

### Marco Canciani

Professore associato di Disegno presso il Dipartimento di Architettura dell'università degli studi Roma Tre, dove insegna Geometria descrittiva e Rilievo. Fa parte del Collegio dei Docenti del Master in Restauro architettonico e cultura del patrimonio e del dottorato Architettura innovazione e patrimonio. Si occupa principalmente di rilievo 3D in ambito archeologico, architettonico e urbano

## Il disegno della cupola del San Carlino alle Quattro Fontane di Borromini: ovale canonico?

### *The drawing of the dome of Borromini? San Carlino alle Quattro Fontane: canonic oval?*

*L'ovale che caratterizza la cupola della chiesa del San Carlino, progettata da Francesco Castelli, detto Borromini, è un argomento che ha sempre suscitato l'interesse di numerosi studiosi. Molti disegni di progetto descrivono un tracciato geometrico di una curva policentrica, ovvero un ovale con una complessa trama di linee, alcune necessarie alla costruzione geometrica ed alla corrispondenza con il disegno architettonico, altre dall'incerta interpretazione. Questo studio intende indagare quale ruolo effettivo abbia la forma ad ovale nel progetto del San Carlino attraverso il confronto tra i disegni di progetto e lo studio dettagliato del modello derivato dal rilievo. In particolare questo studio analizza le sezioni degli elementi dove la forma dell'ovale è presente: il tiburio, la cupola cassettonata, il lanternino.*

*The oval that characterizes the dome of the church of San Carlino, designed by Francesco Castelli, called Borromini, is a subject that has always attracted the interest of many scholars. Many design drawings describe a geometric trace of a polycentric curve, or an oval, with a complex plot of lines, some needed to geometrical construction and correspondence with architectural drawing, others of uncertain interpretation. This study aims to investigate the actual role which has the oval shape in the project of San Carlino by comparing the design drawings and the detailed study of the model derived from the survey. In particular this study analyze the sections of the elements where the shape of the oval is present: the tiborium, the coffered dome, the lantern.*

**parole chiave:** Borromini, San Carlino, costruzioni geometriche, curva policentrica  
**key words:** Borromini, San Carlino, geometric constructions

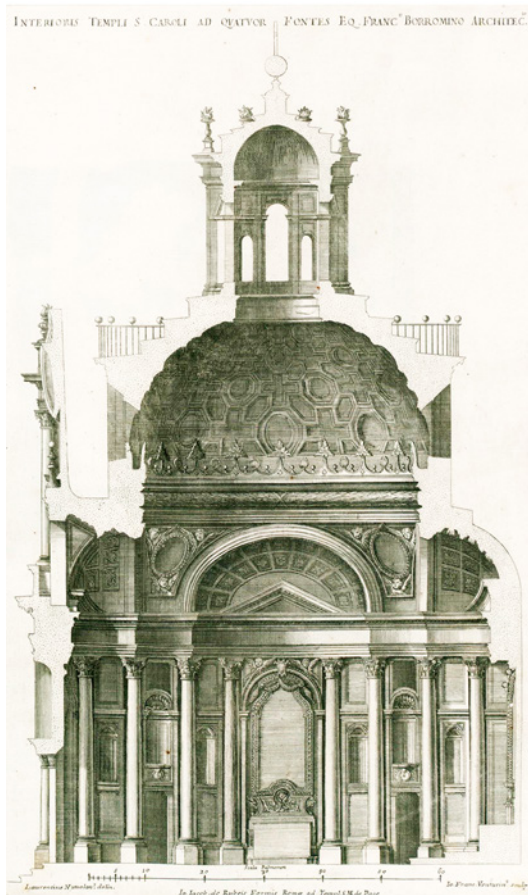


Fig. 1 San Carlino, sezione longitudinale, incisione di Lorenzo Nuvolone e Francesco Venturini per Giovanni Giacomo De Rossi, in *Insignium Romae templorum prospectus exteriores interioresque a celebrioribus*, (1684), tav.15.

Fig. 2 San Carlino, sezione longitudinale, vista della nuvola di punti colorata secondo l'immagine di riflettanza, rilievo laser scanner (2013).

## PREMESSA

Analizzare un'opera architettonica attraverso il rilievo non sempre è un'operazione semplice e lineare, che può essere data per scontata: a un dato che potremmo definire *oggettivo* derivato dalla opera architettonica e dalle misure acquisite attraverso i processi di rilevamento, corrispondono una serie di informazioni *soggettive* legate all'interpretazione dei disegni di progetto ed alla personalità dell'autore del progetto. Il rilievo

costituisce il mezzo con cui ricostruire la forma geometrica che è a fondamento del processo di ideazione e realizzazione. Per ottenere questo il rilievo, attraverso le moderne procedure di rilevamento integrato, deve consentire di selezionare le informazioni secondo i piani di sezione a cui si riferiscono gli elaborati di progetto. Nell'ambito della ricerche da tempo condotte sul rapporto rilievo - progetto, applicate in varie esperienze sul campo [1], il *progetto di rilievo* e il *progetto d'architettura* vengono fatti corrispondere attra-

verso specifici elaborati. Nel caso dell'analisi di un opera di Francesco Borromini, come quella della Chiesa di San Carlino alle Quattro Fontane, il lavoro di analisi e comparazione tra i disegni di progetto e l'opera realizzata, è particolarmente complesso (Fig. 1).

Molti disegni sono di difficile lettura dato che, avendo Borromini utilizzato la tecnica della grafite, in uno stesso foglio sono riportati **elaborati stratificati**, realizzati in tempi anche molto distanti tra loro (ad esempio, quello relativo alla pian-

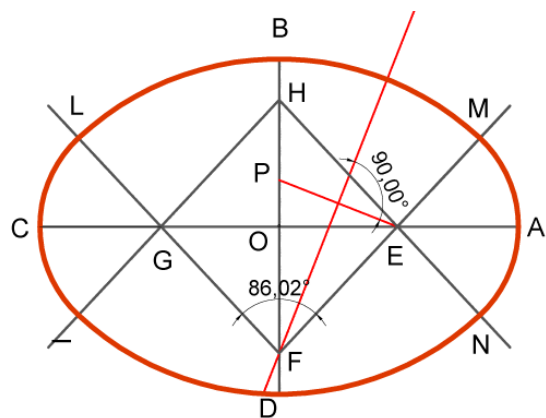


Fig. 3 Procedura per la rappresentazione di un ovale, data le misure degli assi (Costruzione di Bosse).

ta, realizzato in una prima versione nel 1634 ed in una variante successiva nel 1638). La maggior parte dei disegni di Borromini, di cui gli originali sono custoditi presso l'Accademia Albertina di Vienna [2], sono caratterizzati da tracciati geometrici che definiscono proporzioni, allineamenti e corrispondenze, secondo *geometrie evidenti e geometrie sottintese* o celate, non sempre comprensibili o, come afferma Bellini, *veritiere* [3]. Borromini si avvale della geometria come un *tracciato regolatore* sul quale dimensiona gli elementi del progetto secondo una *modularità metrica* ben precisa, ovvero quella del palmo romano: dopo una prima idea sviluppata, quasi certamente, su dei modelli in cera, definisce le dimensioni fondamentali secondo delle misure, in palmi, con numeri al massimo approssimati al quarto di palmo [4]. Alcuni grafici, inoltre, pur essendo limitati alla rappresentazione degli elementi sezionati e di quelli in proiezione, riportano diversi piani orizzontali in un'unica rappresentazione, una sorta di *ichnographia* su più livelli sovrapposti, ripresa probabilmente dalle rappresentazioni di M. Ferrabosco per la Basilica di San Pietro

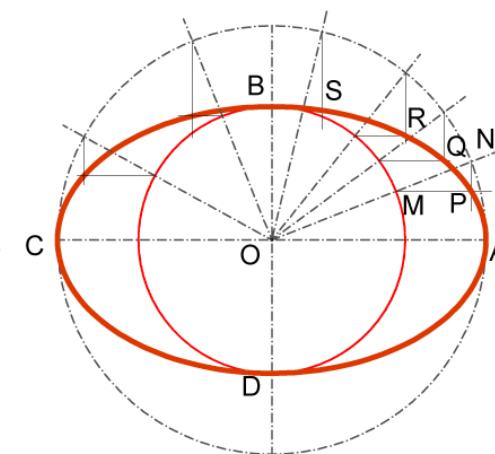


Fig. 4 Costruzione grafica di un'ellisse, data le misure degli assi.

(certamente note a Borromini nella prima stesura del 1620) e che M. Raspe definisce come **rappresentazione in proiezione sinottica** [5]. È proprio nel disegno dell'ovale della cupola che questo tipo di rappresentazione, utilizzato anche in altri progetti (come nel caso dei disegni relativi a Sant'Ivo alla Sapienza, come la pianta nell'AZRom500, o il bellissimo disegno, diviso in quadranti dell'AZRom509, o quello di Sant'Agnese, l'AZRom55, con le sezioni sovrapposte della navata e del lanternino), viene impiegato da Borromini per ricercare le corrispondenze e gli allineamenti verticali. In considerazione di questo, il rilievo deve analizzare il disegno secondo parametri e rapporti congruenti, riportando tutti gli elementi disposti sopra e sotto il piano di rappresentazione, secondo una corretta proiezione ortogonale e un rapporto di scala grafica che contempra non solo le unità metriche decimali, ma anche quelle utilizzate da Borromini, ovvero il palmo romano. Negli ultimi anni è stata sviluppata una ricerca, che ha visto coinvolti numerosi studiosi di altre discipline oltre a quelle della rappresentazione

e rilievo [6], secondo due settori d'indagine specifici: il primo riguarda le metodologie integrate di rilievo 3D, con le quali definire un modello di rilievo su cui sviluppare i piani di proiezione e sezione, utili al confronto rilievo-progetto [7]; il secondo è riferito nello specifico all'oggetto di studio, la chiesa e il complesso del San Carlino, dove, sulla base degli studi precedentemente effettuati [8], è stato condotto nel 2013 un nuovo rilievo, utilizzando le tecniche di rilievo 3D e laser scanner integrate [9] (Fig. 2). Questo testo costituisce un'elaborazione dei dati e un nuovo tassello nelle ricerche condotte sul San Carlino, specificatamente dedicato all'analisi delle curve policentriche presenti nell'opera di Borromini.

### OVALE O ELLISSE?

La distinzione tra l'ovale e l'ellisse, caratterizzate entrambe da una forma geometrica costituita da una curva continua chiusa, allungata sull'asse maggiore e ridotta su quello minore, non è così netta. Infatti, come afferma R. Migliari, *nella cultura umanistica, ovale ed ellissi sono di fatto sinonimi ..., sebbene le due forme abbiano una genesi e una costruzione geometrica completamente diversa* [10]. Nel passato questi due termini venivano accomunati, generando uno "storico equivoco", vedi Pietro Cataneo (1567) che descriveva la costruzione grafica dell'ellisse, secondo il cosiddetto *metodo del giardiniere*, denominando la curva trovata *un ovale* o Giovanni Pomodoro (1606) che, nel testo di *Geometria pratica*, riportava *Diversi modi per misurare praticamente le ellipsis, volgarmente dette "ovali* [11], o, ancora, Keplero (1604) che per molto tempo ha cercato di dimostrare che la traiettoria di Marte fosse un ovale. Ma anche in epoche più recenti questa contraddizione continuava a persistere, vedi Vincenzo Fasolo che, nel 1954, in un scritto dedicato ai *Sistemi ellittici dell'Architettura* definiva come "*ellittici*" vari edifici notoriamente a pianta policentrica [12]. La questione tra ovale ed ellisse tutt'oggi non è ancora del tutto risolta, soprattutto riguardo l'analisi geometrica della pianta di monumenti dell'architettura classica, come il Colosseo o alcuni anfiteatri, la sezione del modello del San Gallo per San Pietro e di Santa Maria

in Fiore [13]. Garcia propone un'interpretazione riguardo la contiguità tra ovale ed ellisse, sostenendo che gli architetti progettaron le loro opere con degli ovali e i costruttori risolsero il tracciamento a terra con l'ellisse del giardiniere [14]. Come afferma Migliari, nella cultura tecnico-scientifica la distinzione tra le due forme geometriche è più netta. L'ovale, ovvero la **curva policentrica** è sempre stata legata, sin dall'antichità, alle applicazioni pratiche dell'architettura e delle costruzioni. Co-

nosciuto ed utilizzato già nel mondo greco, come *linea circolare che converge su se stessa e non ha punti estremi come la retta ... (thyreos)* [15], l'ovale inizia a diffondersi nella metà del '500, grazie al suo utilizzo nell'esecuzione delle volte e degli archi ribassati descritti nei trattati di stereotomia [16], come, ad esempio, quello di P. Delorme del 1567 ed alla semplicità ed adattabilità della costruzione grafica, vedi il trattato di S. Serlio del 1545 dove sono descritti quattro metodi diversi per il suo tracciamento. Nel '600 e '700 l'ovale ha

la sua massima fortuna, in virtù della pubblicazione di trattati, quali quelli di A. Bosse del 1643 e di A. F. Frézier sui metodi per il taglio delle pietre (*Coupe de pierres*) del 1737 e dell'applicazione della curva policentrica in diversi progetti d'architettura, secondo un'evoluzione manierista della pianta centrale del Rinascimento [17], allungata sull'asse longitudinale della circonferenza inscritta in un quadrato.

La costruzione grafica dell'ovale, basata sul raccordo di coppie di archi di circonferenze è relativamente semplice e uno dei possibili modi per tracciarla è riportato nel disegno della fig. 3, seguendo la costruzione che riporta E. Dotto di A. Bosse, date le misure degli assi [18].

L'ellisse, ha origini più "nobili": definita in epoca classica da Euclide come la sezione piana di un cono retto (da cui il nome di *curva conica*), viene studiato nel '500 da vari studiosi, tra cui Leonardo da Vinci che, per risolvere il problema della proiezione di un cerchio in prospettiva, inventò un meccanismo per il suo tracciamento, denominato *ellissografo*. Nel '600 l'ellisse viene definita scientificamente attraverso gli studi di G. Keplero sulla traiettoria dei pianeti (1609) e le trattazioni di G. Desargues ne danno una definitiva descrizione come sezione di un cono con un piano (1638). L'ellisse, dal punto di vista analitico, è ottenuta dal movimento di un punto intorno a due fuochi, avendo costante la somma delle distanze di detto punto ai fuochi e la costruzione grafica cosiddetta del *giardiniere* segue tale definizione, vedi la Fig. 4, dato l'asse maggiore e quello minore.

Tra i vantaggi e gli svantaggi dati dall'utilizzo di una forma piuttosto che un'altra, l'ellisse è una forma comunque simmetrica, vincolata alla dimensione degli assi, l'ovale ha più libertà, potendo variare autonomamente i raggi delle due curvature, come ad esempio nel tracciamento di un uovo. L'ovale permette, inoltre, di disegnare facilmente strutture concentriche, partendo dallo stesso centro degli archi e variando la dimensione dei raggi, l'ellisse, avendo una variazione costante della curvatura, non consente la stessa duttilità. D'altro canto, proprio per questa caratteristica, l'ellisse risulta essere più propor-

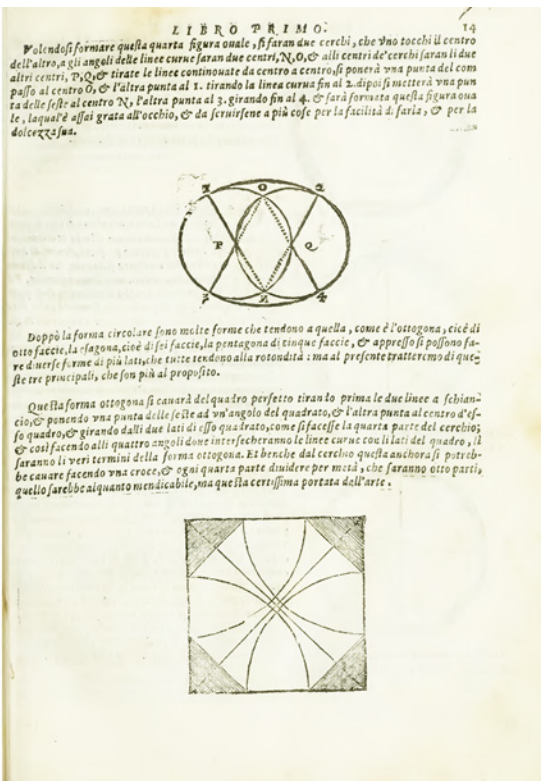
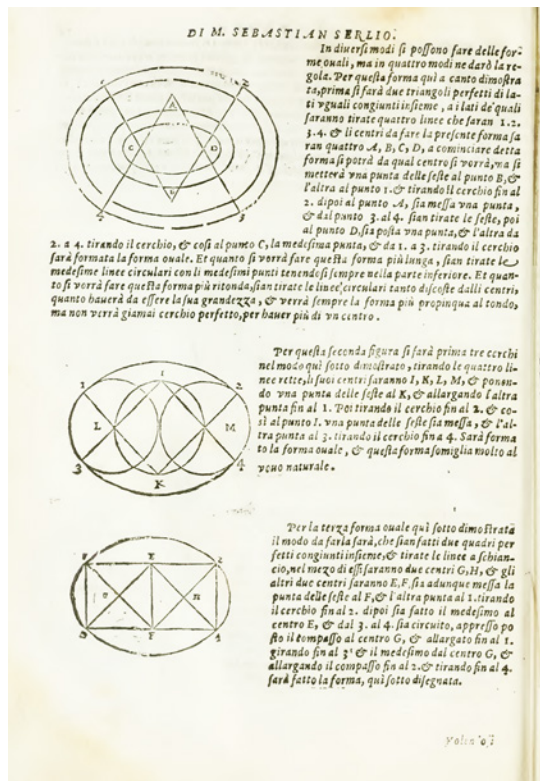
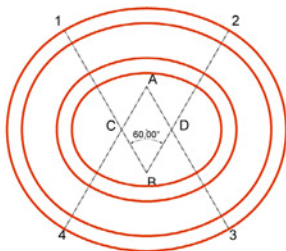
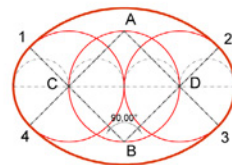


Fig. 5 Sebastiano Serlio, Quattro modi per tracciare l'ovale, in Tutte le opere di Architettura et Prospettiva di Sebastiano Serlio, Venezia, (1584), I, ff. 13v e 14r.

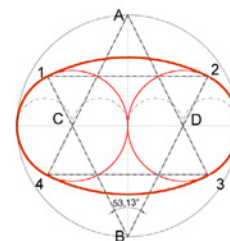
a) SERLIO\_1° metodo  
Ovale canonico



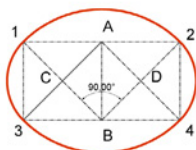
b) SERLIO\_2° metodo  
Ovale diagono  
RAPPORTO 1,414



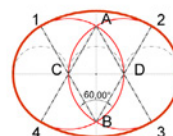
e) VIGNOLA  
Ovale aureo 1



c) SERLIO\_3° metodo  
Ovale del doppio quadrato  
RAPPORTO 1 a 2



d) SERLIO\_4° metodo  
Ovale tondo  
RAPPORTO 1 a 1



f) VIGNOLA  
Ovale aureo 2

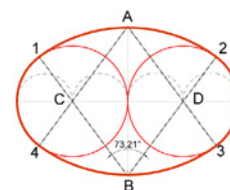


Fig. 6 a-f 1° Costruzione grafica dell'ovale: Serlio 1° metodo (Ovale generico), 2° metodo (Ovale diagono), 3° metodo (Ovale del doppio quadrato), 4° metodo (Ovale tondo); Vignola 1° metodo (Ovale aureo), 2° metodo (Ovale aureo).

zionata dell'ovale, che, cambiando bruscamente raggio di curvatura nel punto di raccordo, può risultare a volte "poco armoniosa". Borromini, essendo per lo più orientato all'uso di una *geometria operativa* [19], utilizza solamente forme che è in grado di gestire con i semplici strumenti che ha a disposizione, come la squadra e il sesto, ovvero il compasso, per mezzo del quale traccia delle curve policentriche che gli permettono di risolvere qualsiasi problema di raccordo e continuità lineare di curve, grazie alla perfetta tangenza di ogni sua distinta parte [20]. Di contro non utilizza mai un'ellisse: non è nel suo codice formale, né c'è evidenza nei suoi disegni o nelle sue architetture.

### LA COSTRUZIONE GRAFICA DELL'OVALE: SERLIO, VIGNOLA, BORROMINI

La costruzione grafica dell'ovale riportata da Borromini nei disegni per il San Carlino contiene in sé una serie di suggestioni che derivano dagli studi dei trattati a lui probabilmente noti, tra i quali quello di **Sebastiano Serlio** costituisce il riferimento più importante. Nel *primo libro dell'architettura* (1545) sono, infatti, illustrati quattro metodi per disegnare un ovale [21] (Fig. 5):

a) Nel primo metodo, dell'**ovale generico**, (Fig. 6a), la costruzione si basa su due triangoli "perfetti" di lati uguali, ovvero equilateri, contrapposti, lungo l'asse verticale. La costruzione è semplice e permette di riportare alcuni ovali concentrici, che sfruttano la possibilità di utilizzare gli stessi centri. Serlio indica anche i modi per rendere l'ovale con una forma più lunga o più ritonda per cui verrà sempre la forma più propinqua al tondo ma non verrà giammai cerchio perfetto, per aver più

di un centro [22]. Nella costruzione Serlio traccia direttamente l'ovale, omettendo le circonferenze di base e gli assi, anche se questi costituiscono gli elementi fondamentali della costruzione geometrica.

b) Il secondo metodo, denominato **ovale diagono**, (Fig. 6b), descrive l'ovale attraverso tre cerchi, in cui quello centrale passa per i centri dei due laterali, dividendo così l'asse maggiore in quattro parti, e quello minore in due; il raggio della circonferenza minore è la metà di quello maggiore. In questa costruzione si ha una proporzione tra l'asse maggiore e quello minore data dal rapporto tra la diagonale e il lato del quadrato iscritto, secondo un valore pari alla radice di 2 = 1.414 [23]. L'ovale così costruito risulta avere una forma molto arrotondata, simile a quella, come scrive Serlio, di un uovo naturale [24].

c) Il terzo metodo, detto del **doppio quadrato**, (Fig. 6c), si basa sul tracciamento di due quadrati "perfetti", congiunti insieme su un lato e sulle dia-

gonali a 45 gradi; l'arco minore è pari alla metà di quello maggiore, risultando una proporzione tra gli assi pari a 1.322.

d) Il quarto metodo, denominato dell'**ovale tondo**, si costruisce attraverso due circonferenze, in cui ognuno passa per il centro dell'altro, dividendo così l'asse maggiore in tre parti uguali (Fig. 6d). La proporzione tra gli assi è la stessa del terzo metodo (1.322), ma, avendo gli assi di raccordo disposti secondo un angolo di 60° tra loro si ottiene, *solo in questa costruzione*, una lunghezza degli archi maggiori e minori, *eguale tra loro*. Serlio, apprezzandone le sue qualità proporzionali e ge-

ometriche, scrive che questa figura *ben si adatta alla figura ottagonale allungata*, come è appunto il San Carlino. Ripresa poi da Giovanni Pomodoro nel trattato di *Geometria Pratica* (1606), questa specifica costruzione geometrica viene descritta da S. Sartor come l'**ovale canonico**, impiegato da Borromini nel San Carlino [25].

L'**ovale aureo**, utilizzato da **Jacomo Barozzi da Vignola**, costituisce un altro riferimento per Borromini per il tracciamento della curva policentrica. La costruzione grafica è realizzata a partire dal raggio delle circonferenze minori, pari a 1/4 dell'asse maggiore, con due varianti: la prima con

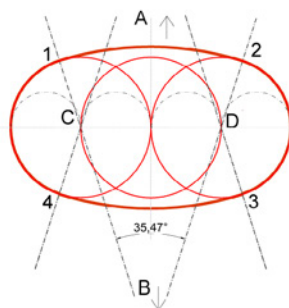
la distanza tra i centri degli archi maggiori pari a quella dell'asse maggiore (Fig. 6e) e la seconda con i centri degli archi maggiori disposti sull'arco opposto dell'ovale (Fig. 6f). Quest'ultima condizione rende necessario stabilire prima l'asse minore e poi quello maggiore. Il rapporto tra gli assi, pari a 1.50, utilizzato dal Vignola nella cupola ad ovale del Sant'Andrea sulla via Flaminia (1553) e in Sant'Anna dei Palafrenieri (1565), diventerà una proporzione consueta nelle volte a pianta policentrica.

**Borromini** non è affatto vincolato alle regole canoniche espresse dal Serlio e i rapporti proporzionali codificati dal Vignola, anzi adatta la costruzione geometrica a seconda le esigenze (considerando anche l'uso di misure in palmi riportate alle unità), variando gli elementi chiave: la *dimensione degli assi* e dei raggi, la *posizione dei centri*, i *punti di raccordo* tra gli archi. Utilizza le forme policentriche fino a quel momento utilizzate e a lui note, prendendo spunto da una o l'altra costruzione geometrica, per trovare delle varianti da poter applicare nei suoi progetti.

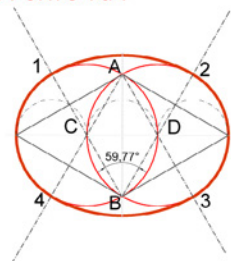
Nello studio della cappella dei Re Magi al palazzo di Propaganda Fide (AZRom 887) (Fig. 7a), Borromini propone una variante dell'ovale diagonale del Serlio, dividendo l'asse maggiore in quattro parti, di cui una è relativa al raggio del cerchio minore; da questi determina i punti di raccordo, disegnando un angolo al vertice molto ridotto (32 gradi), ottenendo così un ovale più schiacciato. Nella platea davanti la chiesa di Sant'Agnese (AZRom 55) (Fig. 7b), le circonferenze minori sono ancora più piccole (il raggio della circonferenza minore, corrisponde alla nona parte del diametro maggiore (rapp. 1/9), così da avere un ovale a losanga allungato.

Nello studio per la chiesa di Sant'Eustachio (AZRom166) Borromini riporta una pianta conformata su un ovale già nella forma perimetrale della navata della chiesa, seguendo il modello del Vignola per Sant'Anna dei Palafrenieri. Sulla costruzione geometrica derivata da quella del 4° metodo del Serlio (ovale tondo), Borromini sovrappone due triangoli equilateri, con i lati in comune sull'asse verticale, ed iscritti nelle circonferenze degli archi minori. Tale costruzione, che

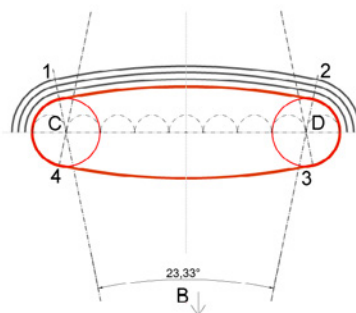
a) BORROMINI  
ZRom 887 Cappella  
dei Re Magi nel Palazzo di Propaganda Fide



c) BORROMINI  
AZRom 166 Sant'Eustachio  
RAPPORTO 1 a 1



b) BORROMINI  
AZRom 55 Sant'Agnese



d) BORROMINI  
AZRom 175 San Carlino

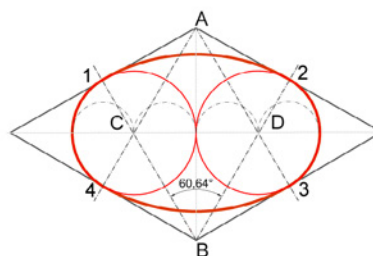


Fig. 7 a-d Costruzione grafica relativa ai disegni di Borromini per la Cappella dei Re Magi al palazzo di Propaganda Fide (AZRom887), per la chiesa di Sant'Agnese (AZRom55), per la chiesa di Sant'Eustachio (AZRom166), per la chiesa di San Carlino (AZRom175).

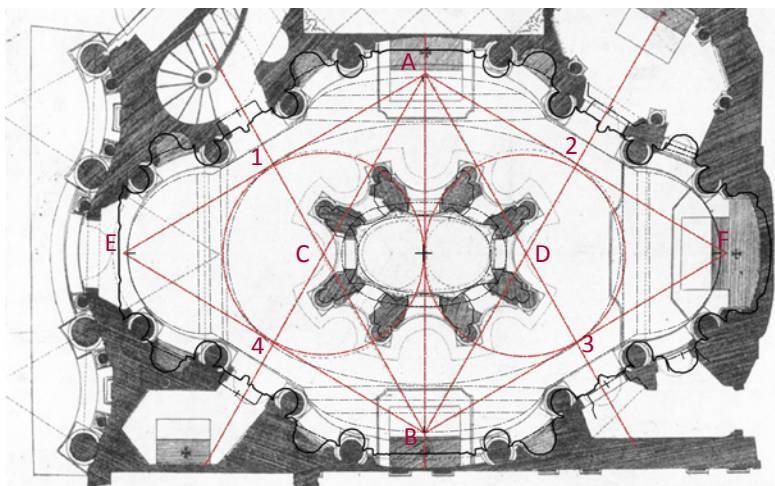


Fig. 8 Incisione della pianta del San Carlino, attribuita a Sebastiano Giannini, 1730 circa. Nel disegno è riportata, oltre alla sezione della navata e quella del lantermino, anche la costruzione borrominiana dell'ovale, senza che questo sia rappresentato.

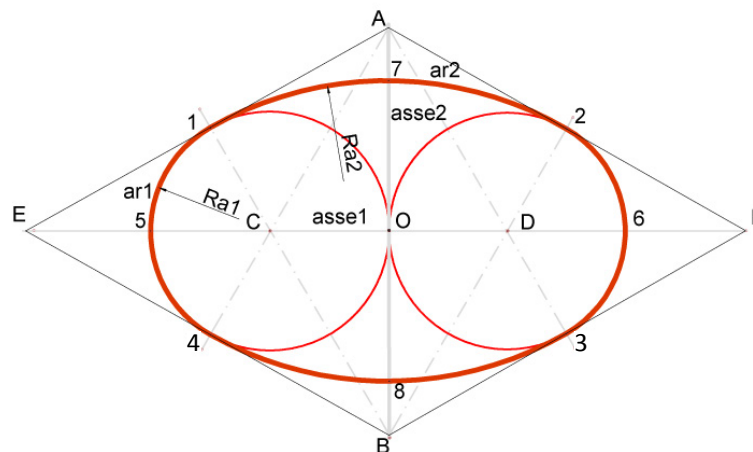


Fig. 9 Costruzione grafica dell'ovale secondo il metodo borrominiano del triangolo e il cerchio iscritto, con l'indicazione di alcuni punti di riferimento.

a prima vista sembrerebbe superflua, se non per orientare le cappelle disposte negli angoli (Fig. 7c), anticipa quella utilizzata da Borromini per il San Carlino nell'AZRom175. In questo disegno l'ovale è costruito attraverso un tracciato regolato dalle intersezioni e dagli allineamenti tra le due circonferenze e i due triangoli equilateri. Questa volta, però, non sono iscritti, bensì circoscritti alle circonferenze, generando così una costruzione più complessa, che ripeterà in numerosi disegni, ricca di punti di corrispondenza e allineamenti (Fig. 7d).

### L'OGGETTO DI STUDIO: IL SAN CARLINO ALLE QUATTRO FONTANE

Le metodologie di analisi basate sul confronto tra il progetto e il rilievo sono state applicate in modo approfondito sull'oggetto di studio della presente ricerca costituito dalla chiesa di **San Carlino alle Quattro Fontane**.

Il **progetto**, redatto a partire dal 1634, e ripreso negli anni prima della sua morte, nel 1665, per la maggior parte disegnato per mano di Francesco Borromini e per una piccola parte del nipote Bernardo, è documentato attraverso una serie di disegni, più di cento, custoditi presso l'Accademia Albertina di Vienna [26]: schizzi e varianti iniziali del progetto, disegni 'geometrici, tracciati in corso d'opera, disegni teorici, eseguiti a posteriori. La **chiesa**, realizzata secondo l'impianto descritto nella stampa del 1730 (Fig. 8) in una prima fase, tra il 1634 e il 1643, in una seconda fase tra il 1659 e il 1667 e in una terza, ad opera di Bernardo Borromini tra il 1670 e il 1675 [27], si sviluppa secondo una pianta ad "ottagono allungato", su cui si aprono quattro nicchioni curvilinei adibiti a cappelle, disposti sugli assi, e quattro pareti in obliquo. Sugli arconi e i pennacchi è impostata la cupola, che del San Carlino rappresenta *l'elemento predominante*. Caratterizzata all'intradosso da un cassettonato a croci ed ottagoni alternati, disposti su quattro livelli, intervallati da altrettanti livelli con esagoni allungati, la cupola si sviluppa in alzato secondo una sezione curvilinea variabile, un arco di circonferenza sulla sezione trasversale, che diventa una semicirconferenza in quello longitudinale [28], e, sul piano orizzontale, secon-

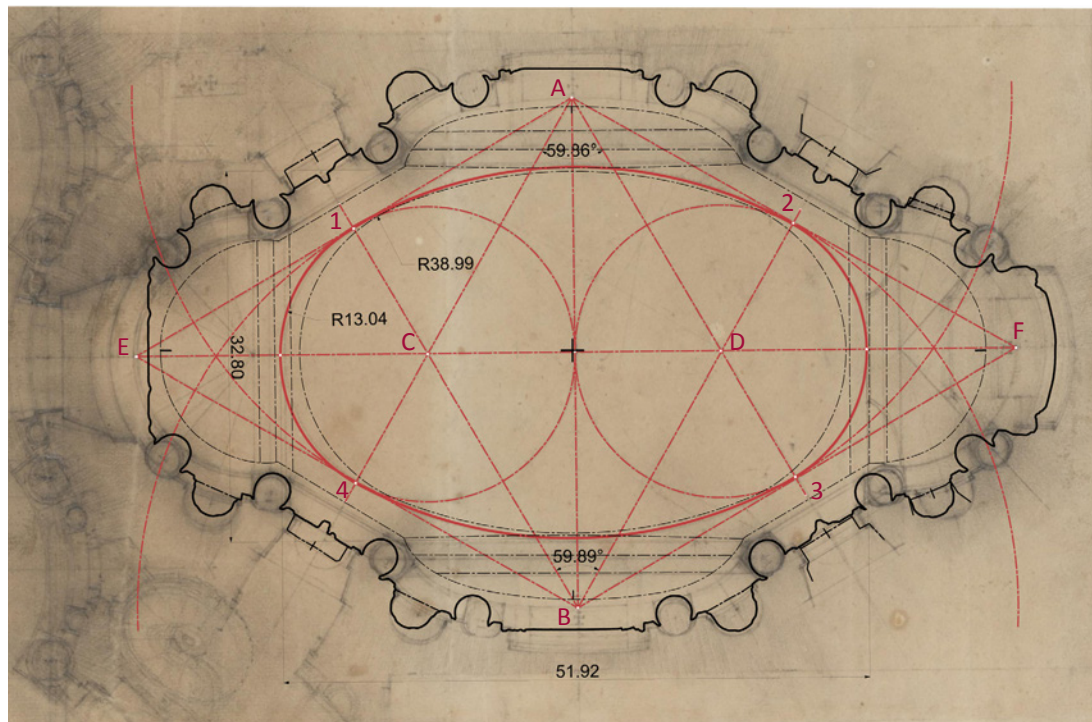


Fig. 10 Sovrapposizione del disegno AZRom169 con la costruzione geometrica dell'ovale, la pianta di rilievo e la proiezione della cupola. Sono riportati alcuni punti di riferimento e le dimensioni degli assi e dei raggi di curvatura, misurati in palmi romani.

do una curva policentrica.

Allo **stato attuale** la chiesa del San Carlino, completamente restaurata in occasione delle celebrazioni borrominiane del 1999, per mano della squadra di restauratori, condotta da Paola Degni [29], mostra il suo aspetto originario, liberata dalle aggiunte ottocentesche dell'organo e della cantoria nella controfacciata.

#### I RIFERIMENTI ARCHITTONICI

Molti sono i riferimenti culturali ed architettonici dai quali Borromini trae ispirazione per il progetto del San Carlino, come annota Fra' Juan di San Bonaventura nella *Relazione del Convento di San*

*Carlo alle quattro Fontane (1650), fondata si bene sopra lo antico et conforme quello che valentissimi architetti lasciarono scritti* [30]. Borromini, infatti, poteva consultare i trattati cinquecenteschi di Daniele Barbaro, Andrea Palladio, Vincenzo Scamozzi, il citato Sebastiano Serlio, Pirro Ligorio, e Giovanni Cataneo, per gli esempi a pianta ovale. Egli inoltre conosceva bene le architetture antiche, sia attraverso l'osservazione diretta, sia attraverso i rilievi di Francesco Contini, tra cui quello del vestibolo della piazza d'Oro a Villa Adriana, con una pianta centrale mistilinea, dal quale è possibile abbia tratto ispirazione per l'impianto del San Carlino. Venendo alle architetture più vi-

cine a Lui, si possono riscontrare delle analogie dell'impianto planimetrico in alcune opere, quali: la Cappella Sforza di Michelangelo, nel disegno della pianta allungata, inserita in quattro nicchioni curvilinei, disposti sugli assi, e quattro pilastri disposti in diagonale; alcuni progetti di Giuseppe Maria Richino, con il quale Borromini aveva lavorato a Milano, prima di giungere a Roma (chiaro è il riferimento dell'impianto ad ovale della chiesa di Santa Maria di Loreto); i progetti a pianta centrale di Donato Bramante per San Pietro, per il taglio a 45 gradi dei piloni; la chiesa di Sant'Andrea sulla via Flaminia, del Vignola (1550-1553), con una navata rettangolare su cui poggia la cupola ad ovale e quella di Sant'Anna dei Palafrenieri (1568-1572), in cui l'impianto planimetrico della chiesa è direttamente conformato secondo un ovale aureo; la chiesa di San Giacomo degli Incurabili (1587-1590), opera di Francesco da Volterra, anch'essa a pianta ovale. Borromini fa proprie tutte queste suggestioni trovando un modo del tutto personale per sviluppare il progetto del San Carlino, in sintonia o in antitesi rispetto alle architetture che aveva avuto modo di conoscere e studiare.

#### L'OVALE IN SAN CARLINO: VALORE SIMBOLICO, GEOMETRICO, DI CONTINUITÀ SPAZIALE.

Dal punto di vista simbolico, la costruzione che definisce l'ovale ed in particolare il cerchio iscritto in un triangolo, assume un importante **valore figurativo**, come evidenzia anche Garcia, in particolar modo in una chiesa dedicata alla Trinità come è appunto il San Carlino. Nel disegno dell'AZRom211, relativo ad un'iscrizione con caratteri tracciati sulla base di cerchi e triangoli equilateri, una nota a margine, con scritto *tre et uno assieme*, mette bene in evidenza quale importanza abbia per Borromini questo tracciato. Altri elementi rimandano a questa simbologia, come la figura dei tre cerchi intrecciati, presente nella sagrestia, che rimanda al disegno del *Liber figurarum* di Giocchino Fiore [31] e l'intradosso del cupolino della lanterna, dove, in un cerchio iscritto in un triangolo equilatero, campeggia una colomba dorata.



Dal punto di vista geometrico, è innegabile che nei disegni del San Carlino la costruzione dell'ovale abbia **valore** come **tracciato geometrico regolatore**. Molti di questi elaborati, infatti, riportano una costruzione in cui il cerchio e il triangolo equilatero si sovrappongono generando un tracciato complesso, ricco di allineamenti e punti di corrispondenza tra le due figure (Fig. 9); i centri delle circonferenze minori (punti C e D) sono ortocentri dei due triangoli; i punti di raccordo dei due archi (1, 2, 3, 4) corrispondono ai piedi delle altezze, che sono anche bisettrici e mediane; i lati obliqui dei due triangoli, infine, si dispongono paralleli ai lati dell'ottagono allungato in cui è inserito l'ovale. Tuttavia, se, a prima vista, l'ovale sembra essere fondamentale nell'impostazione dei disegni planimetrici della chiesa, tale forma policentrica non è presente nella architettura costruita al livello della navata, se non come proie-

zione delle strutture sovrastanti della cupola. Questo sembrerebbe confermare il **valore di continuità** assunto dalla costruzione geometrica dell'ovale come struttura formale di congiunzione tra livelli differenti della chiesa, in cui il triangolo è connesso per lo più con gli elementi architettonici della navata, attraverso gli allineamenti dei lati e degli assi del triangolo e l'ovale e i cerchi direttamente con la cupola, mediante forme concentriche e omologhe.

#### LA GEOMETRIA DELL'OVALE IN SAN CARLINO: TRACCIATO REGOLATORE O CONSTRUCTIO AD TRIANGULUM?

È soprattutto nei disegni delle piante che questa costruzione caratterizza il tracciato geometrico, definendo allineamenti e punti caratteristici dell'impianto, in una sorta di **"Tracciato regolatore"**, realizzato a priori, come lo definisce Por-

toghesi [32], o di **"Constructio ad Triangulum"**, riportata a posteriori, secondo Bellini [33]. Le due interpretazioni sono ovviamente all'opposto: Portoghesi afferma che *tale schema non fu costruito a posteriori per dare credibilità alla operazione compositiva, ma esisteva fin dall'inizio e fu corretto in sede di realizzazione per evidenti esigenze di carattere plastico e visivo*; secondo Bellini, invece, *Borromini allestisce un proprio labirinto figurativo, sovrapponendo ad una geometria necessaria alla costruzione geometrica, tracciata in primis, una geometria ulteriore, che giustifica quella precedente, ma che di fatto serve a complicare e a nascondere* [34]. La questione, come afferma Bellini, non è di poco conto, giacché riguarda la *primarietà della Geometria rispetto all'Architettura*, come sostiene Paolo Portoghesi o, viceversa *dell'architettura rispetto alla Geometria*, come sostiene Federico Bellini.

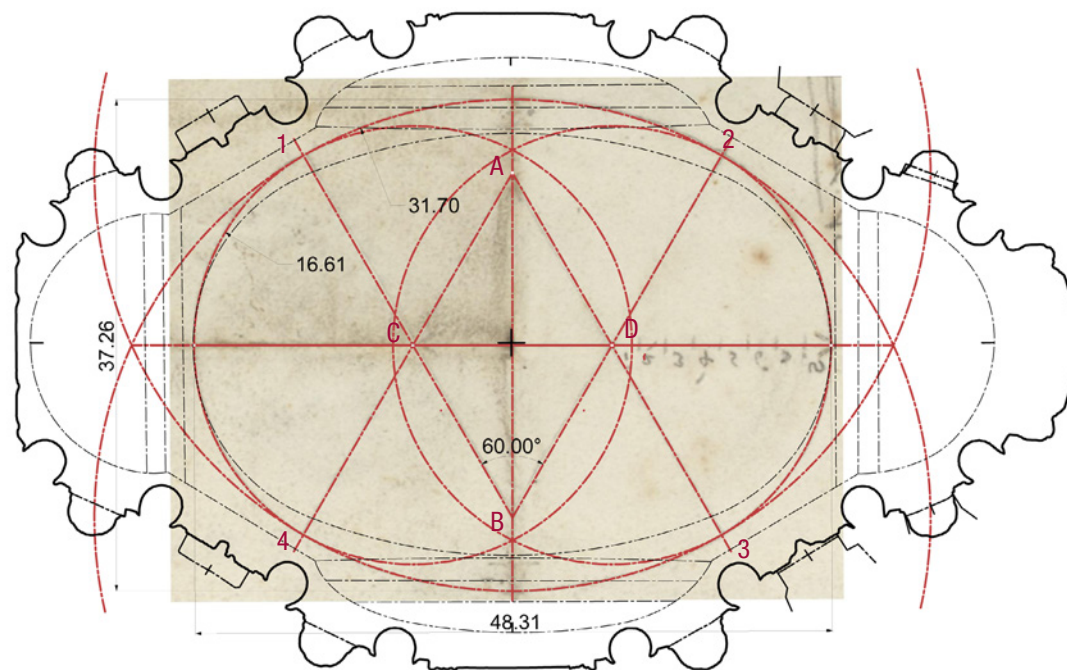


Fig. 11 Sovrapposizione del disegno AZRom208v con la costruzione geometrica dell'ovale, la pianta di rilievo e la proiezione della cupola. È evidente il riferimento al primo metodo del tracciamento dell'ovale di S. Serlio.

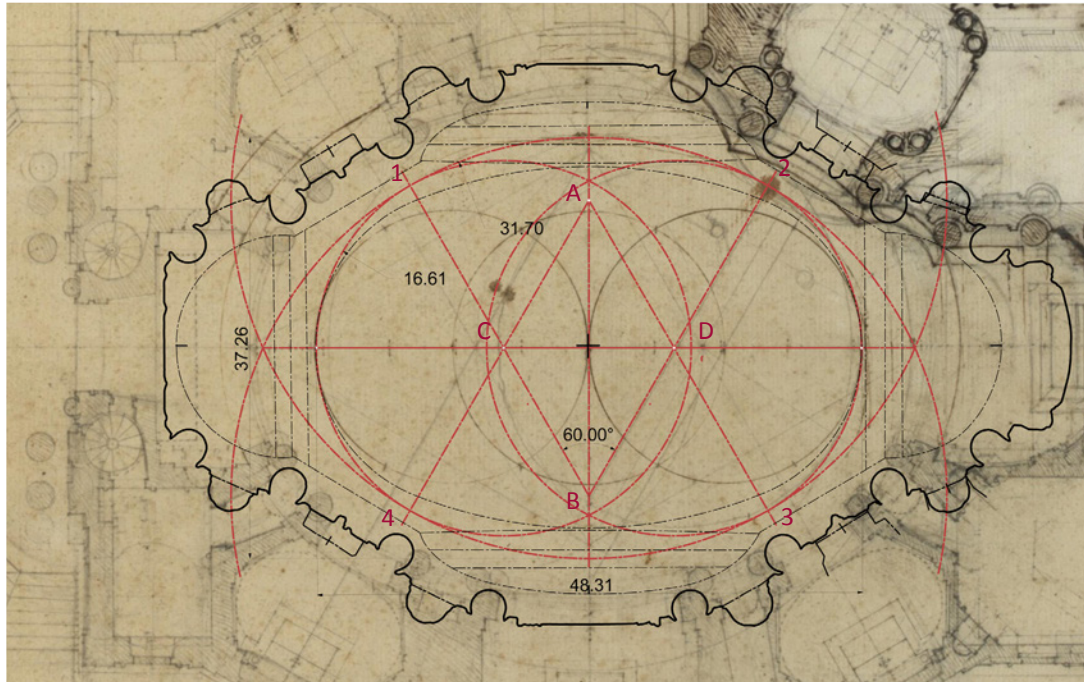


Fig. 12 Sovrapposizione del disegno AZRom167 relativo alla pianta per la chiesa di Sant'Eustachio con la costruzione geometrica dell'ovale e la pianta di rilievo del San Carlino. Sono evidenti alcune corrispondenze.

Alcuni disegni, come ha messo in evidenza J. Connors [35], furono eseguiti, o comunque rielaborati a posteriori, in una fase successiva (tra il 1660 e il 1667) per un progetto non realizzato di pubblicazione con l'editore Barriere. Tra questi, nel disegno AZRom169 (Fig. 10), dove viene riportata la costruzione geometrica, il legame tra Geometria e Architettura sembra essere indissolubile. Borromini traccia l'ovale attraverso due triangoli equilateri, disposti sull'asse maggiore, con un lato in comune su quello minore (sopravvenendo al metodo del Serlio che invece disegnava i triangoli contrapposti sull'asse minore) e due circonferenze inscritte, determinando, nella sovrapposizione con la pianta architettonica, una serie di punti notevoli: i vertici A e B si dispongono sulle pareti delle absidi laterali, sul fondo di quella d'ingresso e

dell'abside dell'altare maggiore; i lati dei triangoli A-E, A-F, B-C e B-E disposti a 60 gradi, si allineano con le pareti rettilinee dell'ottagono perimetrale; le altezze B-1, B-2 e A-3 e A-4 dei due triangoli divengono gli assi delle aperture sui vani contigui.

#### L'OVALE NEI DISEGNI DI PROGETTO DEL SAN CARLINO

Le costruzioni geometriche dell'ovale, riportate da Borromini in diversi disegni (circa 30, alcuni schizzi iniziali, diverse piante costruite con l'ausilio degli strumenti, vari dettagli architettonici), sono molteplici: in pochi casi seguono completamente i prototipi descritti da Serlio e Vignola, nella maggioranza sono tracciate secondo una costruzione adattata da questi, in base alle necessità dei casi contingenti. Tra questi, i disegni

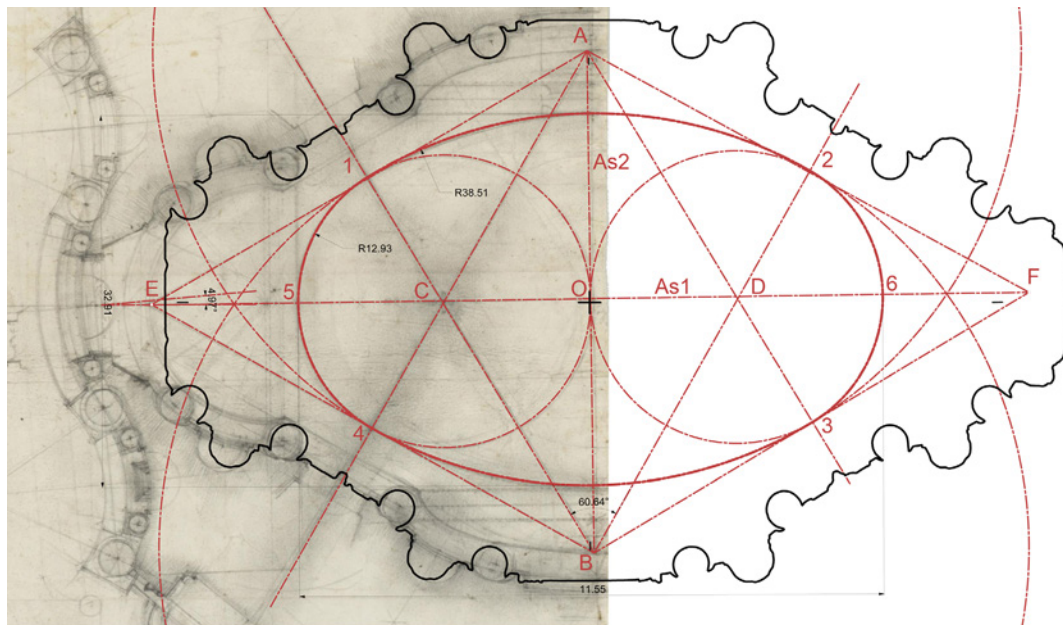


Fig. 13 Sovrapposizione del disegno AZRom175 con la costruzione geometrica dell'ovale, la pianta di rilievo e la proiezione della cupola.

analizzati sulla base di un confronto con la base di rilievo [36], sono suddivisi in quattro serie: a) una prima serie con alcuni *schizzi* che riportano l'ovale per lo più tracciato a mano libera e appena abbozzato [37]; b) una seconda serie di disegni, con un tracciato geometrico rigoroso, che riguardano le diverse *ipotesi progettuali* relative alla pianta [38]; c) una terza serie, riferita ai disegni *programmatici*, tracciati o rielaborati a posteriori [39], e una quarta serie, più consistente, riferita ai disegni *geometrici definitivi*, più vicini alla realizzazione finale [40].

a) Alla *prima serie* di *schizzi* appartiene l'AZRom208v (Fig. 11). Insieme ad alcuni elaborati riferibili ai cassettoni e ad alcune sezioni di modanature tracciate tutte a mano, compare, presumibilmente per la prima volta, il disegno di una curva policentrica. Già in questo primo schizzo, tracciato con il compasso ma ancora insicuro nel tratto, la costruzione geometrica è evidente così

come è chiaro il riferimento al primo metodo del Serlio: due angoli di 60 gradi, contrapposti sull'asse minore, determinano i centri degli archi di raggio maggiore (punti A e B), l'intersezione dei lati degli angoli individuano i centri degli archi minori (punti C e D), sull'asse maggiore, che viene ad essere diviso in tre parti. Dalla costruzione derivano inoltre alcune proprietà dell'ovale: i punti 1,2,3 e 4 descrivono i punti di raccordo tra le due coppie di archi, in cui i raggi, lati degli angoli B-C-1, B-D-2, A-C-4 e A-D-3 sono perpendicolari alla curva per costruzione; i centri degli archi maggiori (punti A e B), ricadono all'interno della curva così da generare un'ovale arrotondato. Non vi è traccia alcuna di un collegamento del disegno geometrico con la pianta architettonica, né esiste nessun indizio che faccia pensare ad una forma "ovata" della cupola, eppure gli altri disegni nello stesso foglio proprio a questa si riferiscono.

In uno schizzo successivo, l'AZRom178r, tracciato

a mano libera, questo collegamento è fin troppo evidente, dato che Borromini riporta la cornice d'imposta della cupola, conformata secondo un'ovale, in una pianta rivolta verso l'alto (sono evidenti i capitelli e la sequenza tiburio-cupola vista dal basso).

b) La *seconda serie* si riferisce ai disegni con le varie *ipotesi di progetto*. Borromini ricerca attraverso il disegno una logica compositiva della pianta della chiesa, basandosi su tracciati geometrici rigorosi, che hanno come figura centrale l'ovale ma che, attraverso i due triangoli e le circonferenze inscritte, descrivono allineamenti e corrispondenze con la pianta architettonica.

Nel disegno AZRom167 (Fig. 12), riferito al progetto per la chiesa di Sant'Eustachio, ma con chiari riferimenti con il San Carlino, evidenziato dalla sovrapposizione con il rilievo della pianta della chiesa, la costruzione dell'ovale, ripartito in tre circonferenze uguali, in cui quella centrale

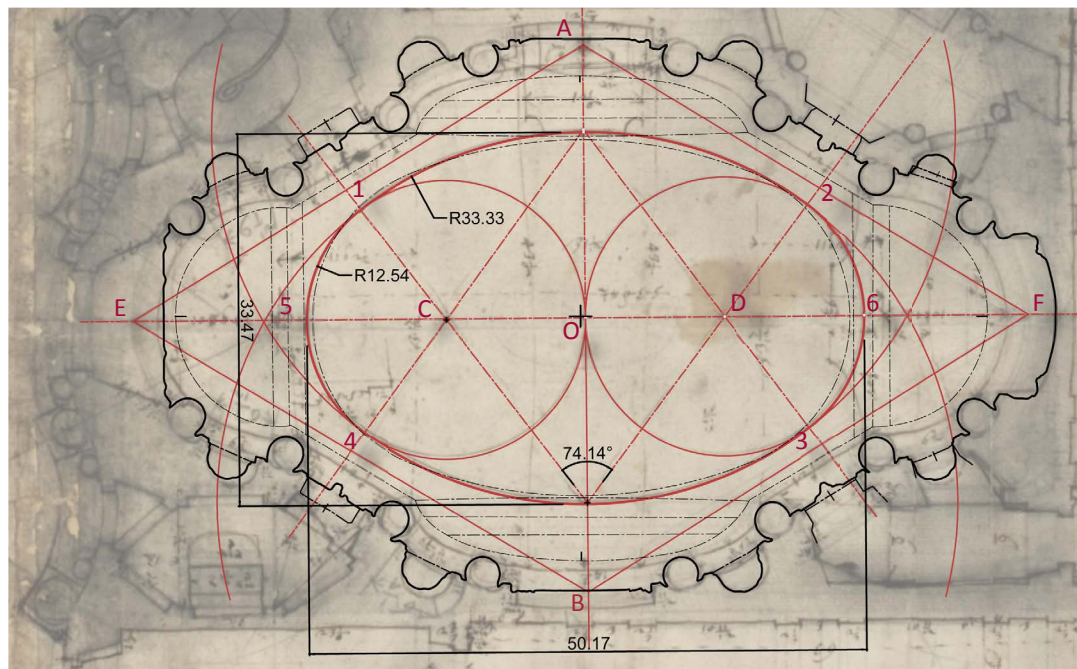


Fig. 14 Sovrapposizione del disegno AZRom170 con la costruzione geometrica dell'ovale, la pianta di rilievo e la proiezione della cupola.

passa per i centri di quelle laterali, ricorda quella del secondo metodo Serliano (ovale diagono), se non per differenziarsi in un particolare: i centri degli archi maggiori (punti A e B) sono posti al di fuori della costruzione, sulle pareti degli absidi. L'ovale, a cui questa costruzione si riferisce, è, però, quasi del tutto assente: solo alcuni tratti schizzati velocemente fanno intendere una forma policentrica.

c) Nella terza serie rientrano i disegni cosiddetti "programmatici", realizzati per documentare il progetto, tra i quali, l'AZRom175 (Fig. 13), elaborato probabilmente negli ultimi anni tra il 1665 e il 1666, ne rappresenta un esempio significativo. L'impianto planimetrico, rappresentato solo per metà della pianta con precisione e in dettaglio, si conforma alla costruzione geometrica dell'ovale,

secondo un rapporto scambievole di corrispondenze ed allineamenti. Queste corrispondenze si rendono evidenti sulla base di precisi punti di riferimento e convergenze: i vertici del triangolo sono disposti sulle proiezioni delle trabeazioni delle absidi laterali e dell'ingresso (punti A, B e F); le due pareti inclinate a  $60^\circ$  si dispongono parallelamente ai lati del triangolo (A-F e B-F), gli assi delle aperture su queste pareti sono posizionati sulle altezze del triangolo (B-2 e A-3). Inoltre il punto F costituisce il cardine intorno al quale ruota il sistema della facciata [41].

d) Nella quarta serie rientrano alcuni disegni, considerati "definitivi" come, ad esempio, quelli numerati dall'AZRom170 all'AZRom173 [42]. Ne primi due, l'ovale, ovvero la forma che più caratterizza il San Carlino non è presente, nemmeno

accennata: nel primo disegno, la zona centrale è lasciata senza tracce, nel secondo, l'ovale è sostituito da un centro volta ottagonale, in cui campeggia la croce trinitaria. Tutti e due sembrerebbero antecedenti all'ideazione della cupola secondo un impianto ovato. Mentre l'AZRom173, riproduce l'ovale secondo uno schema a priori, non direttamente relazionato alla pianta architettonica, l'AZRom170 (Fig. 14) sembra essere quello più rispondente alla realizzazione, ammettendo alcune imperfezioni nella costruzione geometrica. Confrontando il disegno di progetto con quello di rilievo, si può notare una sovrapposizione con minimi scarti, avendo Borromini rinunciato a quegli allineamenti così faticosamente ricercati negli altri disegni. Gli ambienti laterali, infatti, si conformano ancora secondo l'orientamento a

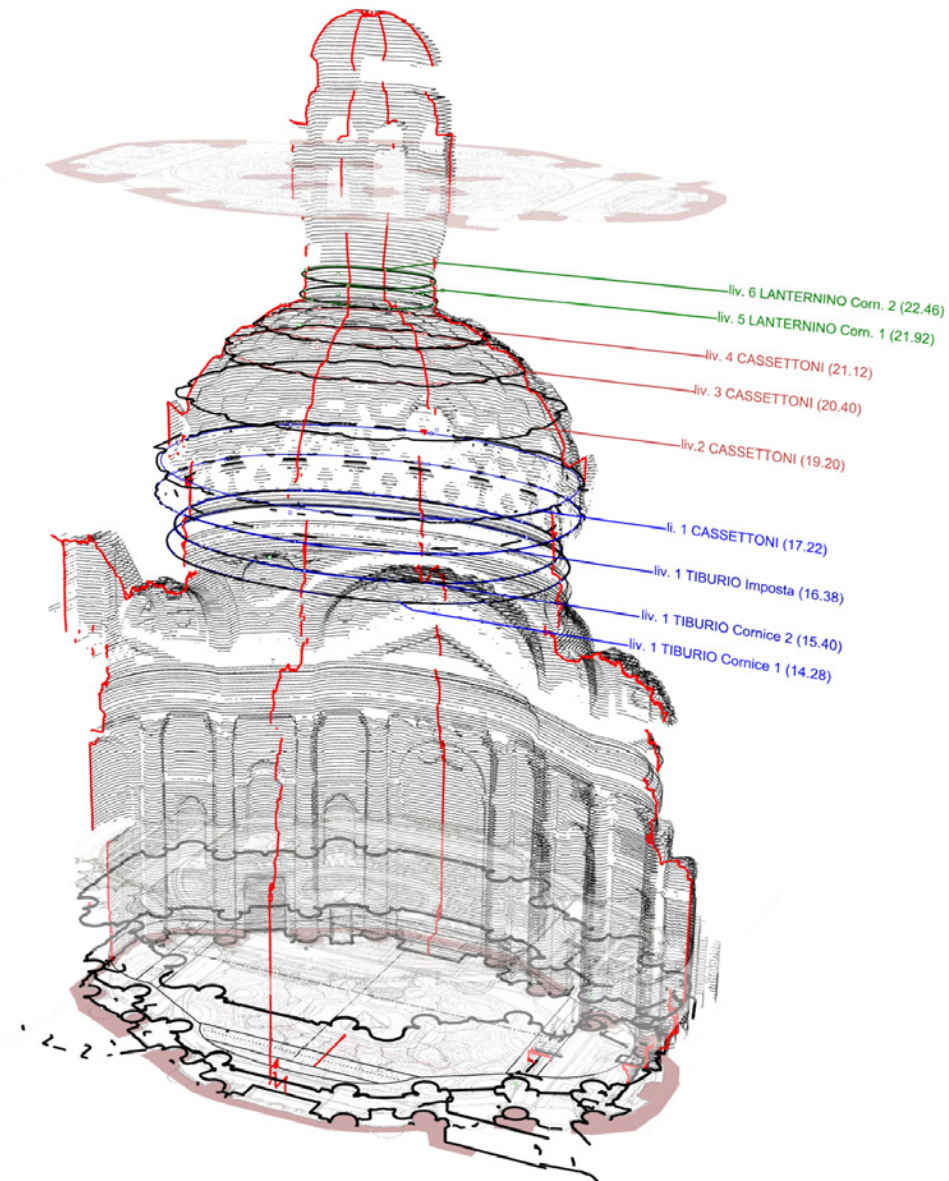


Fig. 15 Vista del modello 3D di rilievo, con interposti i piani utilizzati per determinare le sezioni ai vari livelli. Con i colori sono evidenziati i livelli relativi a: il tiburio, l'imposta e il 1° livello dei cassettoni della cupola (Blu); il 2°, 3° e 4° livello della cupola (Marrone); il lanternino (Verde).

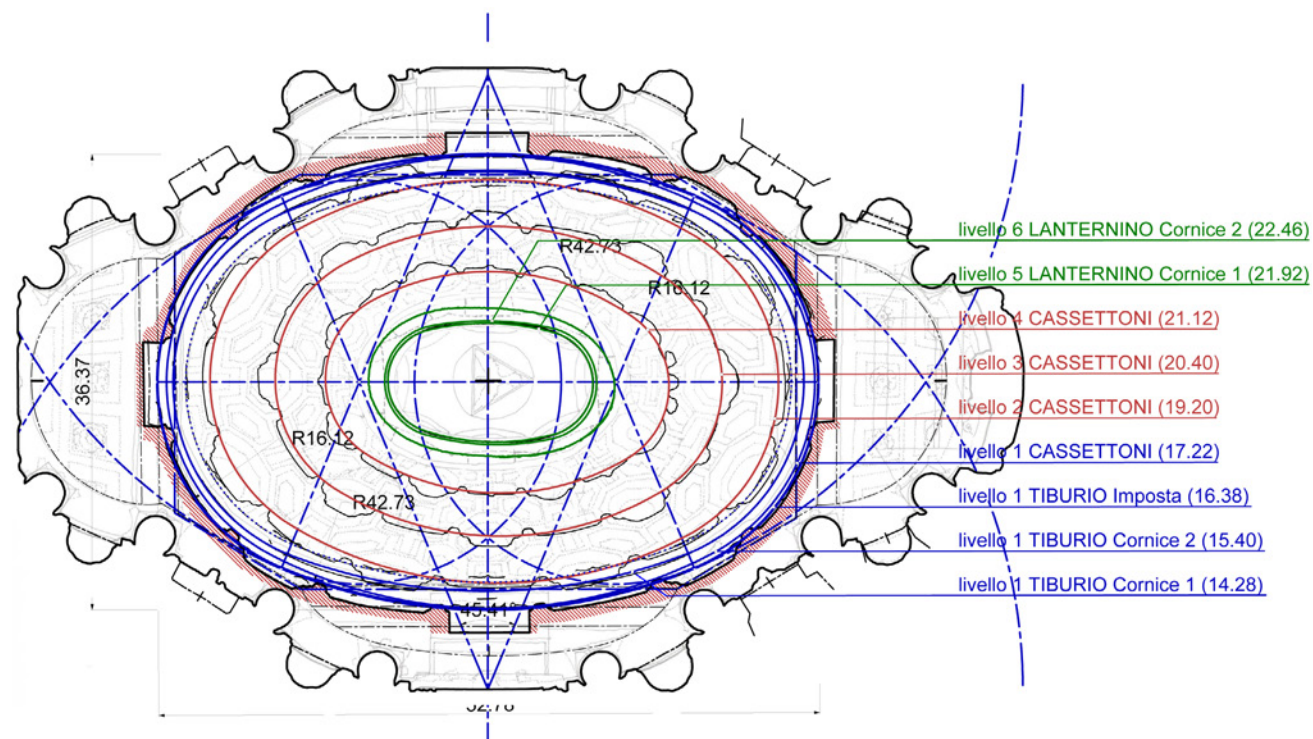


Fig. 16 Rilievo del San Carlino: Proiezione orizzontale dall'alto dei vari livelli, con l'individuazione delle sezioni e degli ovali relativi. In evidenza la costruzione geometrica dell'ovale, relativo al livello 1 TIBURIO e la sezione sul piano d'imposta.

60°, imposto dai lati dei triangoli equilateri, ma la circonferenza non è più inscritta, ed anche gli assi, costruiti attraverso i punti di contatto 1, 2, 3 e 4 e i centri C e D, non sono più allineati con il punto mediano delle aperture sulle pareti oblique. Il disegno è poi corredato da una serie di misurazioni, apportate ad inchiostro da Bernardo Borromini sul disegno di Francesco tracciato a matita, che sembrerebbero essere una verifica delle misure svolta direttamente in cantiere. L'analisi delle misure riportate nel progetto confermano quelle derivate dal rilievo attuale: l'asse maggiore nel

disegno è 50,17 palmi romani, nel rilievo 50,40, l'asse minore 33,47, nel rilievo 34,75.

#### L'OVALE NEI DISEGNI DI RILIEVO DEL SAN CARLINO

Per poter confrontare i disegni di progetto con quelli di rilievo è stato necessario individuare i piani presunti sui quali sono stati effettuati i disegni, che, quindi, variano in base alla quota con cui questi sono stati tracciati. Vanno inoltre considerati quali sono gli elementi architettonici intercettati da tali piani e quali sono quelli che,

nella sezione, o anche nella proiezione, determinano una forma policentrica, ovvero: il tiburio, comprendendo con esso la corona e il cornicione sottostante, le sezioni orizzontali dell'intradosso della cupola, riferite al piano d'imposta e ai quattro livelli del cassettonato, il lanternino, sia alla base che nelle sezioni superiori.

Il procedimento adottato per l'acquisizione delle sezioni ai vari livelli utilizza le procedure del rilievo 3D, sezionando il modello mesh con un piano orizzontale, così da ottenere una polilinea per le parti sezionate e una vista ortografica [43]

del modello, dal basso o dall'alto, per le parti in proiezione. I dati così ottenuti, elaborati insieme al prof. Falcolini, per ottenere una sezione *conformata geometricamente* [44], mantengono sul piano di sezione le informazioni spaziali, consentendo di svolgere tutte le operazioni di selezione e filtro dei punti, utili per poter sviluppare le costruzioni geometriche relative all'ovale [45] (Fig. 15).

L'elaborato definitivo è tracciato secondo i metodi tradizionali rappresentativi, sovrapponendo i vari livelli [46], con l'aggiunta di 2 scale metriche che riportano i rapporti di conversione in metri e palmi romasni. Le sezioni che si riferiscono ai disegni e agli elementi intercettati dai piani sono 9: 3 per

il tiburio, 4 per la cupola e 2 per il lanternino. Dalle sezioni così ottenute e dalle successive elaborazioni, relative alla costruzione geometrica, si è potuto constatare che non esiste nel San Carlino una costruzione geometrica unica dell'ovale, ma che ci siano almeno 3 tipologie, una relativa al tiburio, una alla cupola e una al lanternino.

Alla *prima tipologia* appartengono le sezioni orizzontali e i corrispondenti ovali riferiti al **tiburio, alla curva d'imposta e al 1° giro dei cassettoni della cupola**: i primi sono posizionati a quota 14,28 e 15,40 dal pavimento della chiesa; i secondi a quota 16,38 e 17,22 (Fig. 17). Dall'analisi e dal confronto delle costruzioni geometriche relative ai quattro livelli si possono desumere alcuni

dati ulteriori: gli ovali si sviluppano secondo delle forme concentriche (i centri degli archi maggiori, punti A e B posti al di fuori del perimetro murario della chiesa [47] e di quelli minori, punti C e D, mediamente coincidono nella proiezione in pianta); questi ovali, simili tra loro, sono molto ravvicinati nella proiezione orizzontale, ma altrettanto distanti in quella verticale, dato che sono collocati per un'altezza di 3 metri circa; il primo livello della cupola, posto a quota 17,22 e relativo al primo giro dei cassettoni, è uniformato alla geometria del sottostante tiburio; la curva dell'ovale d'imposta, posizionata a quota 16,38, che rappresenta la forma geometrica fondamentale per determinare la geometria della cupola

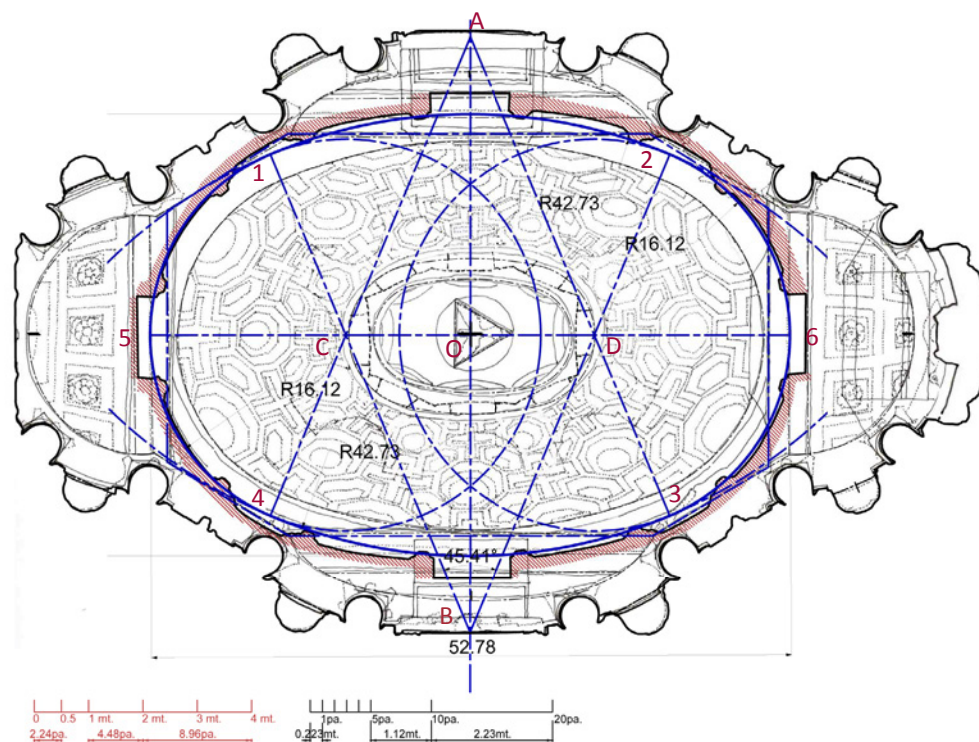


Fig. 17 Rilievo del San Carlino: Sezioni relative al piano d'imposta (quota +16,38) ed al livello delle nicchie della navata (quota + 3.70). Costruzione grafica per la determinazione dell'ovale relativo al piano d'imposta.

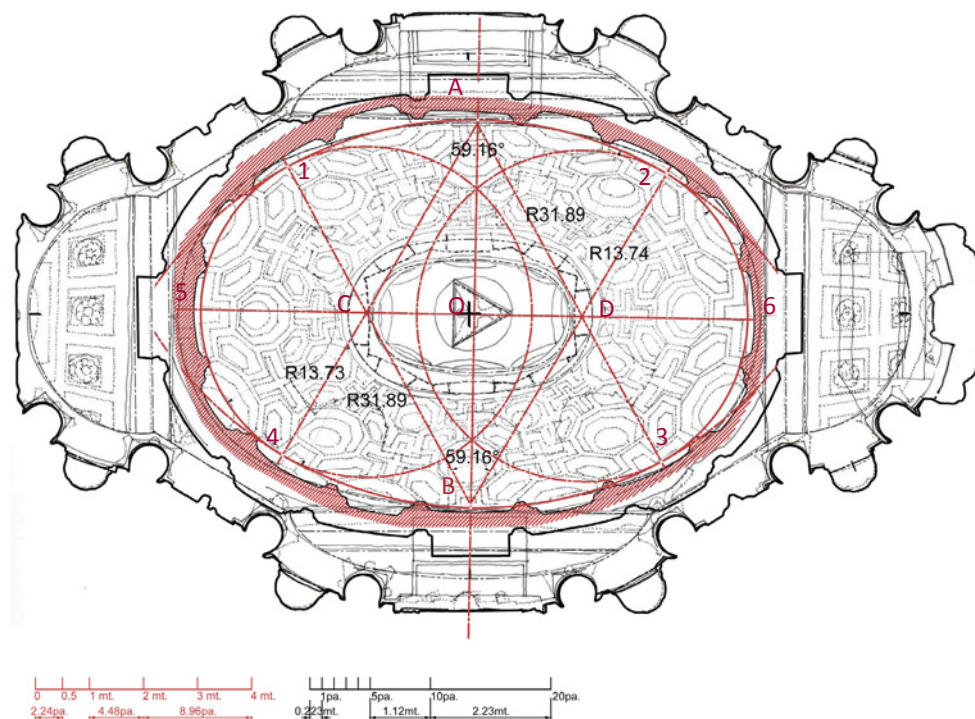


Fig. 18 Rilievo del San Carlino: Sezione relativa al secondo livello dei cassettoni della cupola (quota +19.20) e costruzione grafica dell'ovale.

[48], si avvicina sia alla costruzione dell'ovale tondo del Serlio, come ha anche puntualizzato S. Sartor [49], avendo un rapporto dei due assi pari a 1, sia all'ovale aureo 1 di Vignola, avendo molto simili i segmenti A-O e A-5. L'ovale della cornice del tiburio, posta a quota 14,28, pur discostandosi dalla curva dell'imposta, segue dei precisi rapporti proporzionali (la circonferenza maggiore è 3 volte quella minore, seguendo in parte le indicazioni date dal Vignola); gli assi che passano per i punti di raccordo 1, 2, 3 e 4 e i centri A, B, C e D, sono allineati con i centri delle semicolonne delle absidi laterali. In definitiva il tiburio e, con esso, il primo livello della cupola, si uniformano agli allineamenti dati dalla chiesa sottostante.

Dalle evidenze riscontrate nei lavori di restauro, il fatto che questa porzione dell'edificio, relativa al tiburio e al primo terzo della cupola, sia realizzata con un'opera in muratura pressochè coerente ed unitaria, confermerebbe in sostanza la specificità della forma geometrica.

Alla *seconda tipologia* appartengono gli ovali del **2°, 3° e 4° giro dei cassettoni della cupola**, costruiti attraverso piani di sezione collocati alle quote 19.20, 20.40 e 21.12, corrispondenti ai centri degli ottagoni dei cassettoni, disposti sui vari livelli, sopra l'altare maggiore (Fig. 18). La forma degli ovali del 3° e 4°, simile tra loro, da un lato, si uniforma secondo caratteristiche comuni, come l'angolo in A e B prossimo ai 60° (tra 59.16°



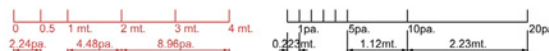
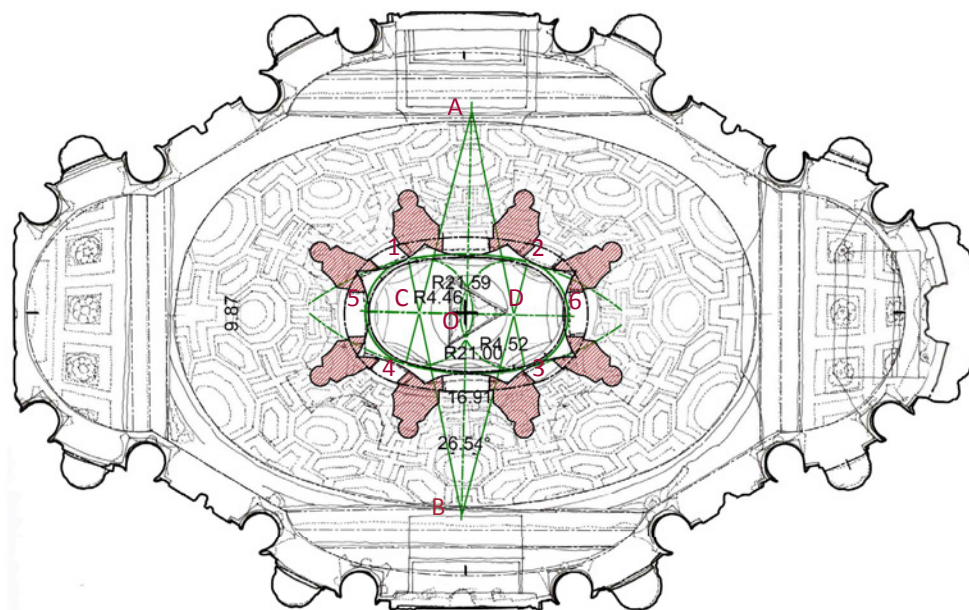


Fig. 19 Rilievo del San Carlino: Sezione relativa al lanternino (quota +21.92) e costruzione grafica dell'ovale.

e 62.85°) e i centri degli archi maggiori disposti direttamente sull'ovale; dall'altro, tale forma si differenzia sostanzialmente da quella del primo tipo, dato che i centri non sono coincidenti nella proiezione dei tre livelli e gli ovali non sono concentrici tra loro, risultando leggermente sfalsati. La configurazione adottata da Borromini, simile al 2° *ovale aureo* del Vignola (angoli a 60° e collocazione dei centri sull'ovale), gli permette di avere una variazione della curvatura contenuta nel passaggio tra l'arco maggiore e quello minore, avvicinando la forma dell'ovale a quella di un'ellisse con le stesse dimensioni [50]. L'ovale del 4° livello ha una costruzione intermedia tra quelle

dei primi due e quella del lanternino. L'intera calotta, almeno per la parte relativa ai due terzi superiori, sembra essere conformata autonomamente, rispetto al tiburio, tant'è che, assume una forma sostanzialmente diversa, dovuta non solo alle differenti curvature, alle dimensioni degli assi che variano in modo discorde, ma anche alla rotazione degli assi. È importante sottolineare il fatto che la costruzione geometrica della cupola non solo non sia uniforme su tutti e quattro i livelli, ma che non abbia corrispondenze con quella dei cassettoni, che seguono una diversa geometria, e che questi non siano allineati orizzontalmente, se non

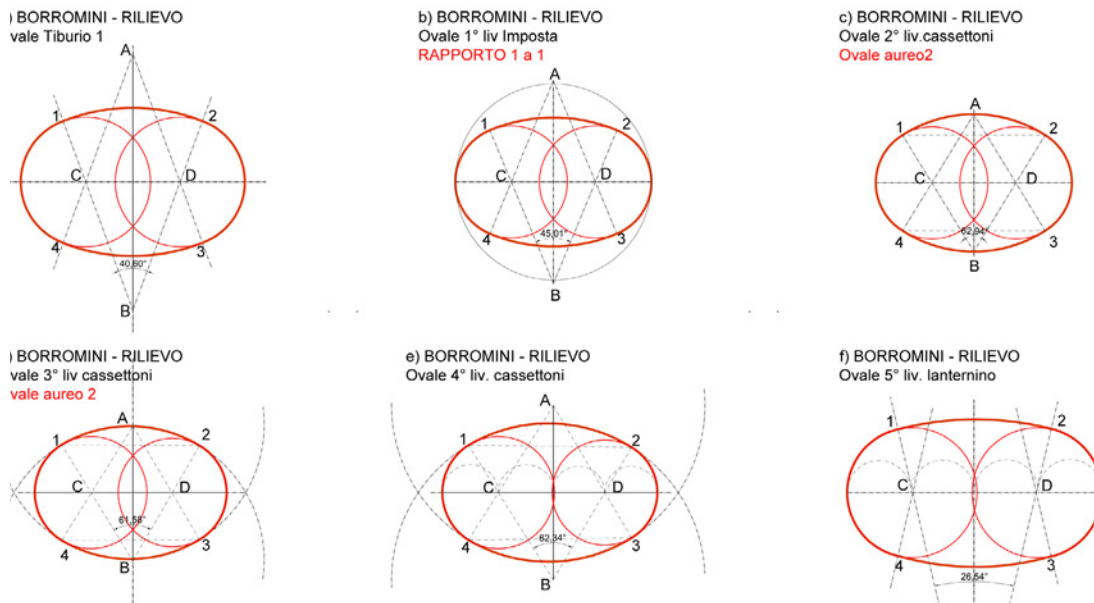


Fig. 20 Confronto tra le diverse costruzioni geometriche degli ovali, riferiti al tiburio, all'ovale d'imposta, a quello del 2°, 3° e 4° livello dei cassettoni e al lanternino.

nel primo livello [51]. È noto infatti che Borromini fece riprendere parte dello stucco del braccio verticale delle croci della cupola, perché non era pienamente soddisfatto della realizzazione e anche perché voleva apportare quegli accorgimenti prospettici, tipici del suo *modus progettandi* [52]. a) Nella *terza tipologia* rientrano le sezioni riferite al **lanternino**. Borromini propone una terza soluzione di ovale, diversa rispetto a quelle del 2° e 3° livello dei cassettoni e abbastanza simile a quella del 4° livello (Fig. 19). La forma, derivata dalle sezioni del lanternino a quota 21.62 e 22.46 risulta essere molto allungata, secondo uno schema ripreso poi per la Cappella dei Re Magi (l'arco minore è pari a 1/4 di quello maggiore, come l'ovale del 3° livello: l'angolo di raccordo è molto stretto (26.54°) e il rapporto tra i due diametri è di 1,71, quando normalmente tale proporzione tra asse maggiore e minore è pari a 1,5). Questa conformazione geometrica del lanternino, con un profilo volutamente diverso rispetto a

quello della cupola comporta una serie di problematiche nella curva d'intersezione, che non può che essere una curva spaziale. Borromini, consapevole di questa problematica, risolve brillantemente il problema con un elemento di raccordo, una fascia tronco conica sulla quale è riportata l'iscrizione dedicata a San Carlo Borromeo.

### CONCLUSIONE

Dall'analisi e dal confronto tra il rilievo e il progetto della cupola del San Carlino emergono nuovi aspetti che riguardano tre temi ancora non del tutto definiti: a) l'ovale canonico; b) le tre serie di ovali che caratterizzano il tiburio la cupola, e il lanternino; c) la verifica metrica e proporzionale operata da Borromini e le modifiche realizzate sul progetto esecutivo e in corso d'opera. Riguardo la questione dell'**ovale** cosiddetto "**canonico**", tutte le geometrie presenti nel San Carlino, ad eccezione di quella della curva d'imposta, si differenziano rispetto a questa forma di

policentrica. Questo è dato dal fatto che la necessità di avere una spaziatura regolare e costante sulla superficie della cupola (garantita dall'ovale canonico), se al momento di impostare la cupola poteva avere una certa importanza per Borromini, successivamente, tale necessità era stata superata. Ne è riprova le differenze dimensionali in orizzontale dei cassettoni dei tre livelli superiori che variano a seconda del settore della cupola (forse anche dovute alle correzioni prospettiche apportate dallo stesso Architetto ticinese).

a) Riguardo i **diversi tipi di ovali**, ne possiamo riconoscere di tre tipi, ognuno con una propria costruzione geometrica (Fig. 20): il primo, riferito alle cornici del tiburio, alla curva d'imposta e al primo terzo della cupola, segue una geometria che dialoga direttamente con la navata (gli assi diagonali che passano per i punti di raccordo dell'ovale sono allineati con le colonne della navata) e si sviluppa secondo delle curve per lo più concentriche (i centri delle circonferenze mi-

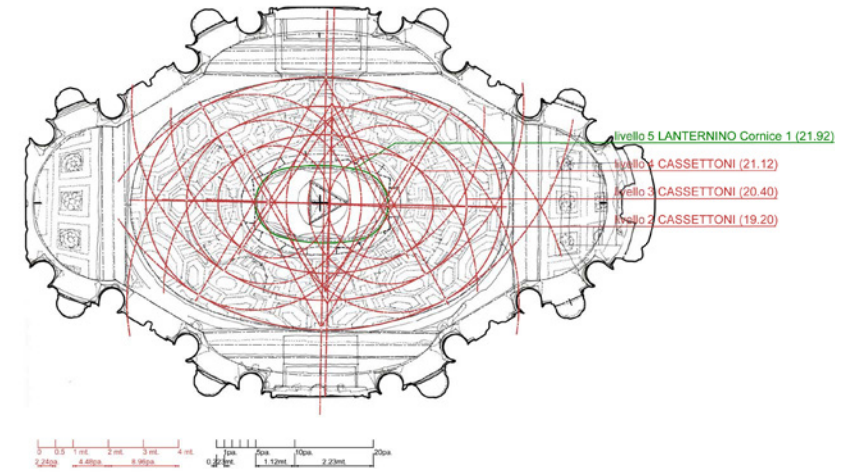
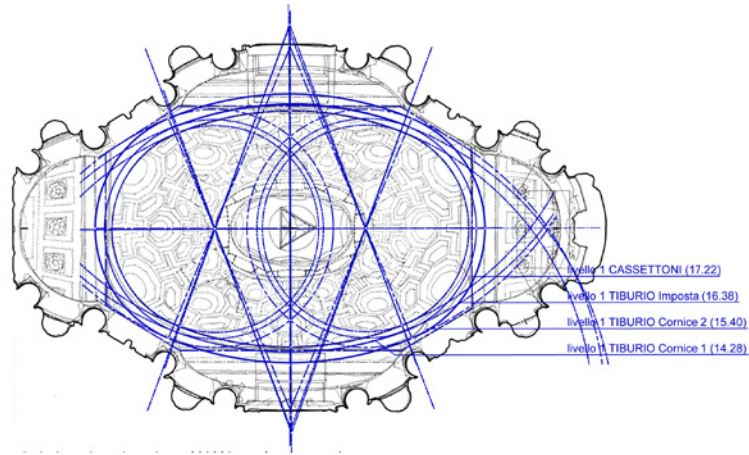


Fig. 21a Costruzione geometrica degli ovali relativi al tiburio. È evidente che questi si uniformano secondo strutture concentriche.

Fig. 21b Costruzione geometrica degli ovali relativi al 2°, 3° e 4° livello dei cassettoni e al 5° del lanternino. Si evidenzia il fatto che le circonferenze non sono concentriche. In grigio e tratteggiato il tracciato dell'ellissi ai vari livelli.

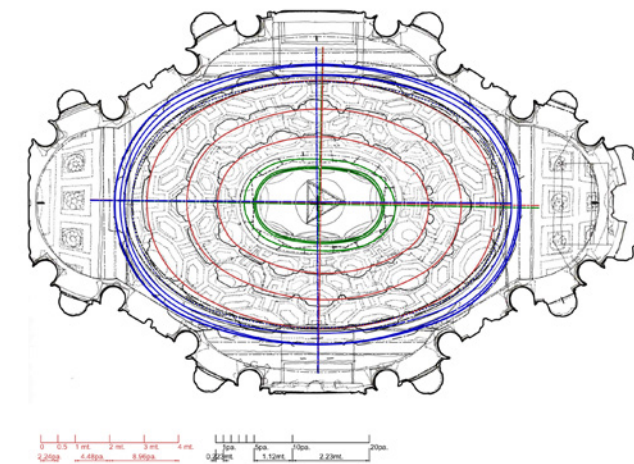
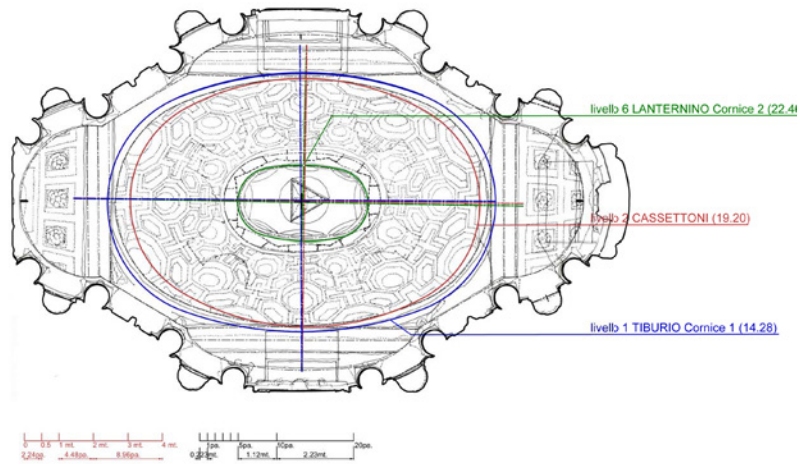


Fig. 21c Confronto tra gli ovali di riferimento del tiburio, della cupola e del lanternino. È evidente la variazione sia della geometria, sia dell'orientamento.

Fig. 21d Ovali relativi alle sezioni sui vari livelli del tiburio (Blu), della cupola (Marrone) e del lanternino (Verde).

	As1	As2	Ra1 min	Ra2 max	Angolo	Rap As1-Ra1	Rap As1-2	Rap Ra1-2	Rap Arc1-2
LIVELLO CORN TIBU1	48,4	32,0	14,0	40,9	40,5	3,5	1,5	2,9	
LIVELLO CORN TIBU2	50,4	34,8	14,8	43,8	41,3	3,4	1,5	3,0	
LIVELLO 0° IMPOSTA	52,8	36,4	16,1	42,8	45,4	3,3	1,5	2,7	1,0
LIVELLO 1° CASSETT	51,8	36,1	15,6	38,2	54,5	3,3	1,4	2,4	
LIVELLO 2° CASSETT	45,4	32,2	13,8	31,9	59,2	3,3	1,4	2,3	
LIVELLO 3° CASSETT	35,7	24,8	10,4	25,0	61,4	3,4	1,4	2,4	
LIVELLO 4° CASSETT	27,4	17,7	7,2	20,0	62,9	3,8	1,6	2,8	
LIVELLO 5° LANTERN	16,9	9,9	4,5	21,6	26,5	3,8	1,7	4,8	
LIVELLO 6° LANTERN	16,4	9,5	4,2	20,8	26,5	3,9	1,7	5,0	
AZRom 169	52,0	32,8	13,0	39,0	58,9	4,0	1,6	3,0	
AZRom 170	50,2	33,5	12,5	33,3	74,1	4,0	1,5	2,7	
AZRom 208r	48,3	37,3	16,6	37,3	60,0	2,9	1,3	2,2	
AZRom 175	51,8	33,0	13,0	38,6	60,6	4,0	1,6	3,0	
AZRom 167	48,4	30,8	12,1	36,3	60,3	4,0	1,6	3,0	
AZRom 203 (sezione Bernardo B.)	52,5	35,8					1,5		
OVALE AUREO Vignola	50,1	32,0	12,5	37,7	60,0	4,0	1,6	3,0	1,5
OVALE 4° Serlio (Tondo o canonico)	48,4	36,6	32,2	16,1	60,0	1,5	1,3		1,0

Tab. 1 Serie di dati elaborati attraverso il rilievo del San Carlino, l'analisi dei disegni di progetto, e alcuni confronti.

Nei campi evidenziati in giallo i valori in palmi romani prossimi alle unità, in arancione gli angoli a 45° e 60°, i rapporti semplici 1 a 1, 1 a 2, 1 a 3, 1 a 4, 1 a 5. Riquadrati in rosso i rapporti che si ripetono su più disegni (sia di rilievo che di progetto). Le righe evidenziate in marrone si riferiscono alla curva d'imposta e all'ovale tondo del Serlio.

nori e maggiori sono quasi coincidenti), Fig. 21a; il secondo, relativo al 2°, 3° e in parte il 4° livello dei cassettoni (con delle proporzioni intermedie tra quelle della cupola e del lanternino), si adatta alla superficie della cupola con degli ovali, derivati dall'ovale aureo del Vignola, molto vicini ad una forma ellittica, non concentrici tra loro per costruzione, come è evidente nella Fig. 21c. La costruzione presenta una differenza minima tra raggio minore e raggio maggiore degli archi della curvatura (il rapporto tra raggio minore e maggiore viene così ad essere ridotto (mediamente 2,4 sulla cupola, 2,7 sul tiburio, 4,8 sul lanternino), forse anche in considerazione di eventuali problemi strutturali, dovuti alla variazione improvvisa della curvatura della superficie; il terzo tipo, riferito al volume cilindrico del lanternino, si configura secondo una geometria molto diversa dalle altre due, con un ovale più schiacciato (il rapporto tra il raggio minore e maggiore è pari a 5). In definitiva le strutture del terzo inferiore della cupola, dei due terzi superiori e del lanternino sono *indipendenti* ed autonomi tra di loro: non mantengono, infatti, né la posizione degli assi, né le misure, né gli orientamenti (Fig. 21d).

b) Riguardo la verifica metrica e proporzionale,

Borromini pone la stessa attenzione per entrambi gli aspetti, eseguendo un controllo sia nel progetto esecutivo sia in corso d'opera (molti disegni di Bernardo riportano misure e annotazioni a questo scopo), per ricondurre le misure frazionarie in misure esatte in palmi romani.

Ciò è evidente, nel caso del raggio minore della cornice del tiburio, pari a 14 palmi, o l'asse maggiore, di 32 palmi. Borromini ricerca inoltre dei rapporti proporzionali semplici come, ad, esempio, il rapporto tra asse maggiore e minore, pari a 1,50, sulla cornice del tiburio, o quello pari a 1 degli archi maggiori e minori della curva d'imposta, o ancora il rapporto tra raggio minore e asse maggiore pari a 4 o il rapporto, pari a 5 tra i raggi dell'ovale del lanternino. Nella tabella riportata (Tab. 01) sono indicate le misure in palmi romani e i rapporti reciproci tra i principali elementi della costruzione geometrica: gli assi e i raggi di curvatura, l'angolo tra gli assi secondari di raccordo, i rapporti tra questi.

Si evidenzia il fatto di come Borromini regoli la costruzione geometrica sulle misure unitarie e che utilizzi dei parametri consueti, per poi modificarli a seconda le esigenze. L'ipotesi allo studio è che Borromini abbia utilizzato un tipo di

geometria, e quindi un tipo di ovale che, fino al tiburio, si relaziona direttamente con la chiesa sottostante (evidenti sono gli allineamenti degli assi diagonali con i pilastri), che abbia utilizzato il primo ovale della cupola per impostare la struttura su una geometria autonoma e proporzionata (la curva d'imposta è infatti l'unica ad avvicinarsi alla forma canonica) e che abbia proseguito il disegno della cupola secondo forme più armoniose possibili, prossime a quelle di un'ellisse, per concludere con il lanternino, che ha una geometria ancora diversa. Dal confronto tra il rilievo e il progetto si evidenzia come tutto sia regolato da un uso coerente e consapevole delle costruzioni geometriche, mediate dal controllo metrico, che dimostrano ancora una volta la straordinaria capacità di Borromini nel tradurre le forme geometriche anche complesse in forme architettoniche costruite.

## NOTE

[1] La metodologia di confronto tra rilievo e progetto è stata messa in pratica in diverse esperienze, quali: Santa Margherita a L'Aquila, San Giovanni dei Fiorentini a Roma, San Tommaso a Castel Gandolfo, l'Ex-Mattatoio a Testaccio.

[2] La notevole collezione dei disegni attribuiti a Francesco Borromini, in tutto 618, è custodita presso l'Accademia Albertina di Vienna e resa disponibile sul web in formato digitale all'indirizzo <http://sammlungonline.albertina.at/>.

[3] Cfr. Bellini, Federico, (2004), *Le cupole di Borromini*. La «scienza» costruttiva in età barocca, Electa, Milano, p. 141.

[4] Bellini, Federico, (2004), cit., p. 26.

[5] Come riporta Martin Raspe riguardo La metodologia di rappresentazione utilizzata da Borromini (Bösel, Richard - Frommel, Christoph Luitpold (a cura), (2000), *Borromini e l'universo barocco*, Electa, Milano, pp. 360-365), in riferimento alla *Rappresentazione sinottica di pianta e proiezione verticale della cupola di Sant'Ivo alla Sapienza* (p. 363) dell'AZRom509, e nella *Rappresentazione in proiezione sinottica dei vari livelli nel quarto nordorientale della crociera di San Pietro in Vaticano*, in Ferrabosco, M. and Costaguti, G. B., (1684), *Architettura della Basilica di S. Pietro in Vaticano*: opera di Bramante Lazzari, Michel'Angelo Bonarota, Carlo Maderni, ed altri famosi architetti, da Monsignore Gio. Battista Costaguti seniore... Fatta esprimere, e intagliare in pi\`u tavole da Martino Ferrabosco, e posta in luce l'anno M.DC.XX. Di nuovo data alle stampe da Monsignore Gio. Battista Costaguti iunior decano della camera nell'anno M.DC.LXXXIV, Roma: Nella Stamperia della Reverenda Camera Apostolica.

[6] Il Gruppo di lavoro è composto, dallo scrivente, Responsabili scientifico, prof.ssa Giovanna

Spadafora e dott.ando Mauro Saccone, dell'area della Rappresentazione, prof. Corrado Falcolini di Matematica, arch. Manue-rienza, quali: Santa Margherita a L'Aquila, San Giovanni dei Fiorentini a Roma, San Tommaso a Castel Gandolfo, l'Ex-Mattatoio a Testaccio.

[7] Alcuni risultati della ricerca sulle metodologie di rilievo 3D e integrato, in campo architettonico e archeologico, sono state presentate in vari convegni, ultimo dei quali quello dell'UID, svoltosi a Parma nel 2014. Vedi Canciani, Marco - Spadafora, Giovanna (2014), *Differenze metodologiche nel rilevamento 3D*, in archeologia e in architettura. In: Chiara Vernizzi - Paolo Gian-debiaggi, (a cura), *ITALIAN SURVEY & INTERNATIONAL EXPERIENCE*, Gangemi editore, Parma

[8] Alcuni studi sul San Carlino sono stati presentati in convegni, tra i quali: Canciani, Marco - Falcolini, Corrado - Spadafora, Giovanna, (2012), *From complexity of architecture to geometrical rule*. The case study of the dome of San Carlino alle Quattro Fontane in Rome, in Gambardella, Carmine, (a cura), *X Forum internazionale di studi Le vie dei Mercanti*, vol. collana fabbrica della conoscenza n° 16, La Scuola di Pitagora, Napoli, e Canciani, Marco - Falcolini, Corrado - Spadafora, Giovanna - Saccone, Mauro, (2013), *From point clouds to architectural models: algorithms for shape reconstruction*, pp. 27-34 in ISPRS Archives - Volume XL-5/W1.

[9] Il rilievo tramite le tecnologie laser scanner è stato eseguito con il gruppo di lavoro, e il supporto di Valentina Albano, Business Development "HDS" at Leica Geosystems, che ha fornito anche la strumentazione della Leica.

[10] Migliari, Riccardo, (1995), *Ellissi e ovali: epilogo di un conflitto*, PALLADIO, pp. 93-102.

[11] Pomodoro, Giovanni, (1603), *Geometria Pratica*, Roma: presso Giovanni Martini.

[12] Come, ad esempio, S. Andrea a via Flaminia e S. Anna

dei Palafrenieri del Vignola o il progetto per San Giovanni dei Fiorentini proprio di Borromini, in Fasolo, Vincenzo, (1954), *SISTEMI ELLITTICI PER L'ARCHITETTURA*, in GUIDA METODICA PER LO STUDIO DELLA STORIA DELL'ARCHITETTURA, Collana Nuovi Saggi, Roma

[13] Come riportato in Migliari, Riccardo, (1995), cit., p. 93

[14] Garcia, Eusebio Alonso (2003), *San Carlino. La máquina geométrica de Borromini*, Univ. de Valladolid, Valladolid, p. 235, n. 35.

[15] Proclo Diadoco, *Commento al libro degli Elementi di Euclide. V sec. dopo Cristo*

[16] Sull'argomento della stereotomia, vedi Trevisan, Camillo, (2011), *Per la storia della stereotomia. Geometrie, metodi e costruzioni*, Aracne, Roma.

[17] Garcia, Eusebio Alonso (2003), cit., p. 231.

[18] La costruzione grafica, realizzata dall'arch. Viviana Gori, insieme ai disegni delle Figg. 3, 4 e 6a-f, riprende il disegno in Dotto, Edoardo, (2003), *Il disegno degli ovali armonici*, Le Nove Muse, Catania.

[19] Bellini sostiene che Borromini appartenesse ad una cultura precedente a quella dei matematici del '600, collegandosi ad una geometria più antica, di derivazione euclidea, riportata nelle traduzioni dei geometri arabi del XIII secolo, vedi Bellini, Federico, (2004), cit.

[20] Garcia, Eusebio Alonso (2003), cit., p. 239

[21] Serlio, Sebastiano, (1584), *Tutte le opere di Architettura et Prospettiva di Sebastiano Serlio*, Venezia. Ff. 13v e 14r

[22] In Serlio, Sebastiano, (1584), cit. f. 13v

[23] Come è riportato in Garcia, Eusebio Alonso (2003), cit. alla nota 23 di p. 232, il tracciato di Sant'Andrea al Quirinale corrisponde a questa costruzione.

[24] In Serlio, Sebastiano, (1584), cit. f. 13v

[25] La forma dell'ovale canonico, costruita secondo due

coppie di triangoli equilateri disposti sull'asse maggior e minore come afferma l'Autore, è l'unica in cui le quattro curve hanno uguali lunghezze, in Sartor, Alessandro, (2000), Il rilievo della fabbrica di San Carlo alle Quattro Fontane. Un contributo alla conoscenza delle idee progettuali dello spazio interno, in Frommel, Christoph Luitpold - Sladek, Elisabeth, (2000), cit., pp. 387-389.

[26] I disegni custoditi all'Albertina di Vienna e riferibili al San Carlino sono 117 e vanno dal AZRom168, all'AZRom240v, all'AZRom292, all'AZRom394r. Ogni disegno è accompagnato da una scheda che riporta le informazioni relative all'autore, al titolo, alla data presunta, alle tecniche di disegno, al supporto grafico, alle trascrizioni delle annotazioni riportate sui disegni.

[27] Bonavia, Marina - Francucci, Rosamaria - Mezzina, Rosa, (1983), *San Carlino alle Quattro Fontane*. Le fasi della costruzione, le tecniche caratteristiche, i prezzi del cantiere, in Ricerche di Storia dell'Arte, (20), pp. 11-38.

[28] I dati derivano dalla prima campagna di rilevamento, effettuata dal gruppo di lavoro nel 2011 e pubblicata in Canciani, Marco - Falcolini, Corrado - Spadafora, Giovanna, (2012), *From complexity of architecture to geometrical rule*. The case study of the dome of San Carlino alle Quattro Fontane in Rome, in Gambardella Carmine, *X Forum internazionale di studi Le vie dei Mercanti*, vol. collana fabbrica della conoscenza n° 16, La Scuola di Pitagora, Napoli.

[29] Gli interventi di restauro eseguiti da un'équipe di studiosi, tecnici e restauratori, coordinato dall'arch. Paola Degni, sono puntualmente descritti in Degni, Paola, (2007), *La Fabbrica di San Carlino alle quattro Fontane: gli anni del restauro*, in Bollettino D'Arte, Istituto Poligrafico e Zec- dello Stato.

[30] J., M., Montijano Garcia,

(a cura), *San Carlo alle Quattro Fontane di Francesco Borromini nella "Relazione della fabbrica" di fra Juan de San Bonaventura*, Milano, Il Polifilo, 1999.

[31] Bellini, Federico, (2004), cit., p. 141

[32] Portoghesi, Paolo, (2001), *Storia di San Carlino alle Quattro Fontane*, Newton & Compton, Roma, pp. 54 e 121-122.

[33] Per Bellini il riferimento è quello della costruzione geometrica sul piano orizzontale, niente a che vedere con quella delle costruzioni delle facciate gotiche, sul piano verticale, come ad esempio quello di Stornaloco per il Duomo di Milano, vedi Bellini, Federico, (2004), cit., p.25

[34] Bellini, Federico, (2004), cit., p.28. Garcia le definisce geometria della forma e geometria segreta, in Garcia, Eusebio Alonso (2003), cit., p. 222

[35] I disegni AZRom168, 169, 170 (nella base a grafite), 173, 175, 176, furono disegnati da Borromini per la progettata pubblicazione di Domenico Barriere, come è riportato in Connors, Joseph, (a cura), (1998), *Francesco Borromini. Opus architectonicum, Edizione critica del manoscritto attribuita a Virgilio Spada*, Edizioni Il Polifilo, Milano, e ripreso, in Bellini, Federico, (2004), cit. nella nota 47 a p. 150.

[36] Sono stati messi a confronto i disegni di progetto con il profilo planimetrico, derivato dal rilevamento, dove sono riportati, su livelli sovrapposti, la pianta della navata, l'ovale dell'imposta della cupola, il lanternino.

[37] Agli schizzi iniziali, appartengono l'AZRom208v e l'AZRom178v, riferiti alla pianta, e i disegni, per lo più tracciati a mano libera, dall'AZRom214 al 222, il 211, 225, 232 e 242, che riguardano alcuni dettagli architettonici relativi alle varie ipotesi del centro cupola della cripta, alle grate in ferro battuto per le cappelle laterali, ad alcune targhe commemorative e iscrizioni.

[38] Alle varie ipotesi progettuali, distinte dalle impostazioni planimetriche più vicine a quelle effettivamente realizzate, appartengono l'AZRom165, 166, 167

[39] Ai disegni teorici e programmatici appartengono i disegni, per lo più tracciati a posteriori, AZRom168, 169, 173, 175, 176, relativi alla pianta della chiesa), il 192, riferito al lanternino.

[40] Al gruppo dei disegni considerati definitivi, ovvero più vicini alla realizzazione, appartengono l'AZRom180, relativo alla cripta, il 170, 171, 172, riferiti alla pianta generale del convento, il 190, relativo al lanternino, il 194, relativo alla facciata sulla strada. A questi si aggiungono alcuni disegni di dettaglio, eseguiti probabilmente in corso d'opera, come l'AZRom185, relativo al fastigio in ferro sopra il lanternino, alcuni schizzi dei pennacchi e alcuni disegni, probabilmente tracciati da Bernardo Borromini, con alcune misure di controllo, forse a verifica dei lavori eseguiti, come l'AZRom191, 193, il 203, relativo alla sezione longitudinale.

[41] La facciata è ruotata di circa 5 gradi, rispetto all'orientamento della chiesa

[42] Bellini considera "definitivi" i disegni AZRom171 e 172, Sartor riporta come "pianta ritenuta definitiva" il solo AZRom172, avendo riscontrato una notevole corrispondenza con il rilievo, almeno per la parte perimetrale della navata della chiesa.

[43] Ovvero con una proiezione cilindrica ortogonale al piano orizzontale della rappresentazione.

[44] Le procedure messe a punto con il prof. Corrado Falcolini, permettono di acquisire una sezione costruita geometricamente, partendo dall'analisi della nuvola di punti. Si veda Canciani, Marco - Falcolini, Corrado - Spadafora, Giovanna - Saccone, Mauro, (2013), cit.

[45] In particolare per la cupola la selezione dei punti riferita al solo intradosso è ottenuta con

una procedura all'interno del software di modellazione Rhinoceros 5.0.

[46] La pianta verso l'alto è stata realizzata da Manuela Michellini, ed è stata ulteriormente rielaborata da chi scrive per ottenere la proiezione verso il basso, completa dei vari livelli sovrastanti, relativi alla cupola e al lanternino.

[47] I disegni AZRom169 e 175 riportano anch'essi i centri degli archi maggiori esterni alla muratura.

[48] La curva d'imposta è determinata attraverso le curve di sezione verticale, nei punti in cui hanno tangente verticale, e la forma della superficie dell'intradosso della cupola è ottenuta attraverso il movimento sulla curva d'imposta delle sezioni, che variano in modo costante da quella longitudinale a quella trasversale.

[49] La forma di base, l'ovale d'imposta, è quasi quella di un ovale "canonico": .... l'unico in cui le quattro curve hanno uguali lunghezze e quindi risulteranno divisibili nelle sedici parti che costituiscono i fusi del cassettonato. ... Questa è definita attraverso delle curve generatrici formate da archi di circonferenza, dei quali quelli minori hanno i centri posti sul terzo estremo dell'asse maggiore; quelli maggiori hanno i centri posti ai vertici dei triangoli equilateri costruiti sul terzo medio dell'asse maggiore., in Sartor, Alessandro, (2000), Il rilievo della fabbrica di San Carlo alle Quattro Fontane. Un contributo alla conoscenza delle idee progettuali dello spazio interno, in *Francesco Borromini. Atti del convegno internazionale. Roma 13-15 gennaio 2000*, Electa, Milano, p. 387-389. Come afferma Sartor l'ovale canonico è quella forma in cui

[50] È noto che l'ellisse ha una variazione della curvatura costante e simmetrica in tutta la sua lunghezza, mentre l'ovale cambia curvatura nei punti di

raccordo.

[51] Dal rilievo effettuato, risulta infatti che le sezioni orizzontali tagliano i cassettoni in punti differenti a seconda della loro collocazione planimetrica, a dimostrazione della non perfetta orizzontalità dei vari settori e livelli della cupola.

[52] Dai lavori di restauro sarebbe emerso "un pentimento" ovvero un adeguamento prospettico localizzato sulla sommità del braccio verticale delle croci all'imposta della cupola, ... per correggere otticamente dal basso le dimensioni in altezza. Come è indicato nel testo Degni, Paola, (2000), *San Carlo alle Quattro Fontane*. Annotazioni sui restauri eseguiti e in corso, in Frommel, Christoph Luitpold - Sladek, Elisabeth (a cura), (2000), cit., pp. 372-380.

#### BIBLIOGRAFIA

Serlio, Sebastiano, (1600), *Tutte le opere di Architettura et Prospettiva di Sebastiano Serlio*, Venezia, presso gli eredi di Francesco de' Franceschi, 1600.

Cataneo, Pietro, (1567), *I primi quattro libri d'architettura*, Venezia, appreso Giouanni Griffio.

Delorme, Philibert, (1567), *Le premier tome de l'architecture*, Paris, chez Federic Morel ....

Pomodoro, Giovanni, (1603). *Geometria Prattica*, Roma, presso Giovanni Martinelli.

Ferrabosco, Martino, (1620), *Libro dell'Architettura della Basilica di San Pietro in Vaticano*, Roma, Stamperia della Reverenda Camera Apostolica.

Bosse, Abraham, (1643), *La Pratique du Trait a preuves de Mr. Desargues pour la Coupe de pierres en L'architecture*, Paris, de l'imprimerie de Pierre Des-Hayes.

Scamozzi, Vincenzo, (1615), *L'idea dell'Architettura universale di Vincenzo Scamozzi architetto veneto, divisa in X libri*, Venezia, presso l'Autore, parte prima, libro II, cap. VII.

Hempel, Eberhard, (1926) *Francesco Borromini*, Wien 1924 (trad. it. Roma 1926).

Fasolo, Vincenzo, (1954), *SISTEMI ELLITTICI PER L'ARCHITETTURA*, in «GUIDA METODICA PER LO STUDIO DELLA STORIA DELL'ARCHITETTURA», Collana Nuovi Saggi, Roma.

Zevi, Bruno, (1955), *San Carlino alle Quattro Fontane*, in *L'Architettura*, (I/2), pp. 229-240.

Bonavia, Marina, (1963), *Il complesso conventuale alle Quattro Fontane*, in «Bollettino del Centro di Studi per la Storia dell'Architettura», (30), Istituto Poligra-

fico e Zecca dello Stato, Roma, pp. 87-93.

Bonavia, Marina - Francucci, Rosamaria - Mezzina, Rosa, (1983), *San Carlino alle Quattro Fontane. Le fasi della costruzione, le tecniche caratteristiche, i prezzi del cantiere*, in « Ricerche di Storia dell'Arte », (20), Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, pp. 11-38.

Portoghesi, Paolo, (1967) *Borromini. Architettura come linguaggio*, Electa Editrice, Milano.

Steinberg, Leo, (1977), *Borromini's San Carlo alle Quattro Fontane. A study in multiple form and architectural symbolism*, New York, University of California Press.

Migliari, Riccardo, (1995), *Ellissi e ovali: epilogo di un conflitto*. «PALLADIO», pp. 93-102.

Degni, Paola, (1996), *San Carlino alle Quattro Fontane. Il restauro del chiostro*, Gangemi, Roma.

Connors, Joseph (a cura), (1998), *Francesco Borromini. Opus architectonicum, Edizione critica del manoscritto attribuito a Virgilio Spada*, Edizioni Il Polifilo, Milano.

Kahn-Rossi, Manuela - Francioli, Marco (a cura), (1999), *Il giovane Borromini. Dagli esordi a San Carlo alle Quattro Fontane*, Skira, Milano.

Connors, Joseph, (1999), *Un teorema sacro*. San Carlo alle Quattro Fontane, in Kahn-Rossi, Manuela - Francioli, Marco (a cura), *Il giovane Borromini. Dagli esordi a San Carlo alle Quattro Fontane*, Milano, Skira, , pp. 459-512.

Montijiano Garcia, Juan Maria (1999), *San Carlo alle Quattro Fontane di Francesco Borromini nella "Relatione della fabbrica" di fra Juan de San Buenaventura*,

Edizioni Il Polifilo, Milano.

Bösel, Richard - Frommel, Christoph Luitpold (a cura), (2000), *Borromini e l'universo barocco*, Electa, Milano.

Connors, Joseph, (2000) *San Carlo alle Quattro Fontane*, in Bösel, Richard - Frommel, Christoph Luitpold (a cura), *Borromini e l'universo barocco*, Electa, Milano, pp. 107-127.

Frommel, Christoph Luitpold - Sladek, Elisabeth (a cura), (2000), *Francesco Borromini. Atti del convegno internazionale. Roma 13-15 gennaio 2000*, Electa, Milano.

Degni, Paola, (2000), *San Carlo alle Quattro Fontane*. Annotazioni sui restauri eseguiti e in corso, in Frommel, Christoph Luitpold - Sladek, Elisabeth (a cura), *Francesco Borromini. Atti del convegno internazionale. Roma 13-15 gennaio 2000*, Electa, Milano, pp. 372-380.

Sartor, Alessandro, (2000), *Il rilievo della fabbrica di San Carlo alle Quattro Fontane*. Un contributo alla conoscenza delle idee progettuali dello spazio interno, in Frommel, Christoph Luitpold - Sladek, Elisabeth (a cura), *Francesco Borromini. Atti del convegno internazionale. Roma 13-15 gennaio 2000*, Electa, Milano, pp. 381-389.

Tabarrini, Marisa, (2000), *Il cantiere borrominiano di San Carlino alle Quattro Fontane: le maestranze*, in Frommel, Christoph Luitpold - Sladek, Elisabeth (a cura), *Francesco Borromini. Atti del convegno internazionale. Roma 13-15 gennaio 2000*, Electa, Milano, pp. 419-424.

Portoghesi, Paolo, (2001), *Storia di San Carlino alle Quattro Fontane*, Newton & Compton, Roma.

Garcia, Eusebio Alonso (2003),

*San Carlino. La máquina geométrica de Borromini*, Univ.de Valladolid, Valladolid.

Dotto, Edoardo, (2003), *Il disegno degli ovali armonici*, Le Nove Muse, Catania

Bellini, Federico, (2004), *Le cupole di Borromini. La «scienza» costruttiva in età barocca*, Electa, Milano.

Strollo, Rodolfo Maria (a cura), (2006), *Contributi sul Barocco Romano. Rilievi, studi e documenti*, Aracne, Roma.

Degni, Paola, (2007), *La Fabbrica di San Carlino alle quattro Fontane: gli anni del restauro*, in «Bollettino d'Arte», Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.

Canciani, Marco - Falcolini, Corrado - Spadafora, Giovanna, (2012), *From complexity of architecture to geometrical rule. The case study of the dome of San Carlino alle Quattro Fontane in Rome*, in Gambardella, Carmine, (a cura), *X Forum internazionale di studi Le vie dei Mercanti*, vol. collana fabbrica della conoscenza n° 16, La Scuola di Pitagora, Napoli.

Canciani, Marco - Falcolini, Corrado - Spadafora, Giovanna - Saccone, Mauro, (2013), *From point clouds to architectural models: algorithms for shape reconstruction*, Page(s) 27-34 in ISPRS Archives - Volume XL-5/W1.

Canciani, Marco - Spadafora, Giovanna (2014), *Differenze metodologiche nel rilevamento 3D, in archeologia e in architettura*. In Chiara Vernizzi - Paolo Giandebaggi, (a cura), *ITALIAN SURVEY & INTERNATIONAL EXPERIENCE*, Gangemi editore, Parma.