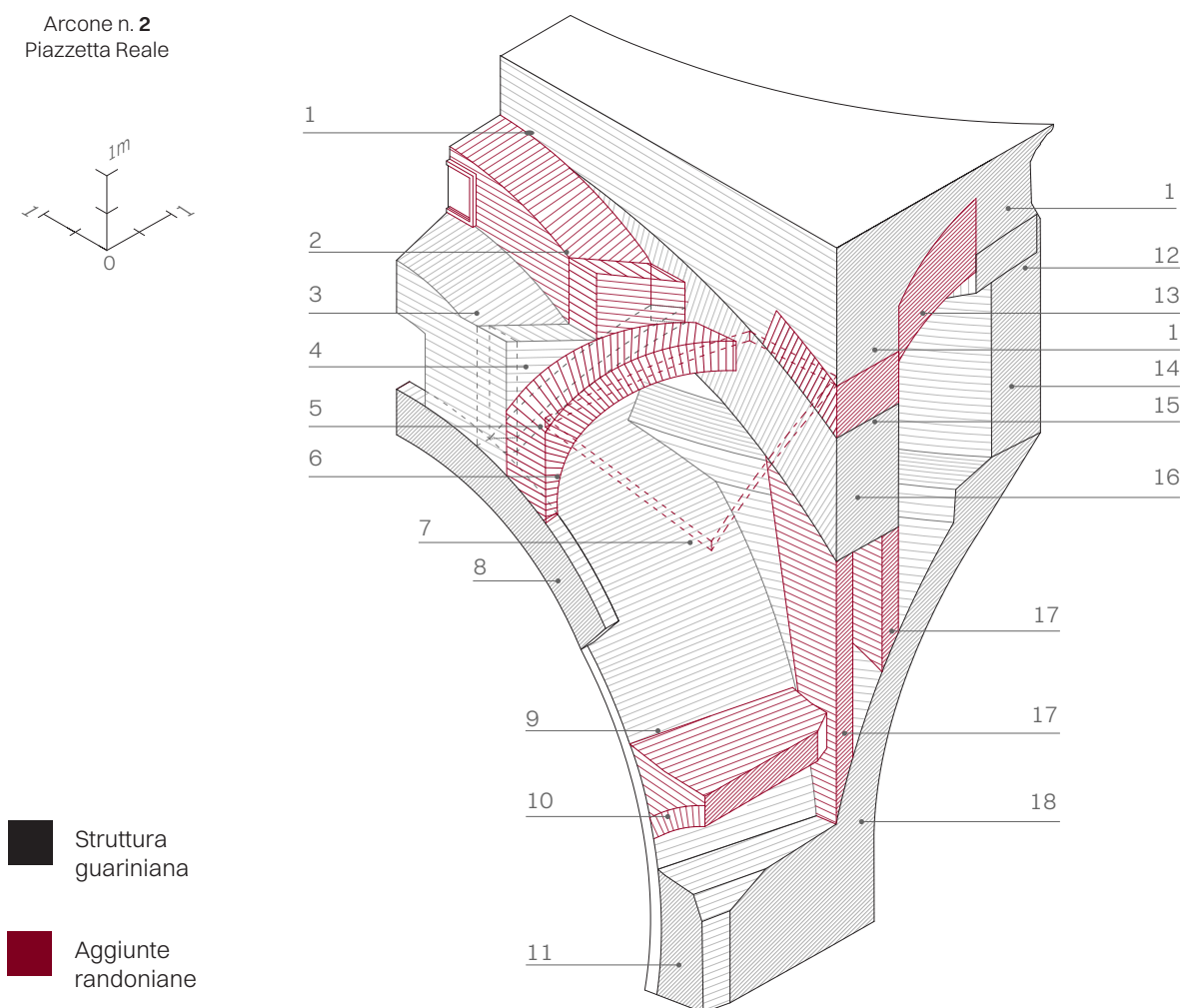


Arcone n. 3
Via XX Settembre



Fig 3.32

Spaccato assonometrico delle componenti murarie all'interno della sezione investigata.



Legenda

1. Tamburo, piano d'imposta degli archi incrociati della cupola.
2. Voltina rampante di copertura.
3. Volta rampante, connessione tra archi rampanti guariniani.
4. Riempimento a corsi orizzontali impostato sull'arco rampante guariniano.
5. Arco rampante guariniano, altezza 12cm.
6. Arco rampante randoniano.
7. Volta rampante di copertura.
8. Arco di rinforzo posto alla terminazione della volta conica, parzialmente inglobato nella muratura esterna;
9. Estradosso volta conica.

10. Volte a botte, connessione tra le torri angolari e la volta conica.
11. Rinforzo posta all'impasta della volta conica.
12. Arco diagonale guariniano, sezionato diagonalmente.
13. Arco diagonale randoniano, sezionato diagonalmente.
14. Tamburo visibile dall'interno della chiesa, con finestre polilobate.
15. Ispessimento estradosale dell'arco di sostegno.
16. Arco di sostegno della cupola, composto da una ghiera di 80 cm e una di 50 cm.
17. Muri intradosali sp. 25cm.
18. Pennacchio.

Conclusioni

Conclusioni

L'interrogativo iniziale della tesi è stato rintracciare lo sperimentalismo strutturale guariniano applicato nella Real chiesa di S. Lorenzo: sebbene la fabbrica sia stata esaminata accuratamente nelle sue questioni compositive, persistevano lacune circa le strutture nascoste, sulle quali si aveva soltanto una comprensione sommaria. La seguente tesi mira a superare le nozioni generiche riguardo l'area dei grandi arconi, analizzandola dal punto di vista geometrico e integrando gli aspetti storico-costruttivi.

I risultati ottenuti sono stati frutto dell'interazione tra diverse tecniche d'indagine: lo studio della documentazione archivistica, l'avvalersi di nuove strumentazioni per il rilievo, fino all'applicazione di un inconsueto metodo rappresentativo, ovvero quello formulato da A. Giuffrè.

La chiesa è nota per le sue linee sinuose e giochi di luce ma, come è emerso, si tratta di una scenografia voluta dal Teatino; oltre l'apparato decorativo, si nasconde la reale struttura portante. Grazie alle analisi abbiamo compreso una relazione tra i due apparati che -nel caso dell'imposta degli arconi- presentano un effettivo dialogo; infatti, l'imposta corrisponde alla trabeazione posta sotto la serliana.

All'interno dell'indistinto corpo murario sono stati individuate le componenti semantiche dell'architettura e messe in relazione alle attigue strutture secondarie. In primis, è stato tracciato il prospetto contenente l'arco maestro. Questo è stato spogliato dai tamponamenti -risalendo così allo scheletro strutturale- e successivamente è stata attribuita la paternità architettonica degli elementi, grazie ad una ipotesi sulle fasi costruttive.

Si è riconosciuto come, nella costruzione della chiesa, le volte coniche e i pennacchi siano stati costruiti contemporaneamente all'imposta degli archi maestri. Tenuto conto della precedente costruzione della volta conica, Guarini dovette utilizzare un'apposita centina lignea (la cosiddetta "Chiave Lignea") che gli consentisse di sviluppare l'arcone.

A seguito della costruzione di questa ossatura primaria, è seguita l'aggiunta di una secondaria, costituita da archi diagonali -disposti a quarantacinque gradi rispetto agli arconi- e archi rampanti; oltre questi elementi, Guarini aveva predisposto anche dei tiranti lignei tra pennacchi e arconi.

La letteratura scientifica riconosceva un unico grande arco,

comprendente gli archi diagonali e rampanti; questi ultimi assorbono le spinte degli archi diagonali e le trasferiscono alle murature esterne. Ciò che solitamente era stato rappresentato come arco diagonale guariniano, attraverso la seguente ricerca, è stato invece identificato come un'aggiunta randoniana; gli interventi di Randoni sono stati poi oggetto di un'attenta disamina.

Il grande restauro ottocentesco è stato valutato come additivo rispetto alle strutture originarie, in quanto operò accrescendo le strutture esistenti, sia primarie che secondarie. In riguardo all'arcone, che presentava i segni di debolezza maggiore, aggiunse una ghiera estradosale e riempiendo lo spazio residuo all'intradosso e all'estradosso con coppie di muretti, al fine di limitare gli spostamenti degli arconi. Ugualmente operò con l'arco diagonale e i rampanti, affiancandone per ciascuno un equivalente di dimensioni maggiori, così da poter intercettare le spinte agenti sugli originari, qualora questi presentassero segnali di cedimento. Lo spazio dell'intercapedine tra arconi e muro perimetrale esterno venne coperto interamente da voltine di collegamento, poggianti sul nuovo sistema secondario e sulle torri angolari. Infine, rese più solidale il comportamento strutturale dell'intera chiesa attraverso l'utilizzo di un ampio sistema di tiranti metallici. Le catene ripercorrono l'ottagono della pianta, uniscono le torri angolari parallelamente agli archi maestri o uniscono il suo intervento alle strutture già esistenti, come nel caso delle spranghe che legano la nuova ghiera a quella guariniana.

Si riconosce l'estrema efficacia del restauro di Randoni dal punto di vista strutturale, in quanto l'intervento ad oggi non mostra un rinnovato quadro fessurativo. Tuttavia, l'utilizzo delle stesse tecniche costruttive e materiali, rende difficile la riconoscibilità dell'intervento. La seguente ricerca ha restituito l'immagine globale dell'arditezza strutturale di Guarini, confrontandola con la situazione attuale.

Avendo constatato la ricorrenza delle componenti nelle strutture nascoste e le differenze di lieve entità che le contraddistinguono, si è ritenuta adeguata la rappresentazione minuziosa dell'arcone denominato come n. 2. Sia per ragioni di tempo che strumentali, il rilievo tramite fotogrammetria è stato difficoltoso e ricopre parzialmente le superfici da mappare. Ciò non esclude che future

indagini potranno riguardare la mappatura in dettaglio anche degli arconi n. 1-3-4, attraverso l'utilizzo di attrezzatura più adeguata. Si auspica inoltre che altre prospettive di ricerca si focalizzeranno sul metodo con cui Randoni intervenne in prossimità del concio di chiave degli arconi, vista la presenza assicurata delle murature soprastanti.

In conclusione, la presente tesi si propone come un piccolo, sebbene importante, tassello per la comprensione della chiesa di S. Lorenzo, indagando su aspetti nascosti e meno studiati. Scoprire la struttura originaria, spogliandola dalle sovrastrutture aggiunte nei successivi secoli, permette di apprezzare l'ardita concezione di un organismo murario al limite del possibile. Le rappresentazioni proposte, oltre a fornire un'immagine completa e percettivamente unitaria della struttura, rendono possibile formulare nuovi interrogativi per future ricerche.

Apparati

Cronistoria essenziale

10 agosto 1557

Il duca Emanuele Filiberto di Savoia, dopo la vittoria nella battaglia di San Quintino, fa voto di erigere una chiesa dedicata a San Lorenzo.

1634

I Padri Teatini ricevono in dono dal duca Vittorio Amedeo I il sito per la nuova chiesa e viene posta la prima pietra su progetto di Carlo di Castellamonte.

4 novembre 1666

Guarino Guarini giunge a Torino proveniente da Parigi, fermandosi su richiesta del duca Carlo Emanuele II.

1668

Guarini viene nominato ingegnere e matematico di corte e subentra ad Amedeo di Castellamonte nell'incarico per la chiesa di San Lorenzo.

Gennaio 1670

Inizia ufficialmente il cantiere della chiesa guariniana con la demolizione delle strutture precedenti e la posa delle fondazioni.

Settembre 1673

Si avvia la decorazione del guscio interno con la posa delle prime colonne di marmo rosso.

1677

Guarini resiste alle pressioni di Madama Reale per voltare la cupola in estate, preferendo attendere per garantire l'assestamento delle murature ed evitare crolli.

27 ottobre 1679

Viene completata la struttura della cupola e piantata la croce sul lanternino, illuminata per l'occasione da fuochi artificiali.

12 maggio 1680

La chiesa viene inaugurata e Guarini stesso vi celebra la prima messa alla presenza della corte sabauda.

6 marzo 1683

Guarino Guarini muore a Milano, lasciando la chiesa sostanzialmente completa ma priva di alcune decorazioni finali.

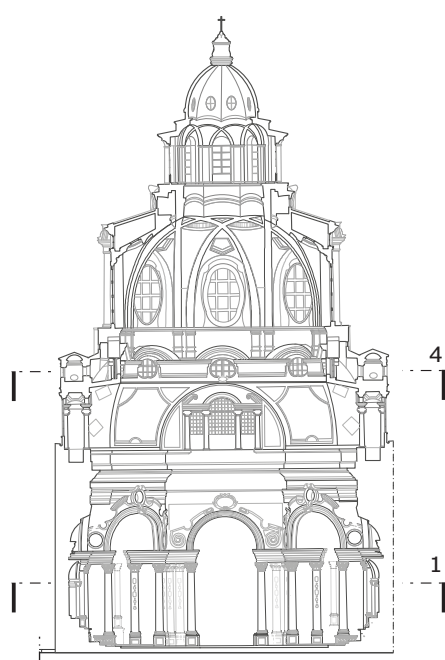
1696

Viene consacrato l'altare maggiore, progettato da Guarini nel 1681, ma completato postumo.

1827-1830

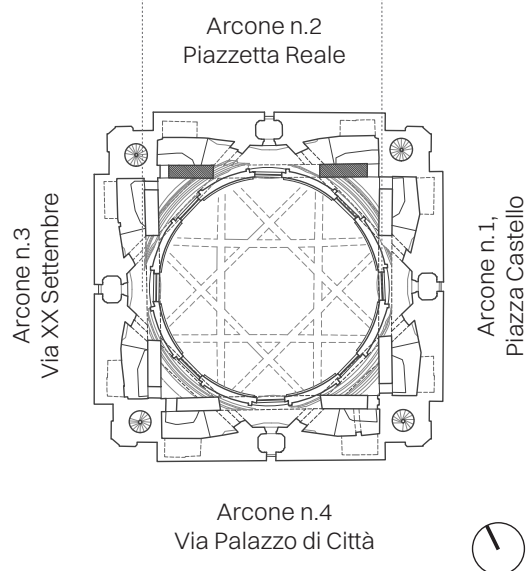
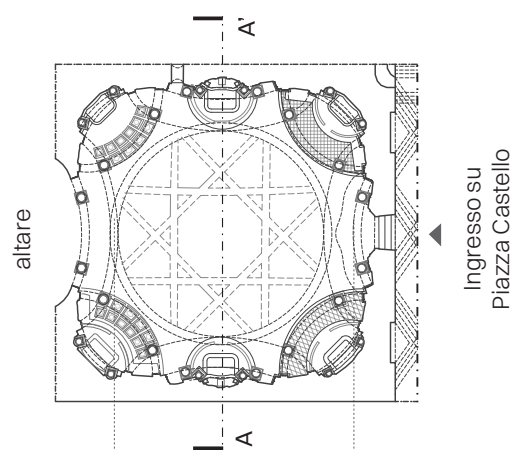
L'architetto reale Carlo Randoni esegue un importante intervento di consolidamento strutturale, aggiungendo catene metalliche e rinforzando gli arconi nascosti.

Schede relative al manufatto



Navigatore sezione. Sezione verso l'altare

Navigatore pianta, altezza +3.5 m.



Navigatore pianta n.4, altezza +8.5 m. La numerazione degli archi ha seguito l'ordine con il quale sono stati rilevati durante i sopralluoghi.

Sezione denominata “Alla Giuffrè”. In questo elaborato, tramite l'isolamento del piano degli arconi, è possibile leggere con chiarezza la sovrapposizione delle diverse componenti strutturali che interagiscono con gli arconi di sostegno della cupola. La comprensione completa di tali componenti implica la lettura delle note che corredano il disegno. Cfr. par. 2.3.1.












- Costruzione di epoca guariniana (1670-1679)
- Intervento di restauro di Randoni (1827-1830)

Legenda

Riferita alla sezione

Dato accertato	—
Dato congetturale sezione
Limite del piano	—

Elementi

Elemento antistante sezionato	
Elemento retrostante sezionato	
Vuoto antistante	
Vuoto retrostante	
Volta a botte	
Arco rampante	
Arco diagonale	
Pennacchio	
Volta conica	
Capo chiave	
Ammorstatura	

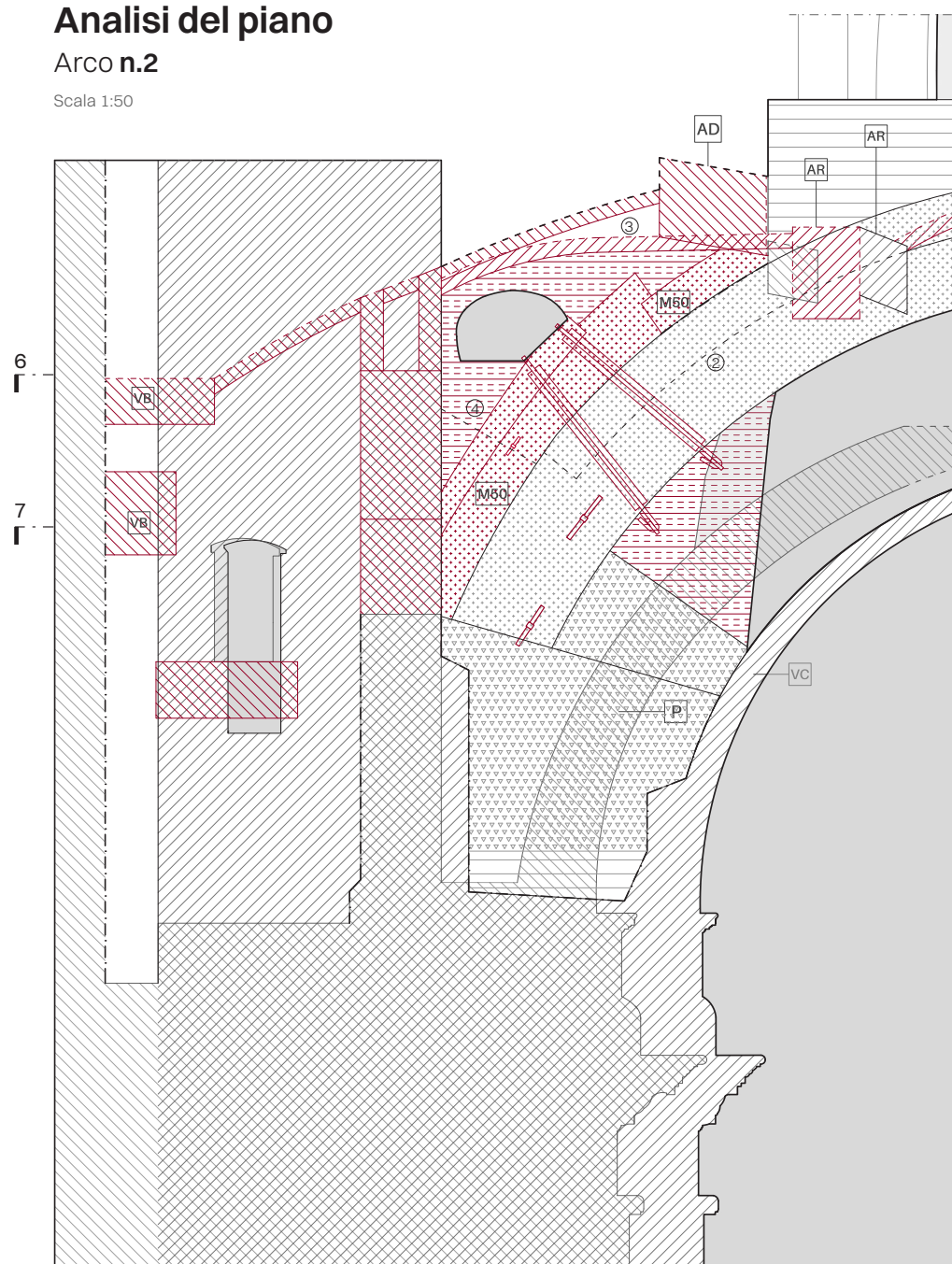
Elementi appartenenti al piano

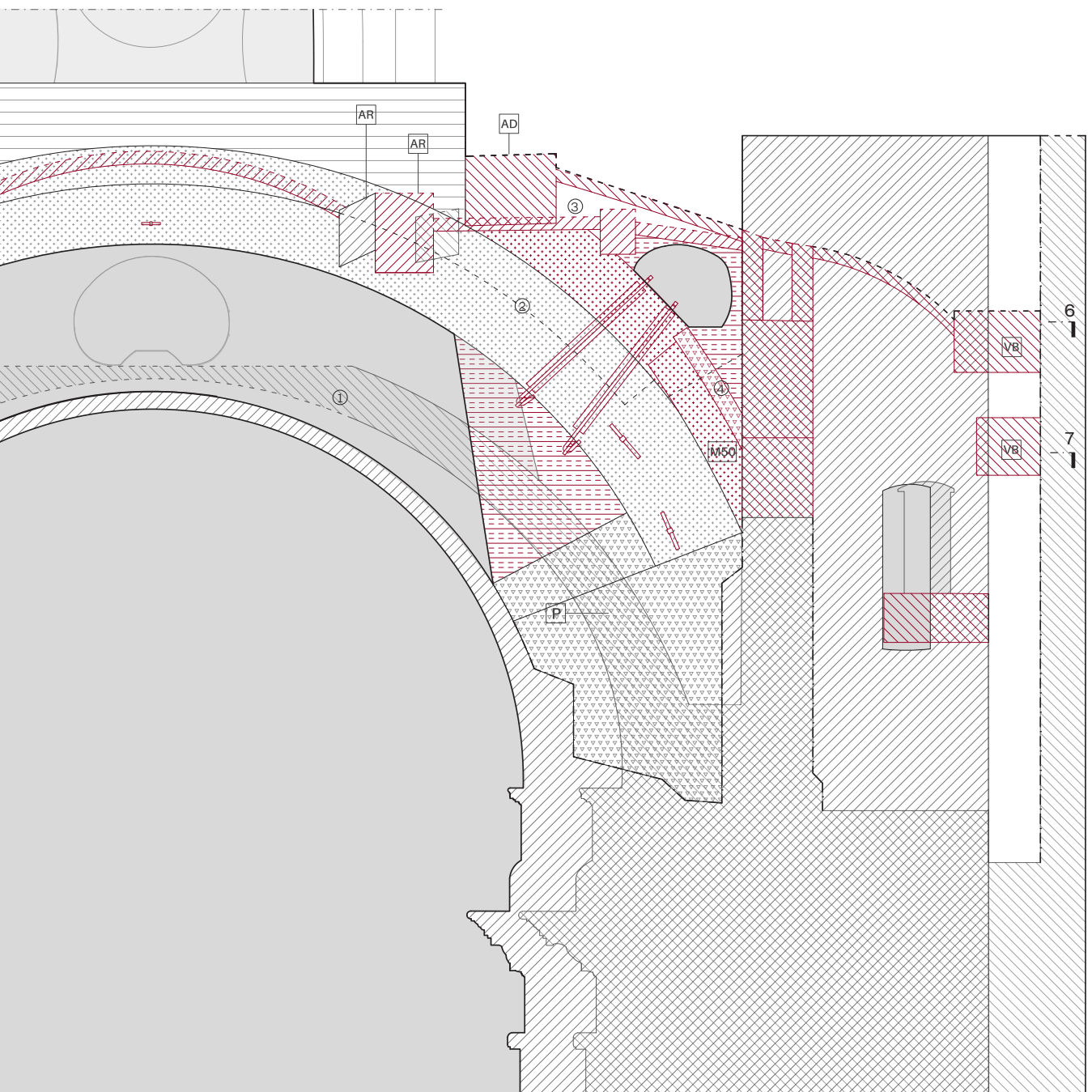
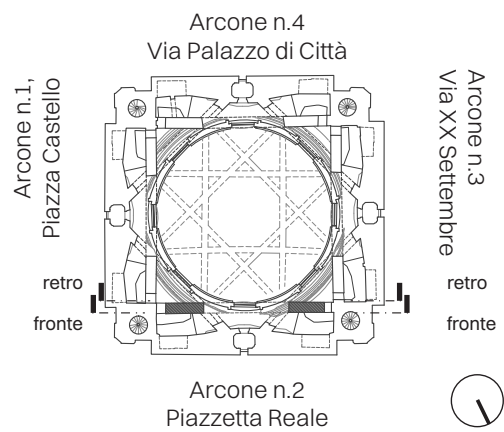
Corsi radiali	
Corsi orizzontali	
Corsi paralleli inclinati	
Doppio muro sottile	
Mattoni speciali	

Analisi del piano

Arco n.2

Scala 1:50





*Pianta n.6, sezionando le finestre del tamburo.
Da corredarsi alla lettura della sezione "alla Giuffrè",
mostra le aggiunte randoniane dei tiranti metallici che
nei raddoppiamenti delle strutture murarie.
Cfr. par. 2.3.1.*

Pianta 6

Scala 1:50

- Costruzione di epoca guariniana (1670-1679)
- Intervento di restauro di Randoni (1827- 1830)

Note

1. Gli estradossi delle volte rampanti, degli archi diagonali e degli archi rampanti sono stati ipotizzati, poiché i dati della nuvola di punti disponibile erano limitati all'intradosso degli elementi sopracitati; non è stato possibile effettuare misurazioni dirette degli estradossi.

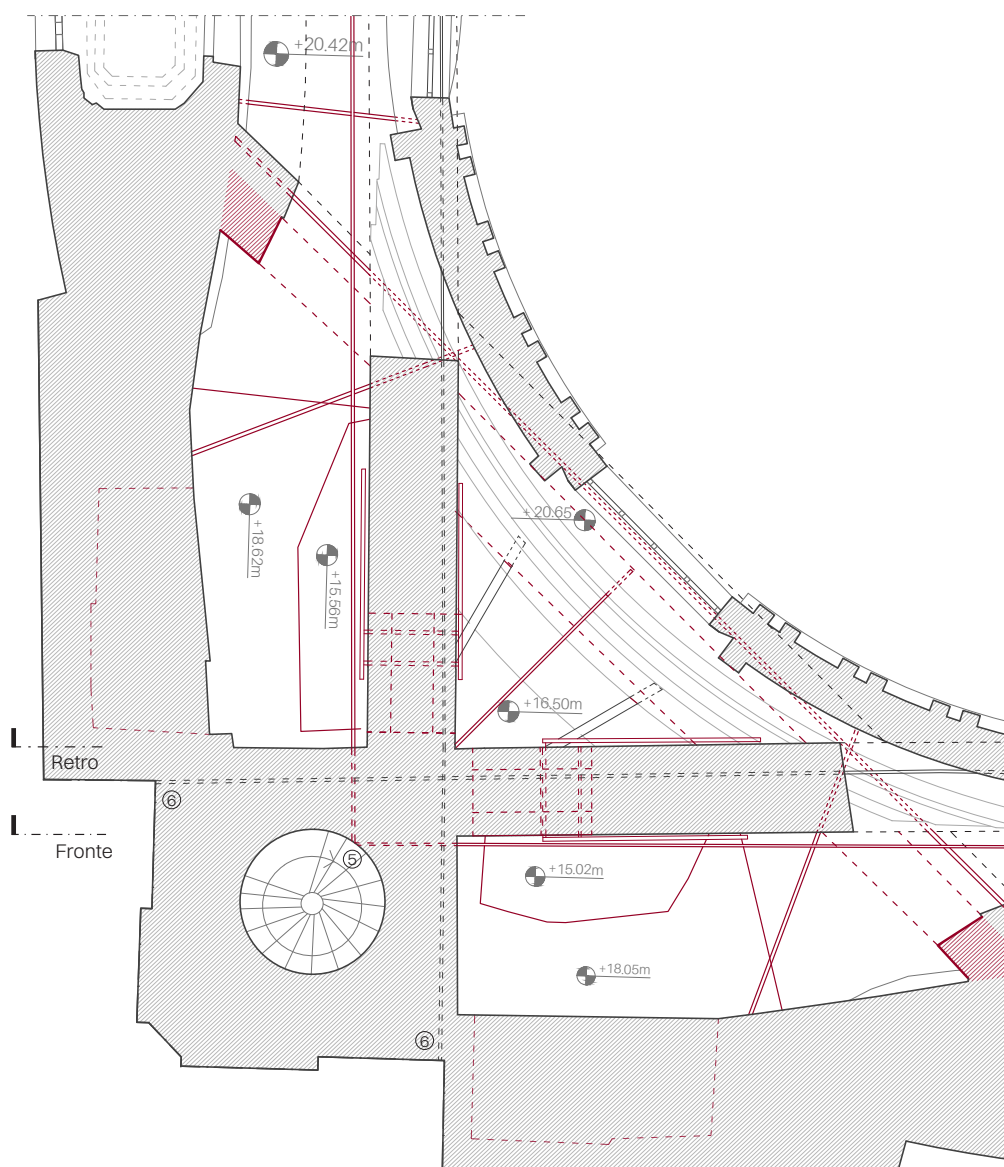
2. La suddivisione della ghiera di Guarini in due ghiera, rispettivamente da 80 cm e da 50 cm, è stata dedotta in quanto l'area risulta coperta da uno strato d'intonaco. Le loro dimensioni sono state desunte da porzioni di arco visibili.

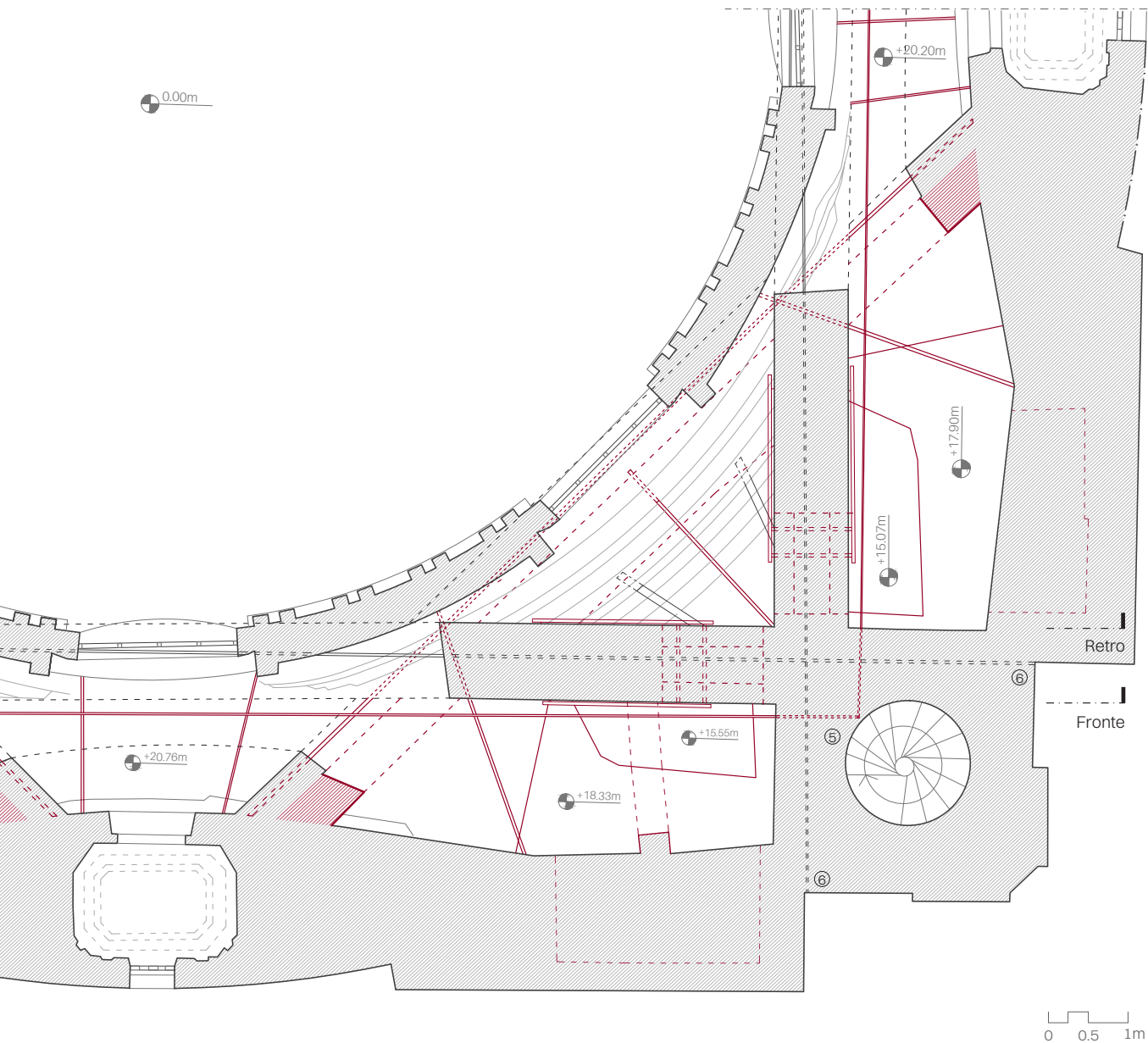
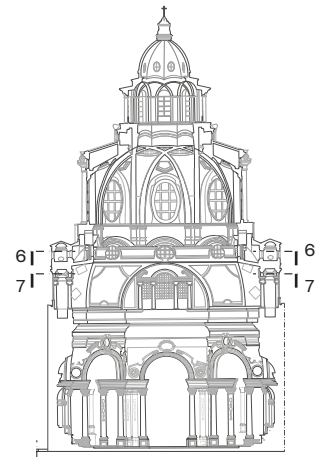
3. L'intersezione tra il piano secante denominato "retro" e il pennacchio, in corrispondenza della finestra polilobata, è di natura congetturale, poiché in quella posizione è presente il tamburo. Per questo motivo, la geometria è stata ricostruita in modo ipotetico.

4. Si ipotizza che nella posizione indicata fosse presente il rinforzo alle reni guariniano. Cfr. l'incisione "La Chiave della Cupola di San Lorenzo".

5. Le catene aggiunte da Randoni sono ancorate in un bolzone, visibile all'interno della tromba delle scale delle torri angolari.

6. Si presume che le catene di Guarini che attraversano l'arco siano ancorate all'esterno delle torri angolari.





Pianta n.7, sezionando la volta conica.
Da corredarsi alla lettura della sezione "alla Giuffrè",
mostra le aggiunte randoniane.
Cfr. par. 2.3.1.

- Costruzione di epoca guariniana (1670-1679)
- Intervento di restauro di Randoni (1827- 1830)

Note

1. Gli estradossi delle volte rampanti, degli archi diagonali e degli archi rampanti sono stati ipotizzati, poiché i dati della nuvola di punti disponibile erano limitati all'intradosso degli elementi sopracitati; non è stato possibile effettuare misurazioni dirette degli estradossi.

2. La suddivisione della ghiera di Guarini in due ghiera, rispettivamente da 80 cm e da 50 cm, è stata dedotta in quanto l'area risulta coperta da uno strato d'intonaco. Le loro dimensioni sono state desunte da porzioni di arco visibili.

3. L'intersezione tra il piano secante denominato "retro" e il pennacchio, in corrispondenza della finestra polilobata, è di natura congetturale, poiché in quella posizione è presente il tamburo. Per questo motivo, la geometria è stata ricostruita in modo ipotetico.

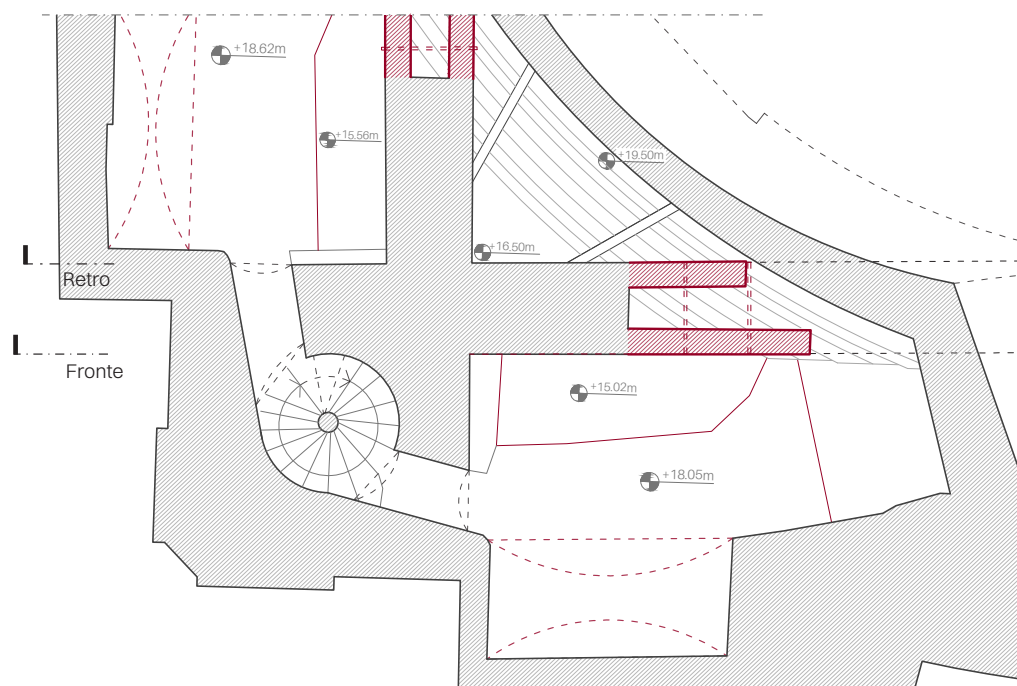
4. Si ipotizza che nella posizione indicata fosse presente il rinforzo alle reni guariniano. Cfr. l'incisione "La Chiave della Cupola di San Lorenzo".

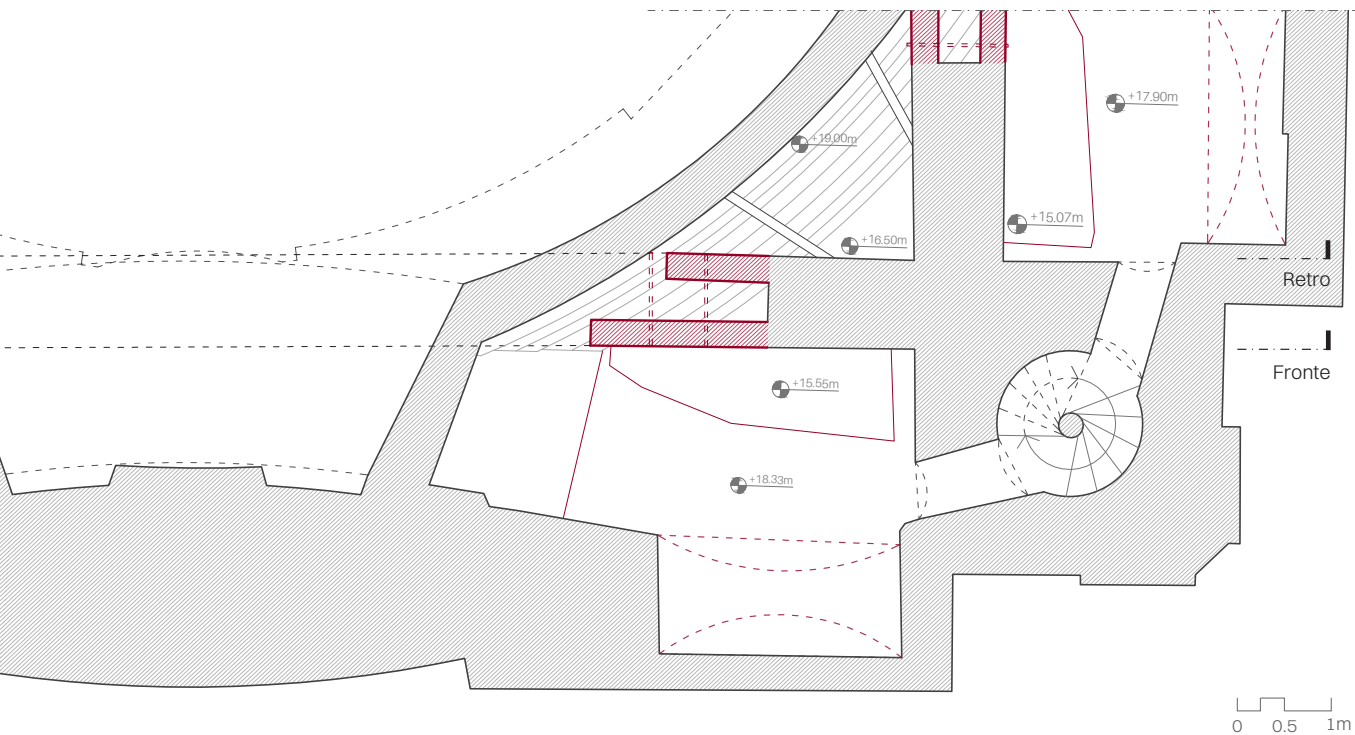
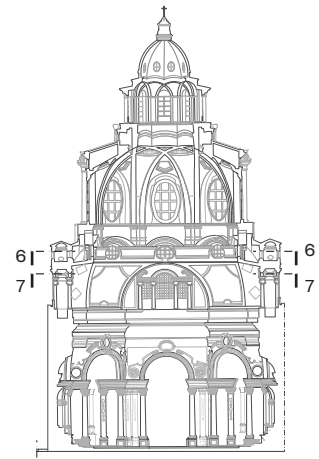
5. Le catene aggiunte da Randoni sono ancorate in un bolzone, visibile all'interno della tromba delle scale delle torri angolari.

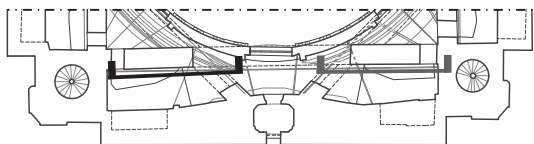
6. Si presume che le catene di Guarini che attraversano l'arco siano ancorate all'esterno delle torri angolari.

Pianta 7

Scala 1:50







Arcone n.1,
Piazza Castello



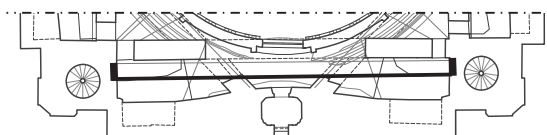
Fotopiano parziale del piano contenente l'arcone numero 1 (Piazza Castello). Porzione analizzata evidenziata in nero -a sinistra- all'interno del navigatore.





Fotopiano parziale del piano contenente l'arcone numero 1 (Piazza Castello) e la sua imposta. Porzione analizzata evidenziata in grigio -a destra- all'interno del navigatore.

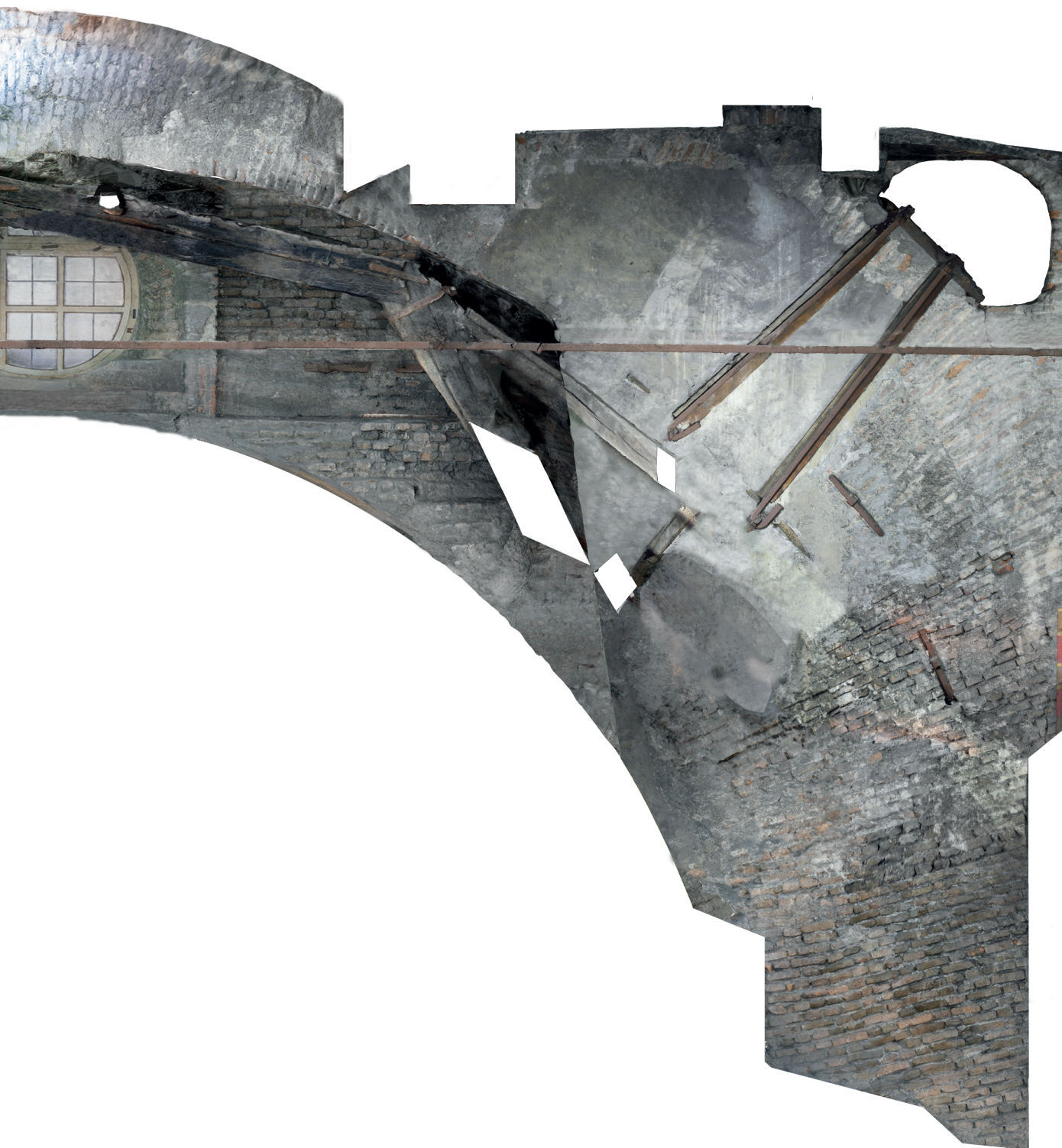
0 0.5 1m



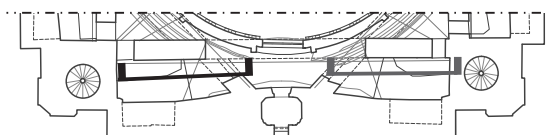
Arcone n.2,
Piazzetta Reale



*Fotopiano dell'arco n.2 (Piazzetta Reale),
maggiormente studiato all'interno del seguente
lavoro di tesi. Porzione analizzata evidenziata in nero
all'interno del navigatore.*



0 0.5 1m



Arcone n.3,
Via XX Settembre



Fotopiano parziale del piano contenente l'arcone numero 3 (Via XX Settembre) e la sua imposta. Porzione analizzata evidenziata in nero -a sinistra- all'interno del navigatore.

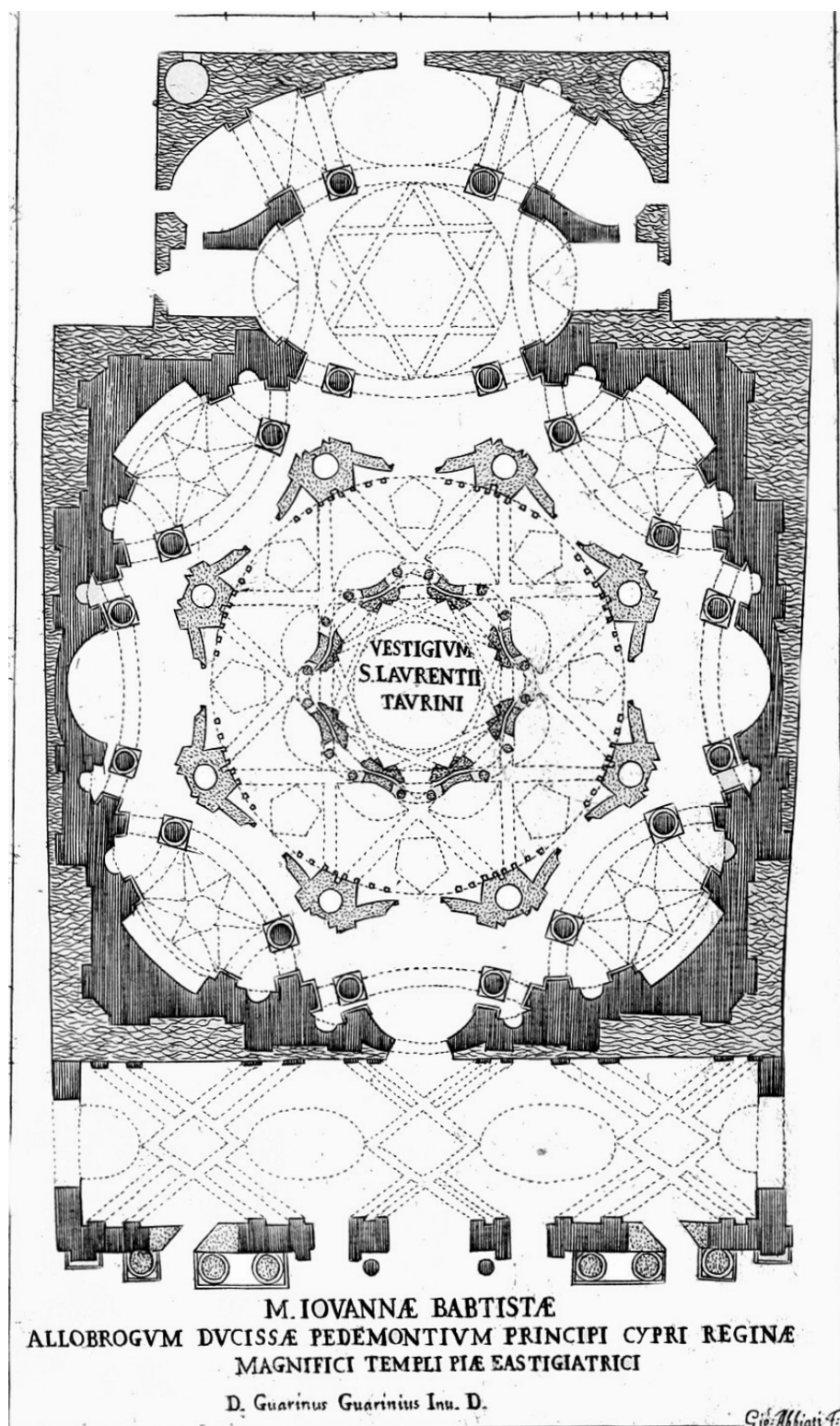
0 0.5 1m



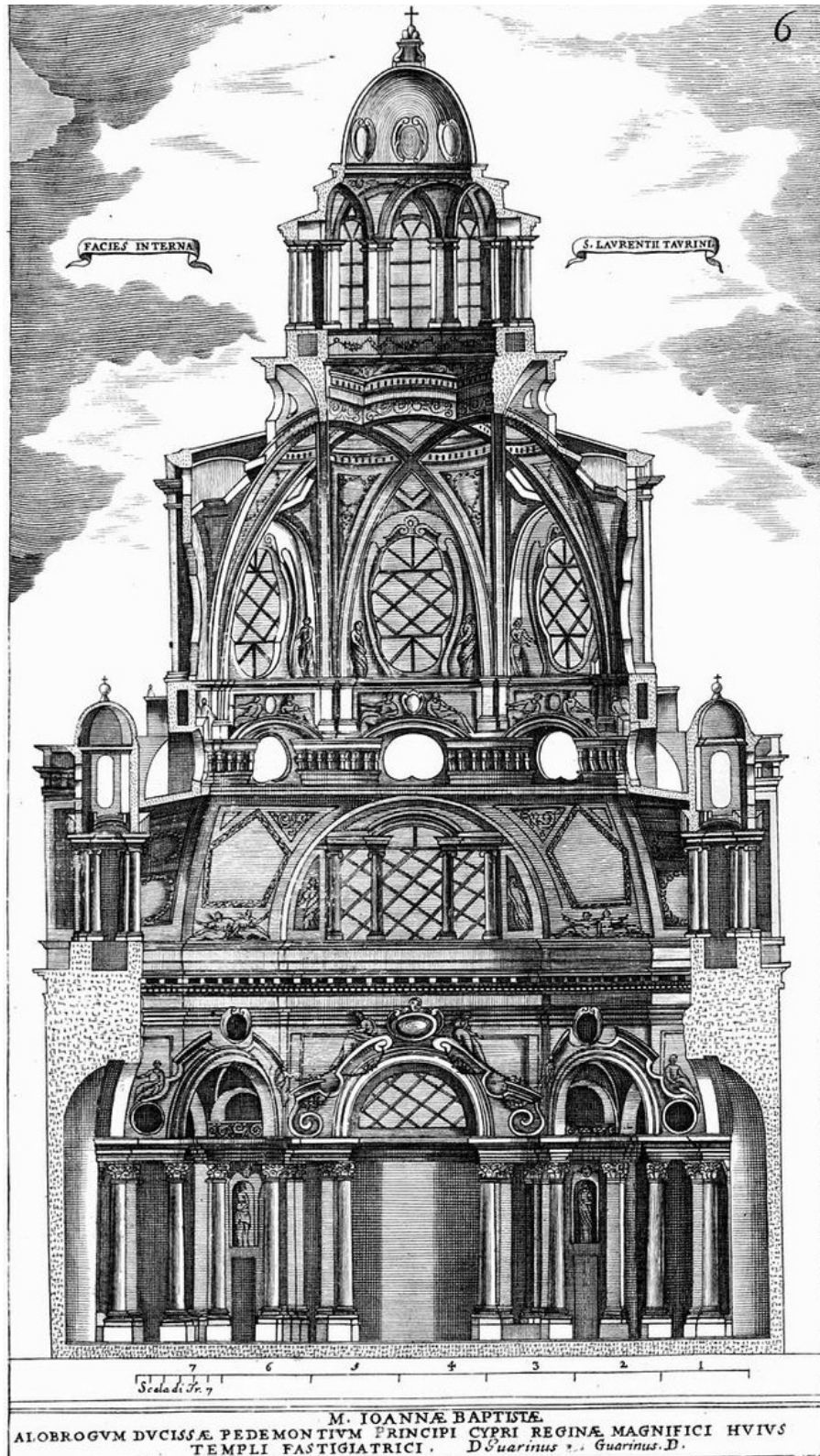
*Fotopiano parziale del piano contenente l'arcone
numero 3 (Via XX Settembre) e la sua imposta
(parziale).
Porzione analizzata evidenziata in grigio -a destra-
all'interno del navigatore.*

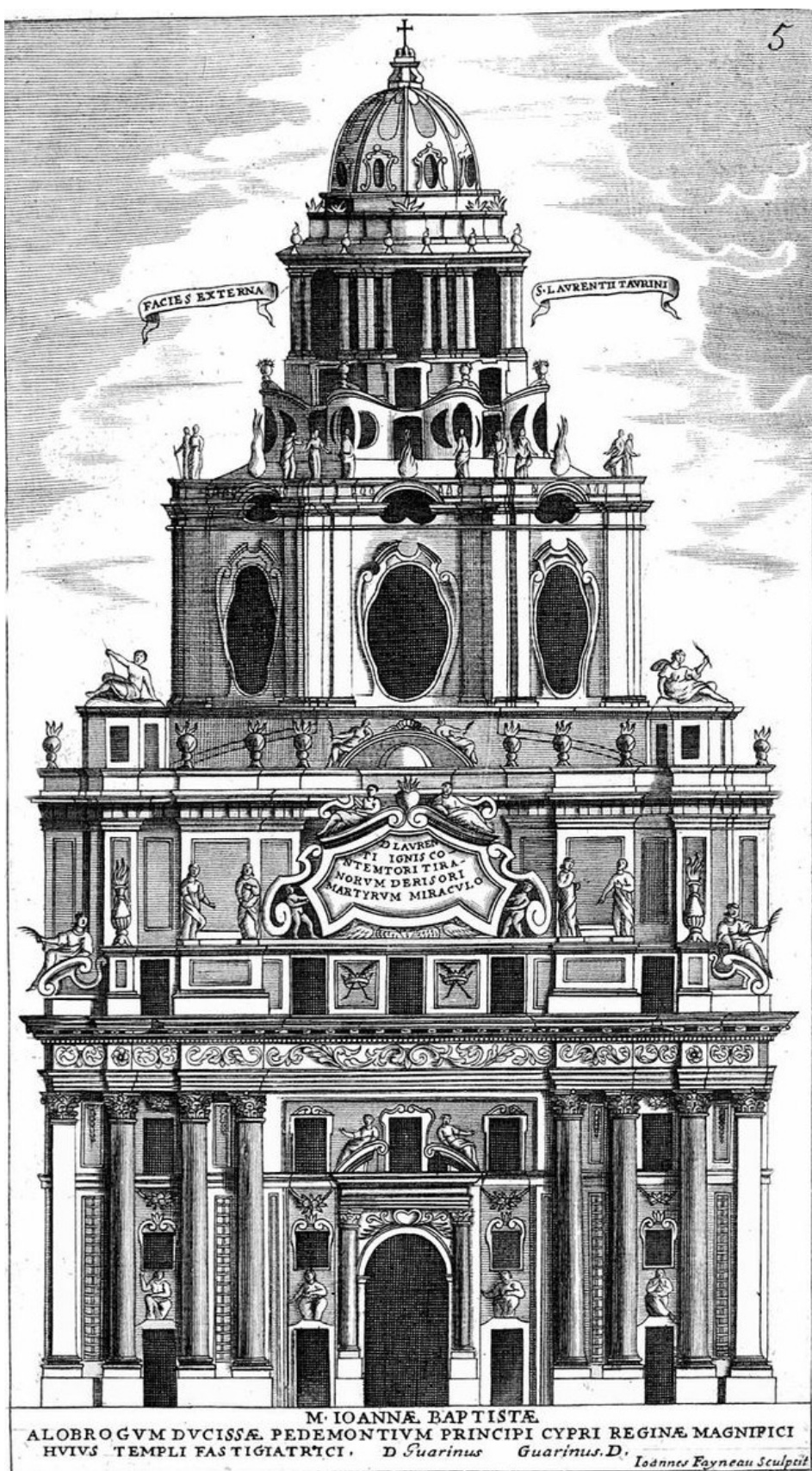
0 0.5 1m

Appendice A- Documenti archivistici

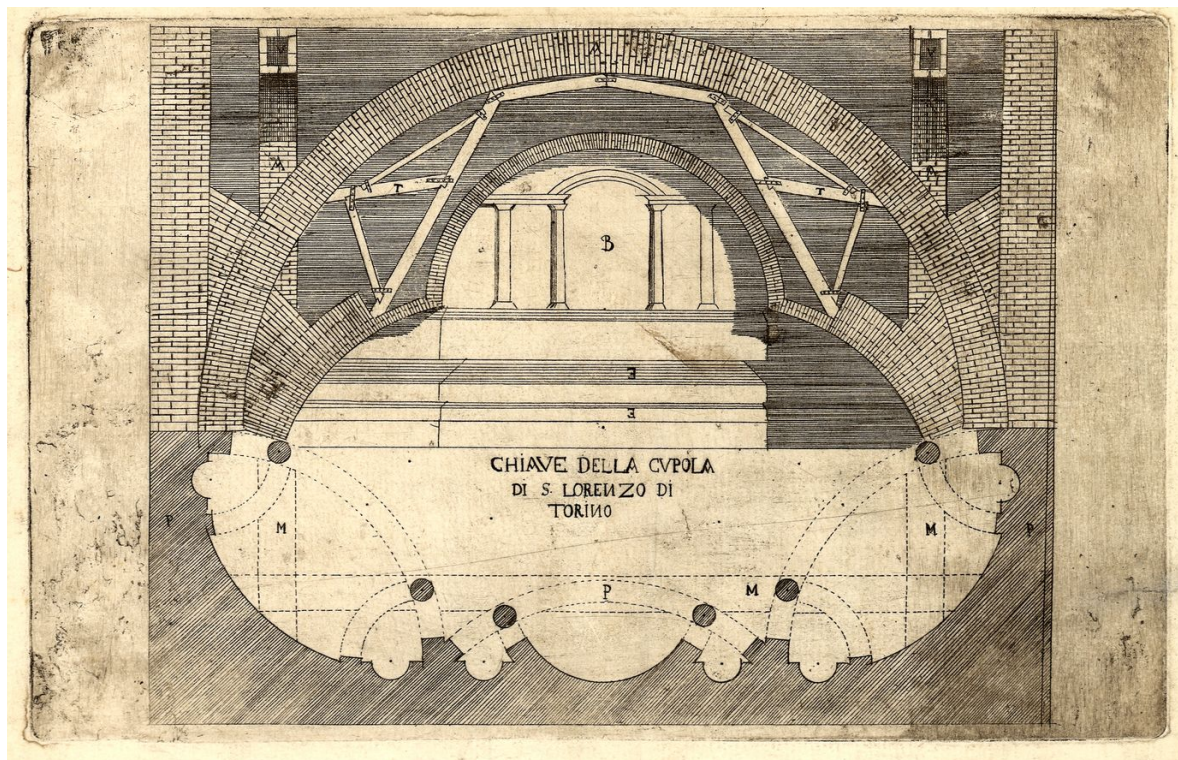


A sinistra:
 Guarino Guarini, <<Pianta della chiesa di San
 Lorenzo>> in *Architettura civile* op. cit., Appendice.
 Sotto:
 Guarino Guarini, *Facies Interna S. Laurentii Taurini*,
Architettura civile op. cit., Appendice.

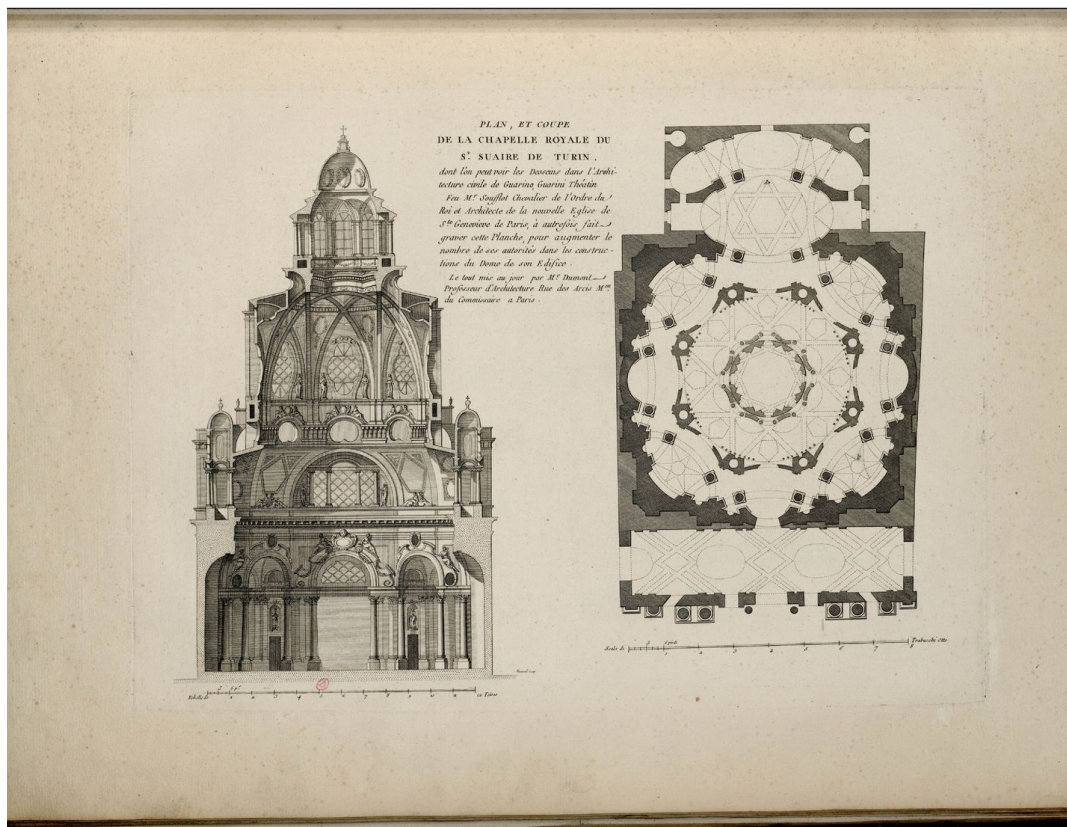




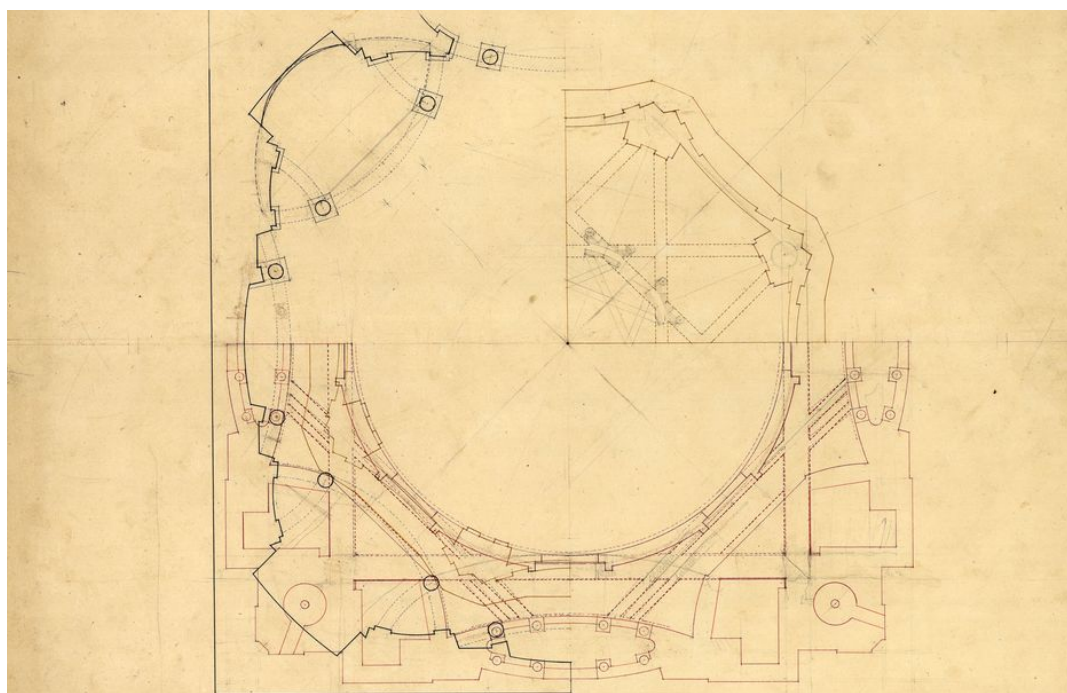
Guarino Guarini, *Chiave della Cupola di San Lorenzo di Torino* in ASTR, *Carte Topografiche e Disegni*, Ufficio Generale delle Finanze, Torino Sezione II, Torino, Chiese, m. 17.



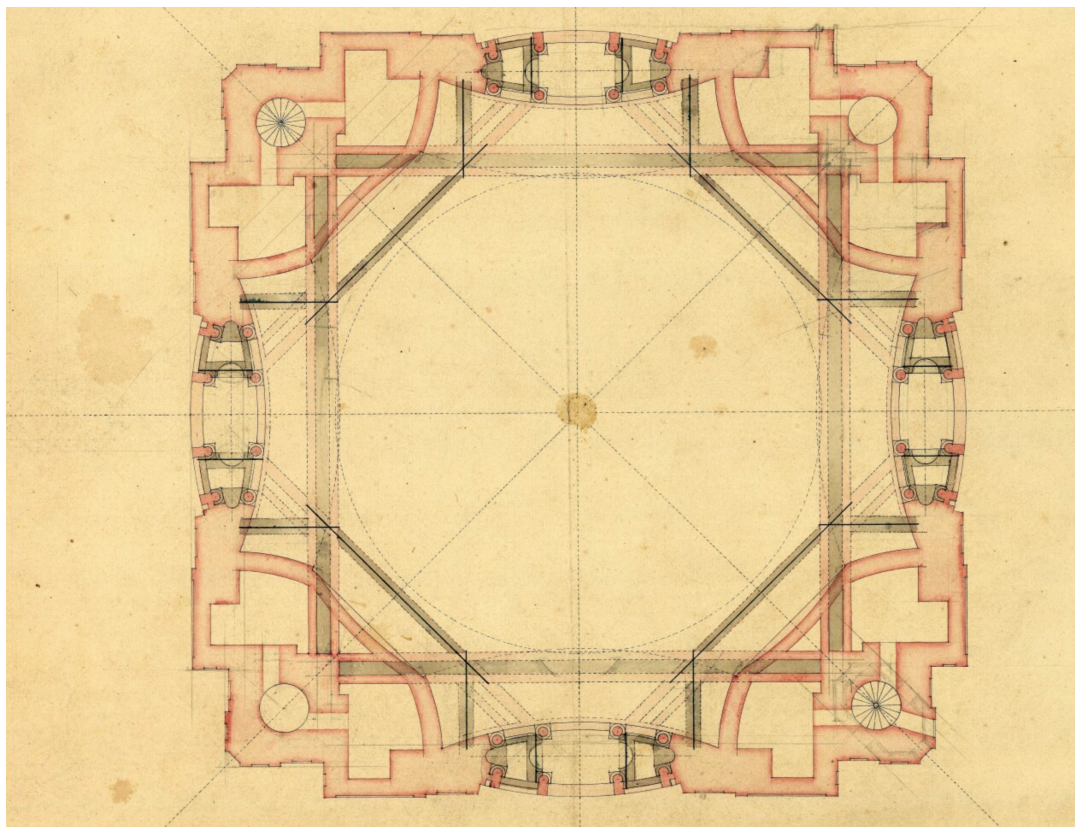
Gabriel-Pierre-Martin Dumont, "Plan, et coupe de la chapelle royale du St. Suaire de Turin" [sebbene sia rappresentata San Lorenzo a Torino], 1781. In: [Oeuvres de] Jacques-Germain Soufflot, tavola 16.



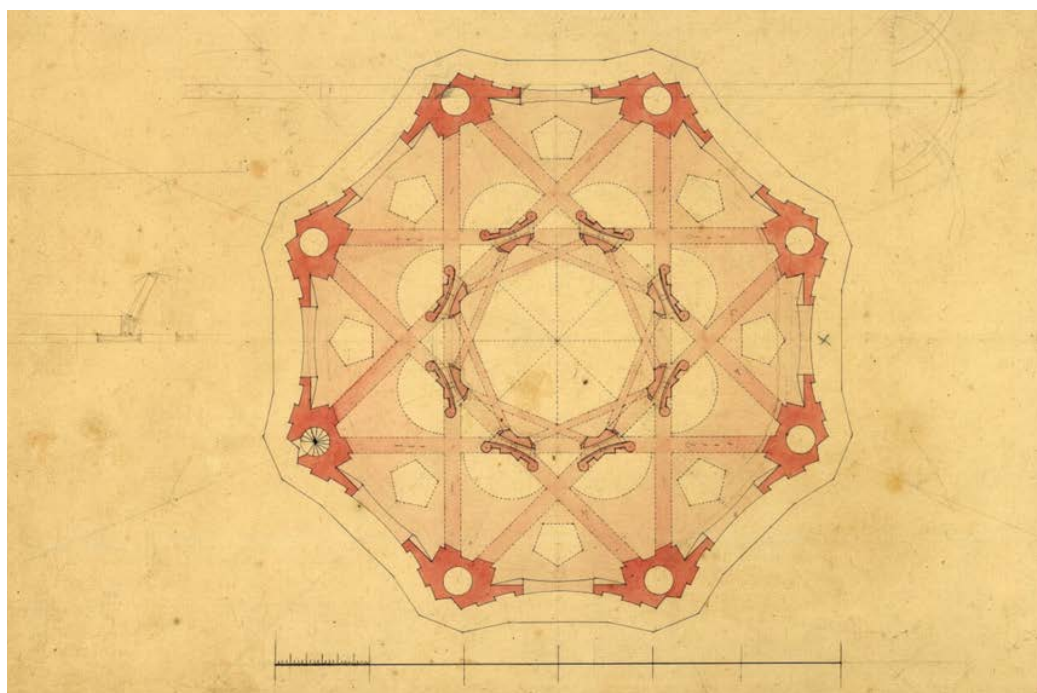
Carlo Randoni, ASTO, AZIENDA REAL CASA (oggi "Casa di Sua Maestà"), Tipi e disegni, Torino, Chiesa di San Lorenzo, "piante della chiesa tutte senza data e autore". N. 294/1, sec. XVIII.



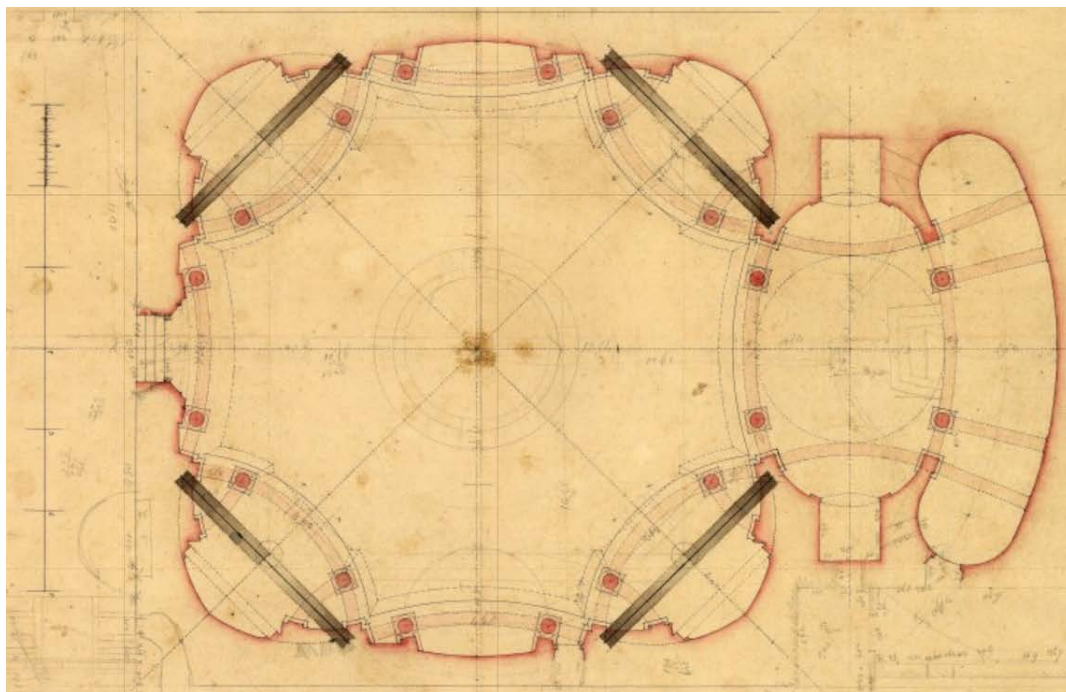
Carlo Randoni, ASTO, AZIENDA REAL CASA (oggi "Casa di Sua Maestà"), Tipi e disegni, Torino, Chiesa di San Lorenzo, "piante della chiesa tutte senza data e autore". N. 294/2, sec. XVIII.



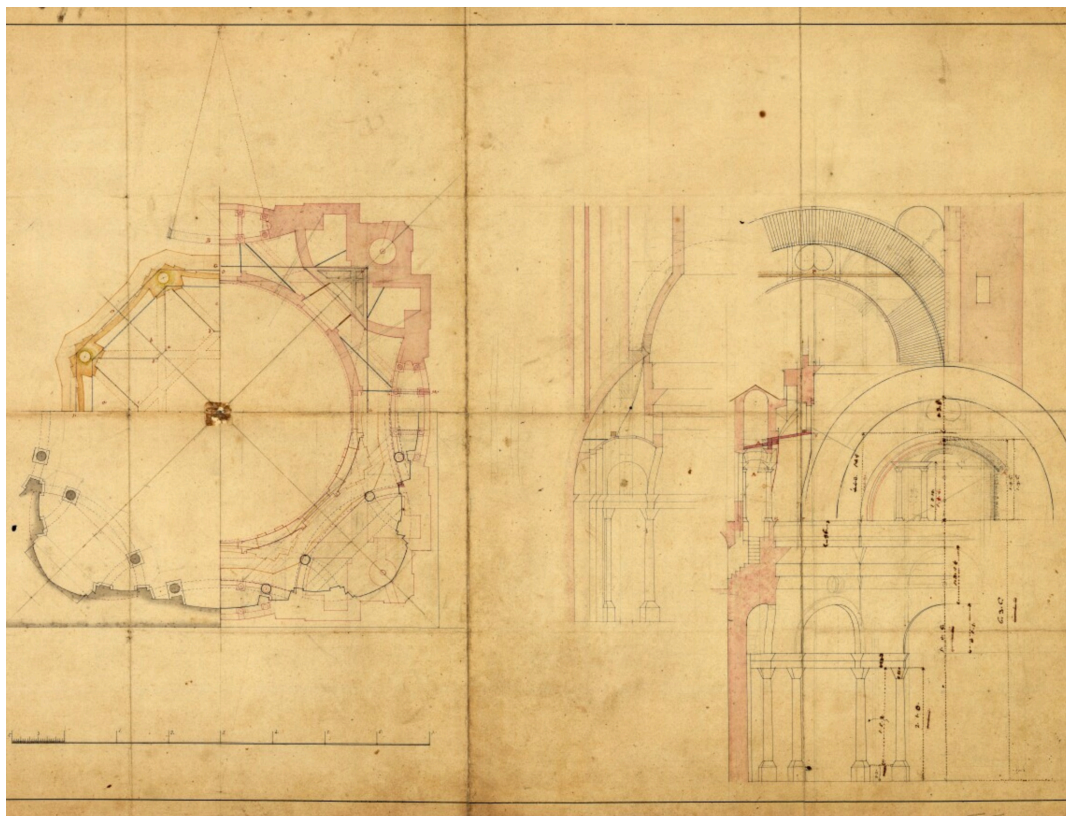
Carlo Randoni, ASTO, AZIENDA REAL CASA (oggi "Casa di Sua Maestà"), Tipi e disegni, Torino, Chiesa di San Lorenzo, "piante della chiesa tutte senza data e autore". N. 294/3, sec. XVIII.



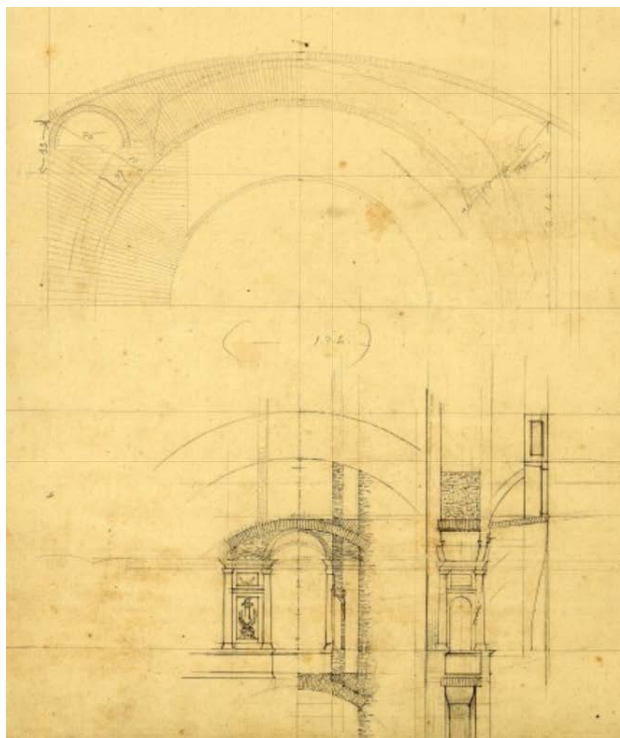
Carlo Randoni, ASTO, AZIENDA REAL CASA (oggi "Casa di Sua Maestà"), Tipi e disegni, Torino, Chiesa di San Lorenzo, "piante della chiesa tutte senza data e autore". N. 294/5, sec. XVIII.



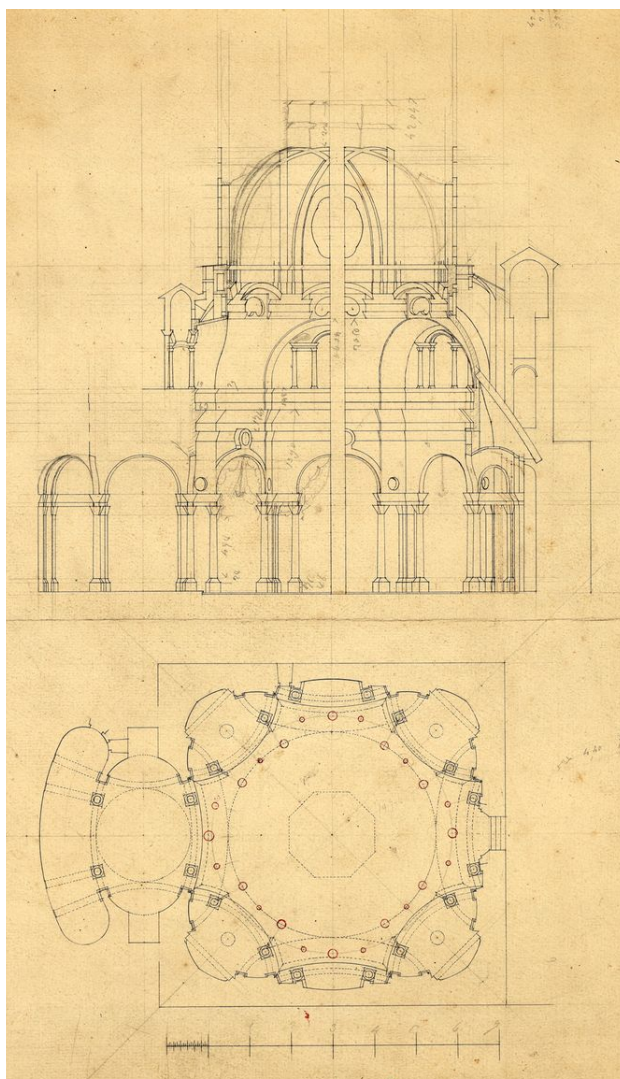
Carlo Randoni, ASTO, AZIENDA REAL CASA (oggi "Casa di Sua Maestà"), Tipi e disegni, Torino, Chiesa di San Lorenzo, "piante della chiesa tutte senza data e autore". N. 295/1, sec. XVIII.



Carlo Randoni, ASTO, AZIENDA REAL CASA (oggi "Casa di Sua Maestà"), Tipi e disegni, Torino, Chiesa di San Lorenzo, "piante della chiesa tutte senza data e autore". N. 295/2, sec. XVIII.

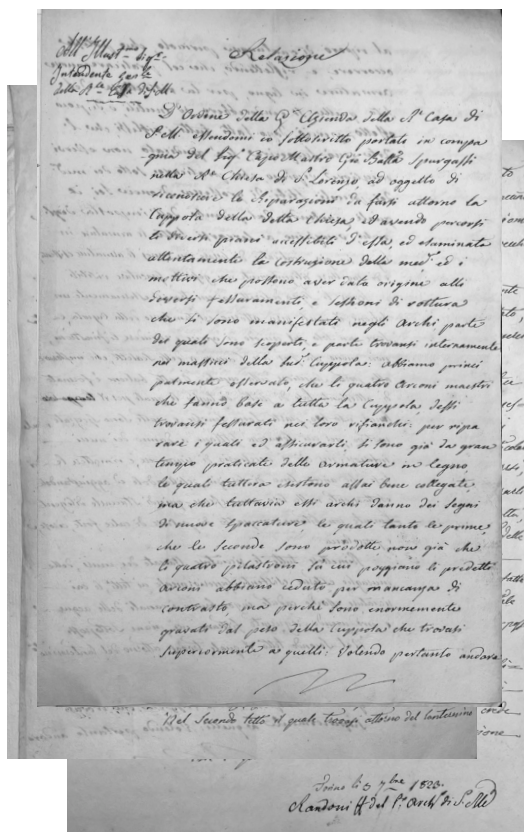


Carlo Randoni, ASTO, AZIENDA REAL CASA (oggi "Casa di Sua Maestà"), Tipi e disegni, Torino, Chiesa di San Lorenzo, "schizzo di arcate". Disegno a matita, N. 298



Carlo Randoni, Relazione, ASTo, ASTR, Real Casa, m. 2052, 3 settembre 1823.

Di fianco si propone una lettura del documento suscettibile di correzioni paleografiche.



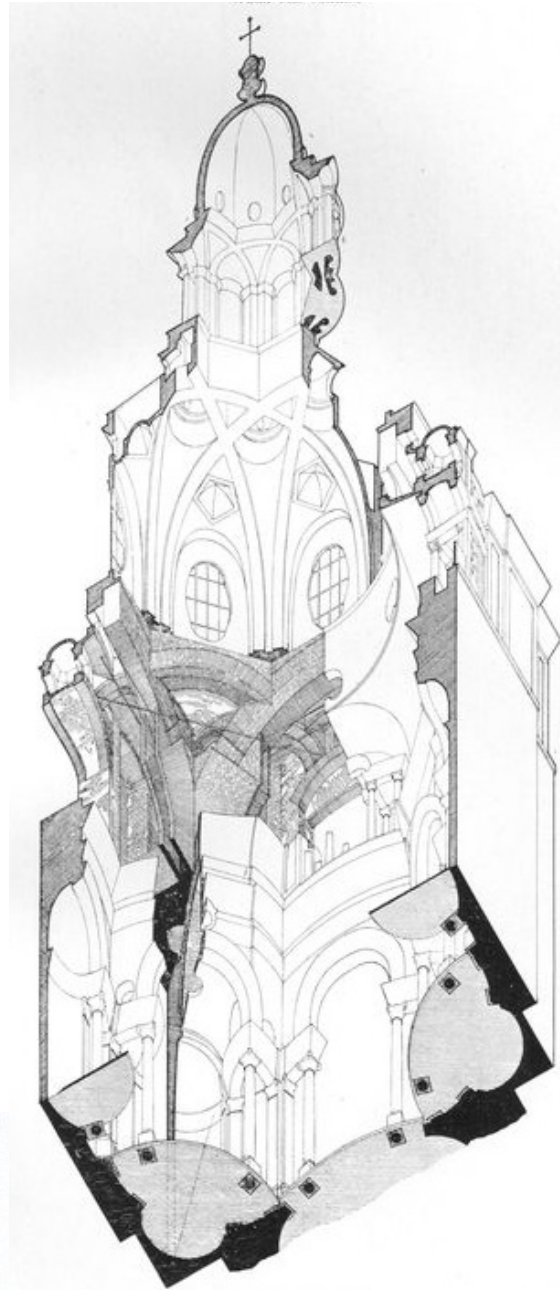
abbiano ceduto per mancanza di contrasto, ma perchè sono enormemente gravati dal peso della Cuppola che trovasi superiormente a quelli: volendo pertanto andare al riparo di qualunque pericolo, che potesse occorrere, e riflettendo, che col praticare nuove armature in legno, per la ristrettezza del sito, quelle si renderebbero di inutili, o di poco effetto; perciò, dopo fatti tutti i riflessi che l'arte mi può suggerire, si è giudicato non esservi miglior ripiego, che praticare sotto dei med. (medesimi ndt) degli stil di grossezza d'oncie sei, i quali partendo dal piombo dell'imposta degli archi, venghino a serrarsi sotto le armature in legno, ivi già praticate; di serrare con cunei le armature esistenti; e di sugellare diligentemente con gesso le spaccature visibili. Sopra li sopra descritti arconi trovasi esternamente un Balcone, il quale gira attorno al tamburo della Cupola e serve non solo pel comodo di aprire e chiudere li finestroni, non meno che per dare l'accesso a delle Scalette, che mettono alla porta Superiore della cupola. Questo balcone

All'Ill.mo Signore Intendente Gle della R.le Casa di S. Lorenzo

D'Ordine della R. Azienda della R. Casa di S.M. essendomi col sottoscritto portato in compagnia del Sig. Capo Mastro Gio. Batta Bu*rgassi nella R.le Chiesa di S. Lorenzo, ad oggetto di riconoscere le Riparazioni da farsi attorno la Cuppola della detta Chiesa, ed avendo percorsi li diversi piani accessibili d'essa, ed esaminato attentamente la costruzione della med. (medesima?) ed i motivi che possono aver data origine alli diversi fessuramenti, e lesioni di rottura che si sono manifestati negli archi, parte dei quali sono scoperti, e parte trovansi internamente nei massicci della sud. Cuppola: abbiamo principalmente osservato, che li quattro Arconi maestri che fanno base a tutta la Cuppola detti trovansi fessurati nei loro rinfianchi: per riparare i quali ed assicurarli si sono già da gran tempo praticate delle armature in legno le quali tuttora esistono assai bene collegate ma che tuttavia essi archi danno dei segni di nuove spaccature, le quali tanto le prime che le seconde sono prodotte non già che li quattro pilastri su cui poggiano li predetti

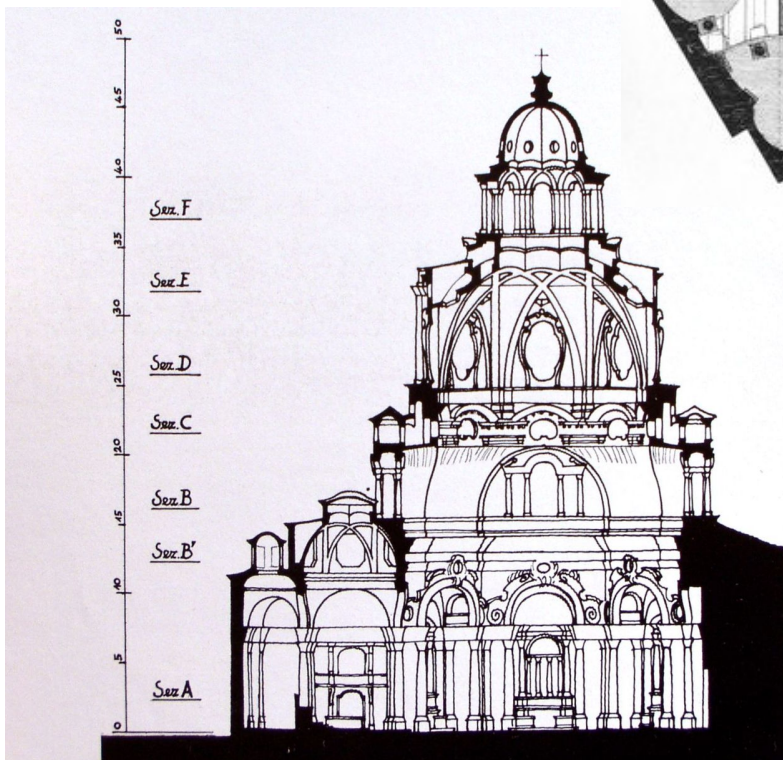
è formato di altrettante lose di pietra da taglio le quali per il lungo uso loro, parte sono smusse, e parte speziate, motivo per cui le acque filtrano a danno dei muri - inferiori; per cui è necessario di rimuoverle, e rimetterele. Lose, che ancoi sono di servizio, refillandole ed aggiustandole Esattamente nelle loro commesure, quindi stuccarle diligentemente con bitume composto di polvere di calce forte, ciroso, e pozzolana Rimettere tutte le ricciature staccate dei muri, delle muraglie esterne esistenti superiormente ai tetti, le cui ricciature essendo cadute ingombrano i canali delle acque producendo regurgito filtrano nei piani sottoposti. Nel secondo tetto il quale trovasi attorno del lanternino della grande cupola è necessario, che venghi ripassato diligentemente con aggiunta dei necessari coppi mancanti, come altresì di riparare tutte le converse di latta o piombo, e rimettere le più necessarie, ed inoltre tanto

Luigi Denina e Alessandro Proto, *Prospettiva isometrica nell'articolo "La Real Chiesa di San Lorenzo in Torino", in L'Architettura italiana, n.5, 1920, pp.34-38.*

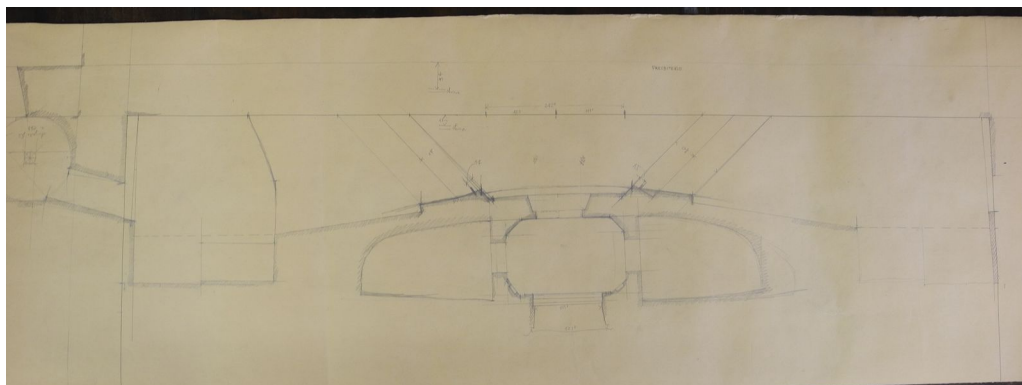


PROSPETTIVA ISOMETRICA

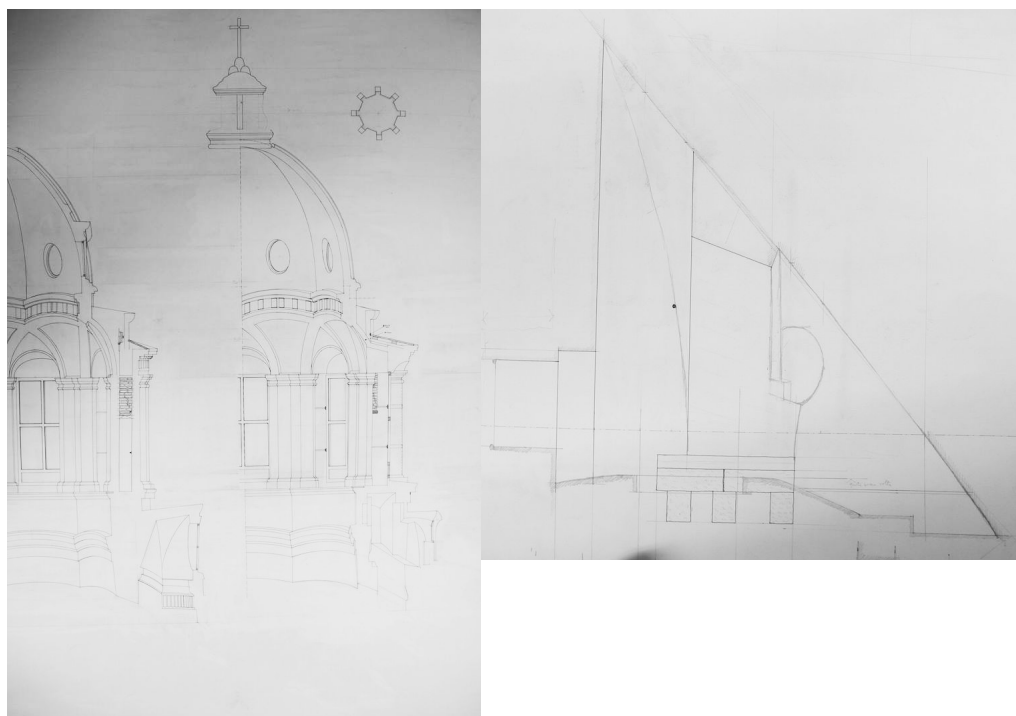
Mario Passanti, *"Nel mondo magico di Guarino Guarini, Toso, Torino, 1963.*



Franco Rosso, <<Rilievi della Chiesa di San Lorenzo, intercapedini degli arconi>> (titolo attribuito), 1980-1990 in ASTO, Archivio Franco Rosso, mazzo 68.



Franco Rosso, <<Rilievi della Chiesa di San Lorenzo, lanternino>> e <<Rilievi della Chiesa di San Lorenzo, tromba conica>> (titoli attribuiti), 1980-1990 in ASTO, Archivio Franco Rosso, mazzo 68.



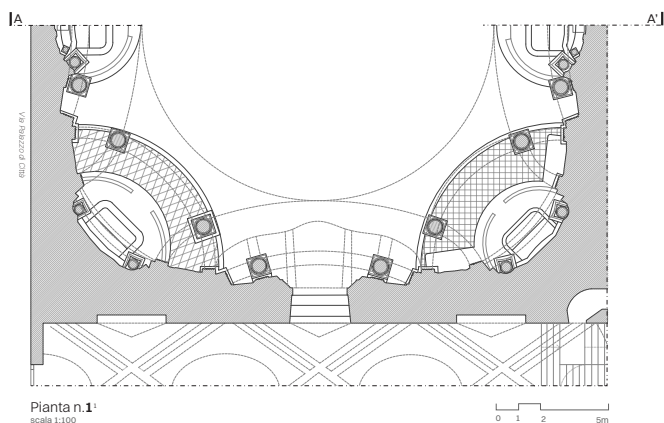
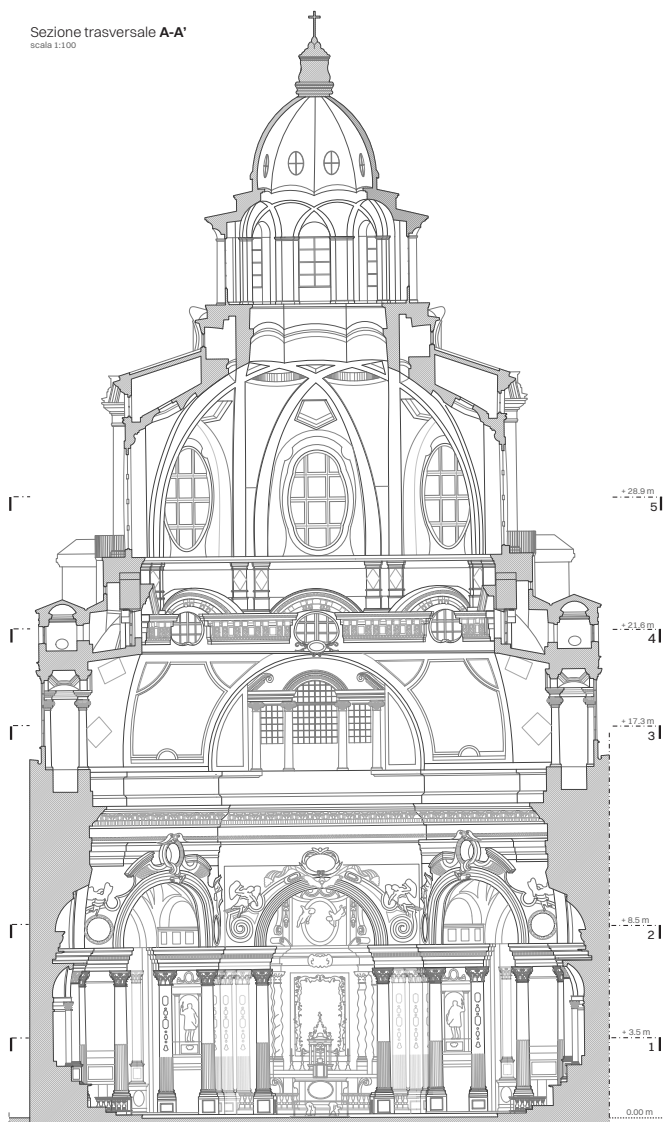
Appendice B- Tavole

Di seguito si riportano le tavole in formato ridotto, predisposte per esigenze narrative e di leggibilità di alcuni elaborati grafici. Per la consultazione del formato originale in scala A1 si rimanda agli elaborati allegati.

Le strutture nascoste della Real Chiesa di San Lorenzo a Torino.

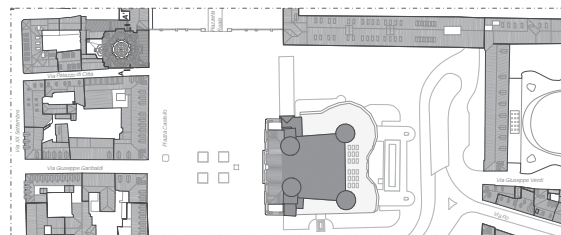
La configurazione guariniana degli arconi di sostegno e le trasformazioni successive.

Sezione trasversale A-A'
scala 1:100



Pianta n.1'
scala 1:100

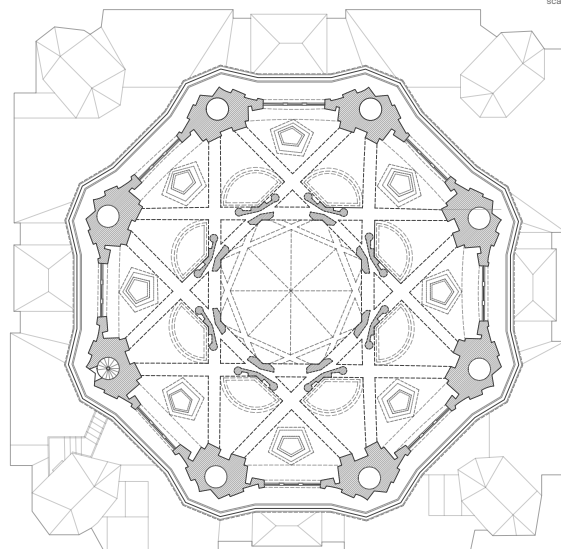
* con novità di punti Laboratorio di Geomatica Politecnico di Torino. I profili dei muri esterni sono stati ricavati dai rilievi storici e documentazione d'archivio.



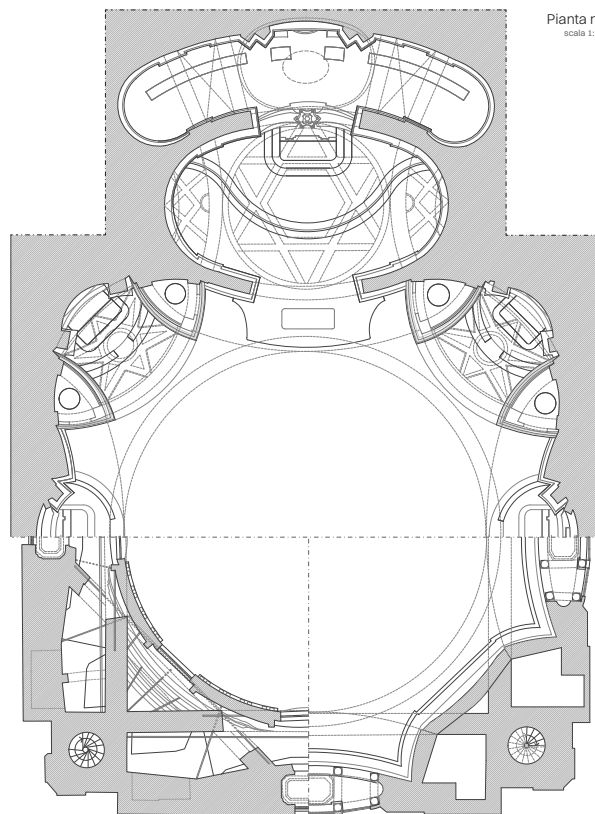
La chiesa di S. Lorenzo in Piazza Castello
scala 1:1500



Pianta n.5
scala 1:100



Pianta n.2
scala 1:100



Pianta n.4
scala 1:100

Pianta n.3
scala 1:100



Politecnico
di Torino

Corso di Laurea: **Architecture for Heritage**
A.a. 2024/2025
Sessione di Laurea: **dicembre 2025**

Relatori: Prof. Edoardo Piccoli, Prof. Cesare Tocci
Candidate: **Livia Lopomo, Renata Rinaldi**

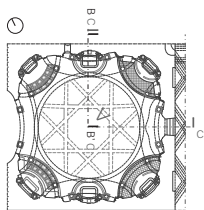
Le strutture nascoste della Real Chiesa di San Lorenzo a Torino.
La configurazione guariniana degli arconi di sostegno e le trasformazioni successive.

Geometrie sovrapposte
Relazione tra sviluppo in alzato
e configurazioni planimetriche

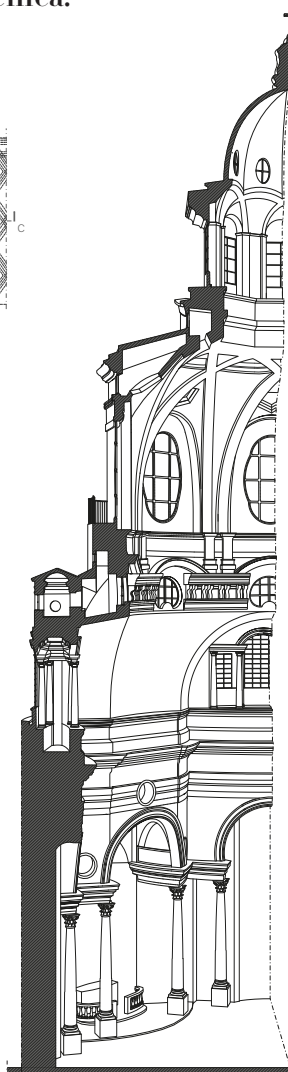
1

La quinta scenica: strutture apparenti e strutture nascoste.

Navigatoria pianta

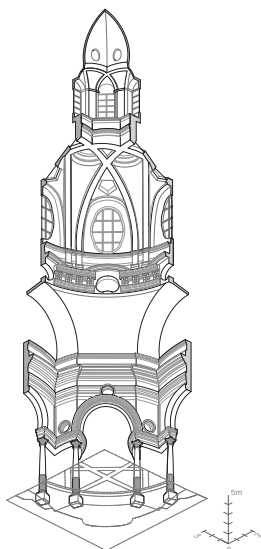


Sezione B-B'

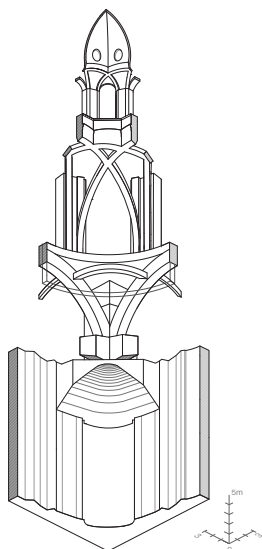


Sezione C-C'

Struttura apparente



Struttura nascosta



Sezione C-C' Apparenza

Cupolino

I tamponamenti tra i piccoli
archi incrociati

Oculo della cupola principale

Le vele tra le nervature della
cupola

I tamponamenti intervallati da
finestre polilobate

Il tamburo circolare, forato da
finestre polilobate

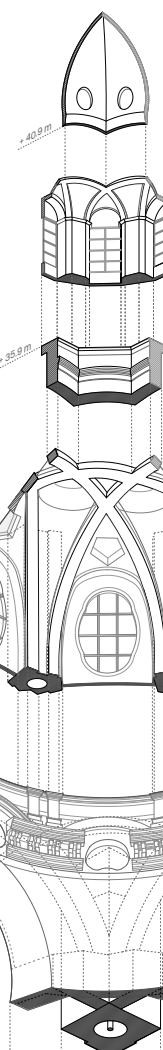
Le volte coniche al di sopra
delle serliane

Il pennacchio sferico

La fascia muraria di modesto
spessore, decorata e forata da
oculi

Gli archi tridimensionali a
ferro di cavallo sopra le cappelle
angolari

Le esili colonne in marmo
rosa



Struttura

Archi incrociati a sostegno del
lanterino

Paraste del lanterino

Il tamburo ottagonale della
lanterna.

Le coppie di archi incrociati
(nervature) che costituiscono
la cupola ellissoidale

I contrafforti esterni che
contrastano le spinte orizzontali
delle nervature

Struttura nascosta

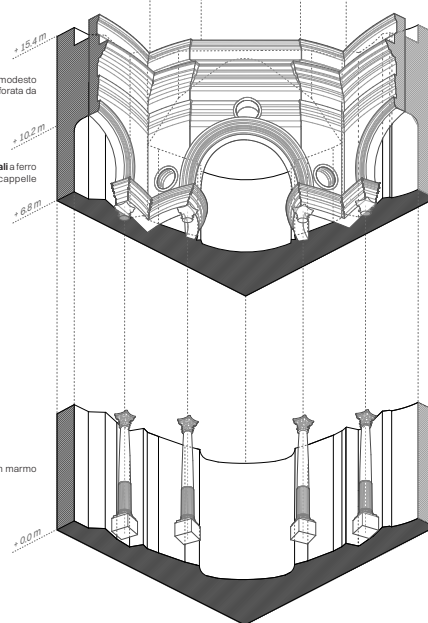
L'arco diagonale che connette
coppie di archi

Le coppie di archi rampanti
che puntellano gli archi

Gli archi di sostegno (archi) alla
cupola

La torre angolare che contrasta
le spinte degli archi

Progetto di studio



La tromba conica che protende il
muro perimetrale verso l'interno
della chiesa

Lo spesso muro perimetrale



Politecnico
di Torino

Corso di Laurea: Architecture for Heritage
A.a. 2024/2025
Sessione di Laurea: dicembre 2025

Relatori: Prof. Edoardo Piccoli, Prof. Cesare Tocci
Candidate: Livia Lopomo, Renata Rinaldi

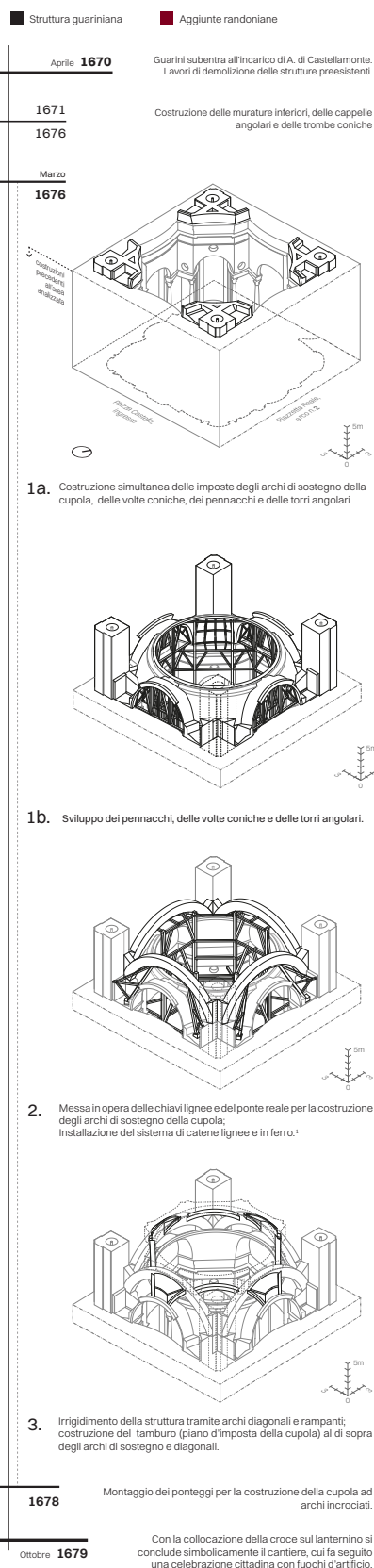
Le strutture nascoste della Real Chiesa di San Lorenzo a Torino.
La configurazione guariniana degli archi di sostegno e le
trasformazioni successive.

La quinta scenica:
strutture apparenti
e strutture nascoste.

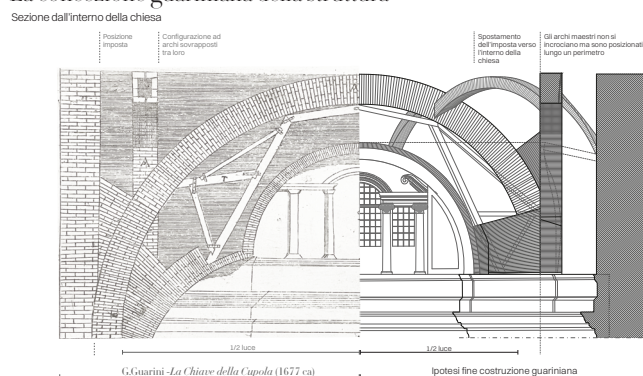
2

Dal cantiere seicentesco all'intervento randoniano

Un'ipotesi sulle fasi costruttive



La concezione guariniana della struttura

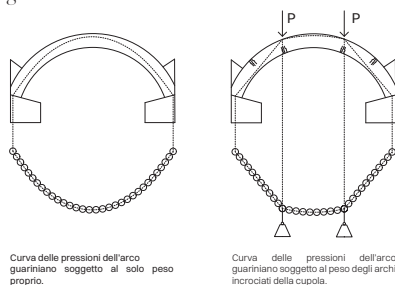


"Intanto la forza e ne fece pompa anche nella sola disposizione degli edifici, quella ebbe per iscopo di erigere molti forti sì, ma che sembrassero deboli e che servissero di minaccia, come stresso in piedi."

G. Guarini, Architettura civile.

L'intervento di Randoni (1823-1830)

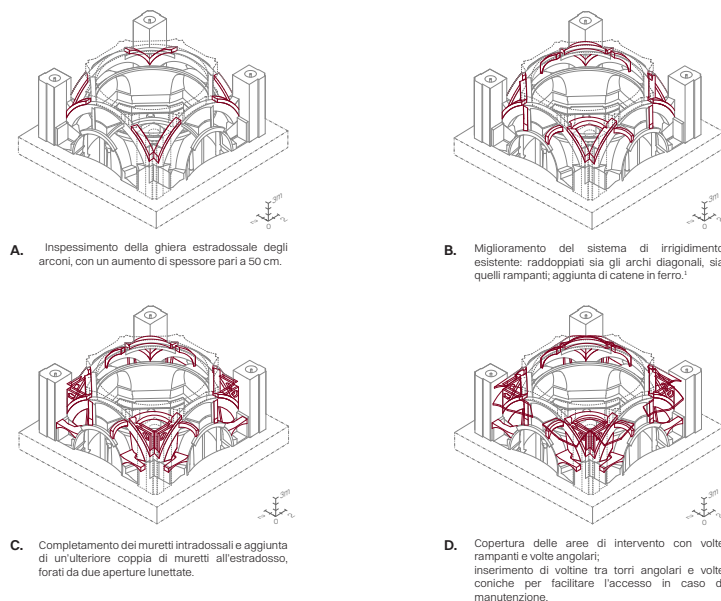
Ragioni di intervento



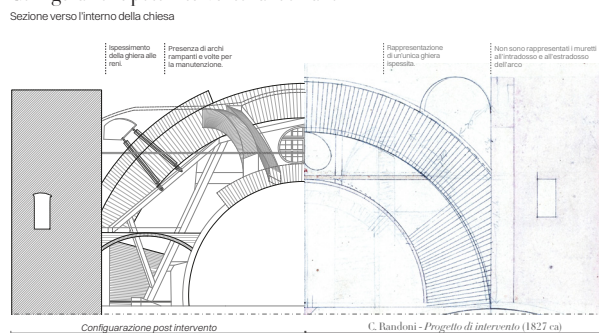
Modifica della funicolare dei carichi, con avvicinarsi all'estradosso in corrispondenza dei carichi e all'intradosso in corrispondenza delle reni, e probabile formazione di lesioni al lembo opposto.

La geometria dell'arco è tale da contenere al suo interno la funicolare dei carichi, anche senza contare sulla presenza delle torri angolari; queste sono però essenziali per consentire una curva delle pressioni meno estrema di quella disegnata - che implica elevatissime concentrazioni tensionali.

Gli elementi dell'intervento randoniano



Configurazione post-intervento randoniano



"[...] non già che li quattro pilastri su cui poggiano li predetti archi abbiano ceduto per mancanza di contrasto, ma perchè sono enormemente gravati dal peso della cupola che trovasi superiormente a quelli".

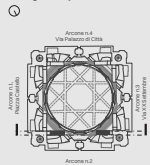
C. Randoni, Relazione, 1823

¹ Per chiarezza grafica è stata esclusa la rappresentazione delle catene. Vedi elaborato tavola 5.

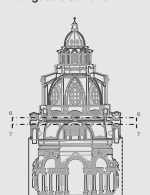
“Sezione alla Giuffrè”

Interazione tra il piano dell'arco e altri elementi strutturali

Navigatore pianta



Navigatore sezione



■ Costruzione di epoca guariniana (1670-1679)
■ Intervento di restauro di Randoni (1827-1830)

Legenda

Riferita alla sezione

Dato accertato	—
Dato congetturale sezione	-----
Limite del piano	---

Elementi

Elemento antistante sezionato	▨
Elemento retrostante sezionato	▩
Vuoto antistante	□
Vuoto retrostante	□
Volta a botte	VB
Arco rampante	AR
Arco diagonale	AD
Pennacchio	P
Volta conica	VC
Capo chiave	CK
Ammortatura	---

Elementi appartenenti al piano

Corsi radiali	▨
Corsi orizzontali	▩
Corsi paralleli inclinati	▨
Doppio muro sottile	▨
Mattori speciali	M SC

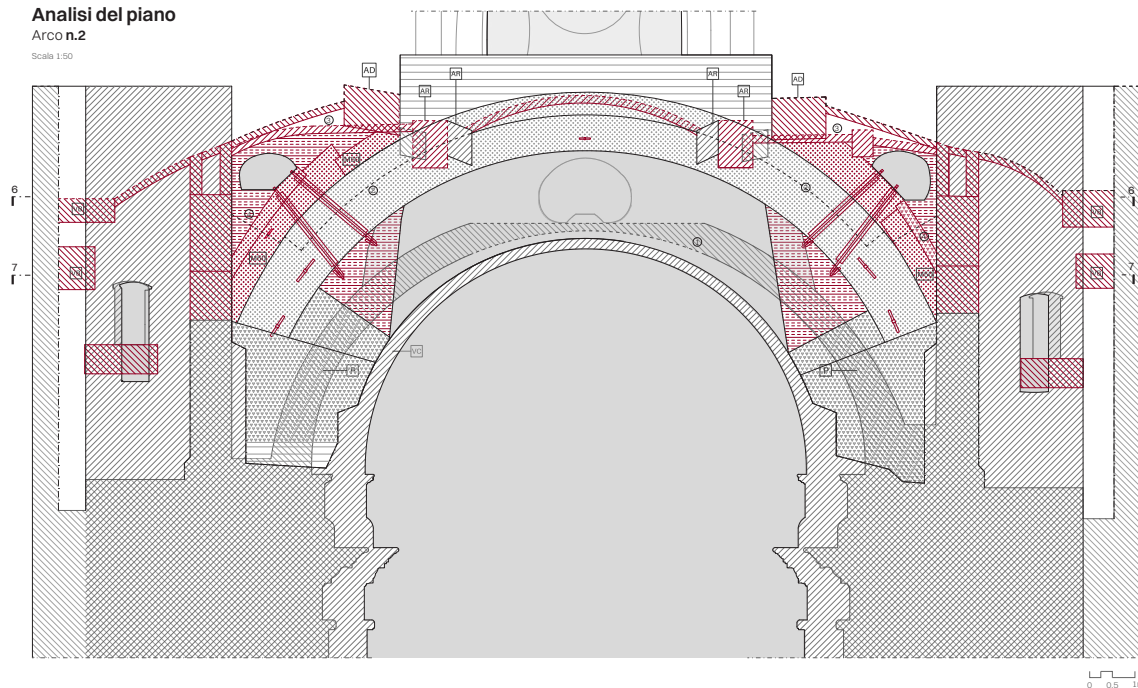
Note

1. Gli estradosi delle volte rampanti, degli archi diagonali e degli archi rampanti sono stati ipotizzati, poiché i dati della tavola di punti disponibili erano limitati all'intervento degli elementi sopracitati, non è stato possibile effettuare misurazioni dirette degli estradosi.
2. La suddivisione della ghiera di Guarini in due ghiera, rispettivamente da 80 cm e da 50 cm, è stata decisa in quanto l'area risulta coperta da uno strato d'intonaco. Le loro dimensioni sono state desunte da porzioni di arco visibili.
3. L'intersezione tra il piano secante denominato "retro" e il pennacchio, in corrispondenza della finestra polilobata, è di natura congetturale, poiché in quella posizione è presente il tamburo. Per questo motivo, la geometria è stata ricostruita in modo ipotetico.
4. Si ipotizza che nella posizione indicata fosse presente il rinforzo alle reti guariniane, "Ch'fronzone, "La Chiave della Cupola di San Lorenzo".
5. Le catene aggiunte da Randoni sono ancorate in un bobine, visibile all'interno della zona delle scale delle torri angolari.
6. Si presume che le catene di Guarini che attraversano l'arco siano ancorate all'esterno delle torri angolari.

Analisi del piano

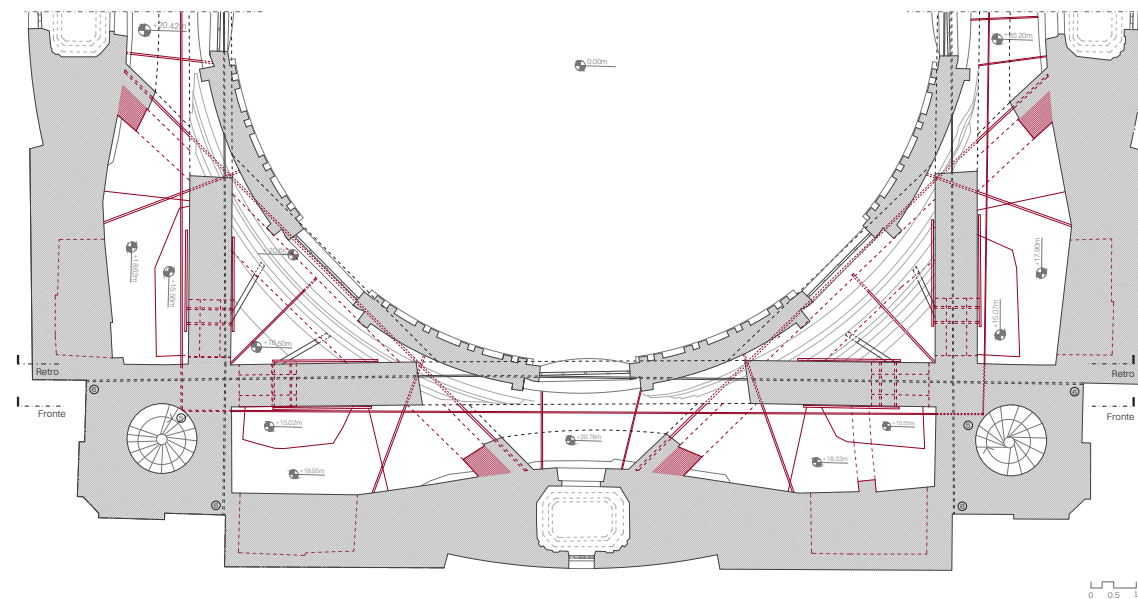
Arco n.2

Scala 1:50



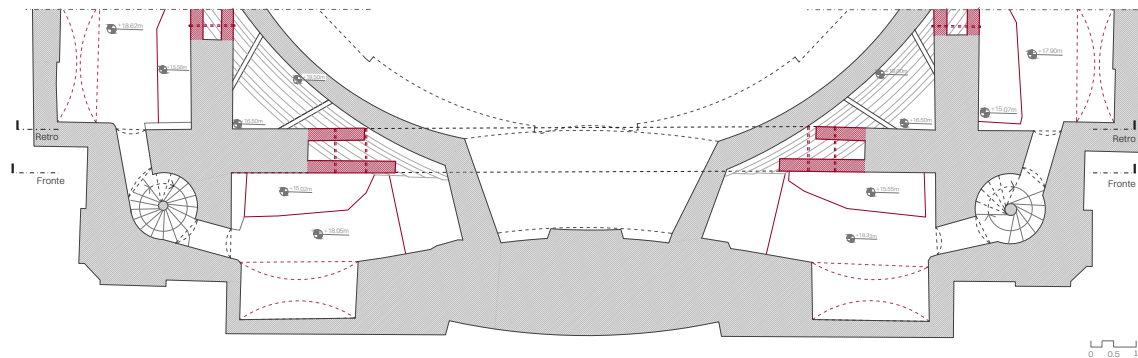
Pianta 6

Scala 1:50



Pianta 7

Scala 1:50



Politecnico di Torino
Corso di Laurea: Architecture for Heritage
A.a. 2024/2025
Sessione di Laurea: dicembre 2025

Relatori: Prof. Edoardo Piccoli, Prof. Cesare Tocci
Candidate: Livia Lopomo, Renata Rinaldi

Le strutture nascoste della Real Chiesa di San Lorenzo a Torino.
La configurazione guariniana degli archi di sostegno
e le trasformazioni successive.

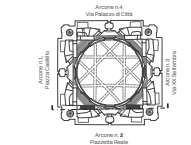
“Sezione alla Giuffrè”
Interazione tra il piano dell'arco e
altri elementi strutturali

4

Analisi delle componenti murarie e metalliche

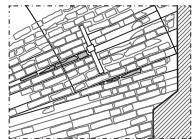
- Struttura guariniana
- Aggiunte randoniane

Navigatore pianta



Note

7. Per il passaggio dei corsi paralleli a quelli radiali sono stati utilizzati cornei.

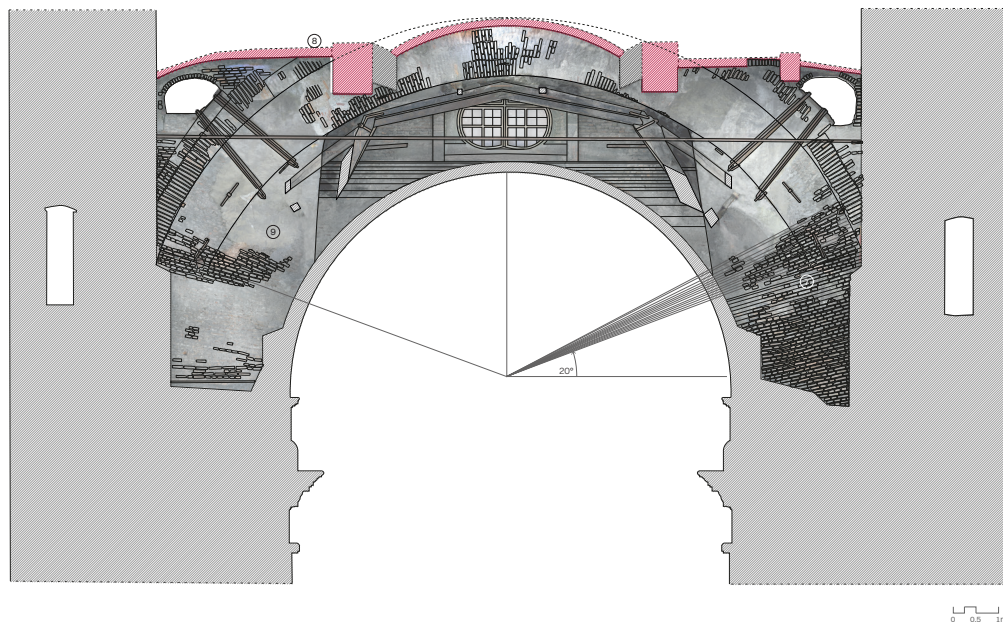


Scala 1:25

8. Il disegno segue le regole di rappresentazione della tav. 4 "Sezione alla Duina". È stato deciso di riportare solo la sezione riferita al piano antistante.

9. I mattoni sono stati tracciati in zone discontinue, in quanto la maggior parte della superficie è coperta da uno strato di intonaco.

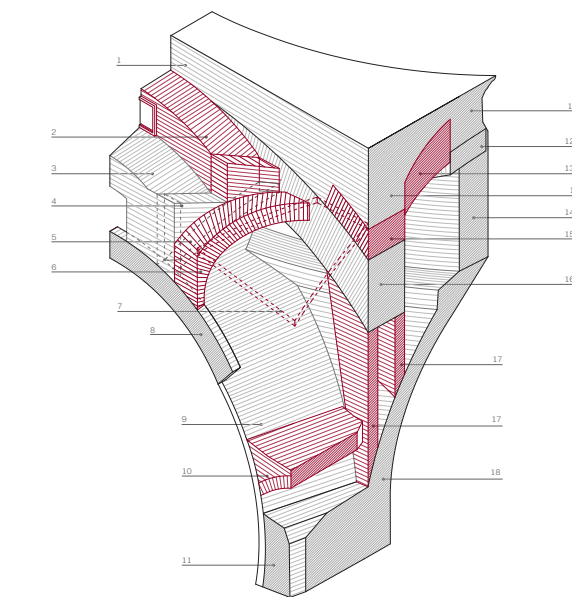
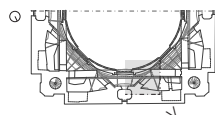
Fotopiano Arco n. 2, piano antistante scala 1:50



Le connessioni murarie

Spaccato assometrico

- Struttura guariniana
- Aggiunte randoniane



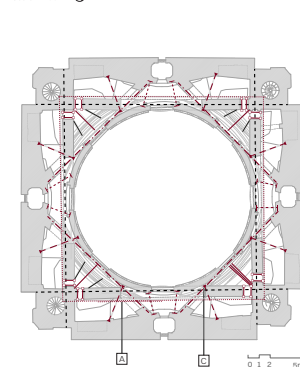
Legenda

- Tamburo, piano d'impasto degli archi incrociati della cupola;
- Volina rampante di copertura;
- Volta rampante, connessione tra archi rampanti guariniani;
- Riempimento a corsi orizzontali impostato sull'arco rampante guariniano;
- Arco rampante guariniano, altezza 12cm;
- Arco rampante randoniano;
- Volta rampante di copertura;
- Arco di rinforzo posto alla terminazione della volta conica, parzialmente inglobato nella muratura esterna;
- Estradosso volta conica;
- Volte a botte, connessione tra le torri angolari e la volta conica;
- Rinforzo posto all'impasto della volta conica;
- Arco diagonale guariniano, sezionato diagonalmente;
- Arco diagonale randoniano, sezionato diagonalmente;
- Tamburo visibile dall'interno della chiesa, con finestre polilobate;
- Ispessimento estradosso dell'arco di sostegno;
- Arco di sostegno della cupola, composto da una ghiera di 80 cm e una di 50 cm;
- Muri intradosso sp. 25cm;
- Pennacchio;

Analisi delle componenti metalliche

Abaco delle connessioni metalliche

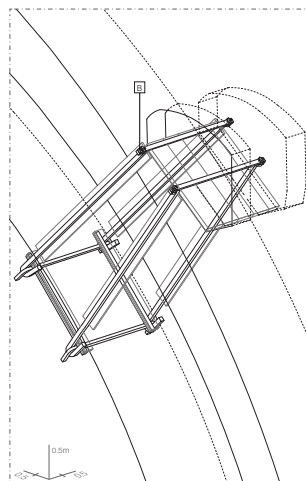
Scala 1:200



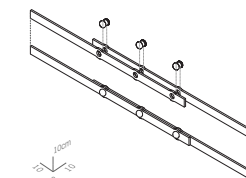
- Catene Guarini
- Catene Randoni

Tipologia	Sezione	Simbolo
Catene lignee pennacchio/strcone	6x6 cm	—
Catene 40x paralleli agli archi diagonali	Ø 2 cm	—
Catene pennacchio/strcone	1x5 cm	—
Catene tra torri angolari	1x5 cm, 2x5 cm	—
Catene tra torri angolari	1x5 cm	—
Catene tamburo/muro est.	Ø 1 cm	—
Catene pennacchio/muro est.	1x5 cm	—
Staffe metalliche	4x4 cm	—

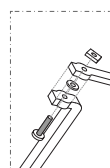
Le staffe metalliche tra le due ghiera



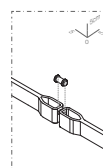
Tipologia di connessione [A]



Tipologia [B]



Tipologia [C]



Corso di Laurea: **Architecture for Heritage**
A.a. 2024/2025
Sessione di Laurea: **dicembre 2025**

Relatori: Prof. **Edoardo Piccoli**, Prof. **Cesare Tocci**
Candidate: **Livia Lopomo**, **Renata Rinaldi**

Le strutture nascoste della Real Chiesa di San Lorenzo a Torino.
La configurazione guariniana degli archi di sostegno e le trasformazioni successive.

Approfondimenti
Analisi delle componenti
murarie e metalliche

5

Bibliografia

- AA. VV., *Libro della Fabbrica*. Manoscritto, Archivio di Stato di Torino, Sez. Corte Regolari Teatini, Torino, citato in:
ROBISON, ELWIN CLARK. *Guarino Guarini's Church of San Lorenzo in Turin*, op. cit.
- ARGAN, GIULIO CARLO. "La tecnica del Guarini" in V. Viale (a cura di) *Guarino Guarini e l'internazionalità del Barocco*, atti del convegno internazionale promosso dall'Accademia delle scienze di Torino, 30 settembre - 5 ottobre 1968, Accademia delle scienze, Torino, vol. 1, 1970, pp. 35-46.
- BORIN, PAOLO. *La geometria come strumento totale. Advanced digital modeling per lo studio dell'opera di Guarino Guarini*. Tesi di Dottorato, Università IUAV di Venezia, 2019.
- BORRA, GIOVANNI BATTISTA. *Trattato della cognizione pratica delle resistenze*, Stamperia Reale, Torino, 1748.
- CANNAROZZO, RENATO; CUCCHIARINI, LANFRANCO; MESCHIERI, WILLIAM. *Misure, Rilievo, Progetto: Per Costruzioni, Ambiente e Territorio*, Zanichelli, Bologna, 2017.
- CIBRARIO, LUIGI. *Storia di Torino del cavaliere Luigi Cibrario*, Alessandro Fontana, Torino, vol. II, 1846.
- CLINI, PAOLO. *Il rilievo dell'architettura: tecniche, metodi ed esperienze*, Alinea Editrice, Firenze, 2008.
- CRESCENZI, CARMELA. "Dal rilievo strumentale al rilievo strutturale: la Real Chiesa di San Lorenzo in Torino" in Editorial Marfil (a cura di), *Graphic Expression Applied to Building-International Conference*, atti [del] congresso X Congreso Internacional de Expresión Gráfica aplicada a la edificación, Alicante 2010, pp. 409-420.
- CRESCENZI, CARMELA. "La Real Chiesa di San Lorenzo. L'architettura della struttura", in U. Velo - L. Aiello (a cura di) *Il modello in architettura: tra cultura scientifica e rappresentazione*, Alinea, Firenze, 2010, pp. 83-92.

- DARDANELLO, GIUSEPPE; KLAIBER, SUSAN; MILLON, HENRY A. (a cura di). *Guarino Guarini*, Umberto Allemandi & C., Torino, 2006.
- DARDANELLO, GIUSEPPE. "Il Piemonte Sabauda" in *Storia dell'Architettura Italiana. Il Seicento*, Electa, Milano, 2003, pp. 598-613.
- DENINA, LUIGI; PROTO, ALESSANDRO. "La Real Chiesa di San Lorenzo in Torino", in *L'Architettura italiana*, n.5, 1920, pp.34-38.
- GASPARINI, ELENA; VOLPATO, RAMONA. "Guarino Guarini e la chiave della cupola di S. Lorenzo di Torino. La complessità nascosta" in *Galileo*, n. 158, giugno-luglio 2003, pp. 38-41.
- GRITELLA, GIANFRANCO. "L'architettura barocca e le nuove sfide del costruire" in *Il contributo italiano alla storia del pensiero - Tecnica*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, Roma, 2013, p. 130-144.
- GUARINI, GUARINO. *Architettura civile*, del padre d. Guarino Guarini cherico regolare: opera postuma, appresso Gianfrancesco Mairesse all'insegna di Santa Teresa di Gesù, Torino, 1737.
- GUIDI, GUIDO. "Le chiese di Torino danneggiate dalla guerra", in *Torino*. Rivista mensile municipale, A. XXV, n. 8, agosto 1949, Torino, p. 13, consultato online al link <http://www.museotorino.it/resources/pdf/books/541525/zoomed> (ultimo accesso 17/11/2025).
- HEYMAN, JACQUES. *The stone skeleton*. Cambridge University Press, New York (NY, USA), 1995.
- KAUFMANN, EMIL. *Architecture in the age of reason: baroque and post-baroque in England, Italy, and France*. Harvard University Press, Cambridge (MA), 1955.
- KLAIBER, SUSAN. *Guarino Guarini's Theatine Architecture*. Tesi di dottorato (Ph.D. diss.), Cornell University, Ann Arbor, MI, University Microfilms International, 1993.

- KLAIBER, SUSAN. "Le fonti per San Lorenzo." in Dardanello G. et al (a cura di), *Guarino Guarini*, Umberto Allemandi & C., Torino, 2006, pp. 329-337.
- LEONCINI, CRISTINA; QUARELLO, UGO. *La doppia struttura della chiesa di S. Lorenzo del Guarini, esempio di architettura nella Torino del Seicento*. Tesi di Laurea Magistrale, 1995.
- MITROVIC, BRANKO. "Guarino Guarini and the Understanding of Space and Place in Early Modern Architectural Theory." in *Journal of the Society of Architectural Historians*, vol.82.2, 2023, pp. 170-183.
- MITROVIC, BRANKO. "Guarino Guarini's Architectural Theory and Counter-Reformation Aristotelianism: Visuality and Aesthetics in Architettura civile and Placita philosophica" in *I Tatti Studies in the Italian Renaissance*, vol. 23, fasc.2, 2020, 375-396.
- MELANO, GIUSEPPE. *La guerra aerea su Torino dal 1944 al 1945 e riepilogo generale*, Città di Torino, Torino, 1946.
- MORROGH, ANDREW. "La pianta di San Lorenzo", in Dardanello G. et al (a cura di), *Guarino Guarini*, Umberto Allemandi & C., Torino, 2006, pp. 339-347.
- PASSANTI, MARIO. *Nel mondo magico di Guarino Guarini*, Toso, Torino, 1963.
- POLITECNICO DI TORINO ISTITUTO DI ARCHITETTURA TECNICA; CAVALLARI MURAT, AUGUSTO. *Forma urbana ed architettura nella Torino barocca: dalle premesse classiche alle conclusioni neoclassiche*, UTET, Torino, 1968.
- PORTOGHESI, PAOLO. *Guarino Guarini 1624-1683*, Electa, Milano, 1956.
- QUARELLO, UGO. "The Unpublished Working Drawings for the Nineteenth-Century Restoration of the Double Structure of the Real Chiesa di San Lorenzo in Torino," in *Nexus Network Journal*, vol. 11, n. 3, 2009, pp. 369-392.

- ROBISON, ELWIN CLARK. *Guarino Guarini's Church of San Lorenzo in Turin*. Tesi di Dottorato (Ph.D. diss.), Cornell University, Ann Arbor, MI, University Microfilms International, 1985.
- ROSSO, FRANCO. "Arconi laterizi e «chiavi» lignee nella chiesa guariniana di San Lorenzo" in Dardanello G. et al (a cura di), *Guarino Guarini*, Umberto Allemandi & C., Torino, 2006, pp. 349-356.
- TANSAZI, FARNOUSH. The Main Dome of San Lorenzo Church. *Historical research and geomatical analysis of San Lorenzo's Main Dome*. Tesi di Laurea Magistrale, 2024.
- VASILEIOS, NTOVROS. "Unfolding San Lorenzo" in *Nexus Network Journal*, vol. 11, n. 3, 2009, pp. 471-488.
- WITTKOWER, RUDOLF. *Gothic versus Classic. Architectural Projects in Seventeenth Century Italy*, Thames and Hudson, London, 1974.

Desideriamo esprimere la nostra sincera gratitudine ai Gentili Professori che con pazienza e passione hanno saputo guidare il nostro lavoro di tesi, suscitando curiosità e amore per la materia, rendendo più sereno questo ultimo tratto del nostro percorso accademico.

Un sentito grazie anche a tutti i compagni incontrati in questi due anni, che con generosità hanno condiviso frammenti delle loro culture, arricchendo il nostro orizzonte personale con scambi preziosi.

